

S3BE : un modèle macroéconomique de long terme pour l'économie belge

Avril 2009

Igor Lebrun, il@plan.be

Abstract – The Federal Planning Bureau produces on a regular basis short-term macroeconomic forecasts and medium-term projections for the Belgian economy. It also constructs long-term scenarios of age-related budgetary expenditures on behalf of the Study Group on Ageing. However in this context, the underlying scenario regarding productivity and employment growth beyond the medium-term horizon is generated using an ad-hoc methodology. This working paper presents a new small supply-side model for the Belgian economy with the objective to work out long-term macroeconomic scenarios.

Jel Classification – C5, E1, O47

Keywords – Long-term projection, supply-side, economic growth

Acknowledgements – The author wishes to thank his colleagues, in particular Michel Englert, Nicole Fasquelle, Christophe Joyeux and Peter Stockman for their valuable comments and suggestions. He is also grateful to Esther Pérez Ruiz for reviewing the theoretical part of the paper.

Table des matières

1. Introduction	1
2. Le cadre théorique	2
2.1. Le marché des biens et services	2
2.2. Le marché du travail	3
2.3. Le taux de chômage	3
2.3.1. Le taux de chômage d'équilibre	3
2.3.2. Le taux de chômage en phase transitoire	5
3. Estimation des paramètres structurels sur données belges.....	6
3.1. La stratégie d'estimation des paramètres	6
3.2. Le système d'équations à estimer	7
3.3. Les résultats de l'estimation économétrique	8
4. Le modèle structurel	10
4.1. Le modèle à l'état stationnaire (version statique)	10
4.2. Le modèle en phase transitoire (version dynamique)	13
5. Les propriétés du modèle.....	14
5.1. La procédure d'amorçage du scénario de référence	14
5.2. La procédure pour le modèle dynamique	15
5.3. Les propriétés du modèle en variante	16
5.3.1. Un choc sur tous les prix internationaux	16
5.3.2. Un choc sur les termes de l'échange	17
5.3.3. Un choc sur le coût du capital	19
5.3.4. Un choc sur la population active	21
5.3.5. Un choc sur l'efficacité du travail	22
5.3.6. Un choc sur le coin salarial	23
6. Conclusion.....	24
Bibliographie.....	26
Annexe I : dérivation de l'équation du coin salarial.....	27
Annexe II : les résultats d'estimation pour les déflateurs.....	28

Liste des tableaux

Tableau 1 -	Equation de demande de travail (21)	8
Tableau 2 -	Equation de prix de la valeur ajoutée (22)	9
Tableau 3 -	Equation de salaire (23)	9
Tableau 4 -	Analyse d'impact – Hausse des prix internationaux <i>Différence en % par rapport au scénario de référence</i>	16
Tableau 5 -	Analyse d'impact – Perte des termes de l'échange <i>Différence en % par rapport au scénario de référence</i>	17
Tableau 6 -	Analyse d'impact – Hausse du coût du capital <i>Différence en % par rapport au scénario de référence</i>	20
Tableau 7 -	Analyse d'impact – Augmentation de la population active <i>Différence en % par rapport au scénario de référence</i>	21
Tableau 8 -	Analyse d'impact – Hausse de l'efficacité du travail <i>Différence en % par rapport au scénario de référence</i>	22
Tableau 9 -	Analyse d'impact – Hausse du coin salarial <i>Différence en % par rapport au scénario de référence</i>	23
Tableau 10 -	Equation du déflateur de la consommation privée (A.13)	28
Tableau 11 -	Equation du déflateur des investissements des entreprises (A.14)	29
Tableau 12 -	Equation du déflateur des importations totales (A.11)	29

1. Introduction

Le Bureau fédéral du Plan dispose pour l'élaboration du Budget économique du modèle trimestriel MODTRIM et pour les perspectives à moyen terme du modèle annuel HERMES. Dans le cas de ces deux modèles, l'output est essentiellement déterminé par de la demande agrégée. Pour un horizon de plus long terme, il est communément accepté que les facteurs d'offre, comme l'accumulation de capital, le progrès technique et les évolutions démographiques, jouent un rôle prééminent dans la détermination du potentiel de croissance. Afin d'évaluer le niveau potentiel du PIB permettant e.a. de calculer l'output gap, des institutions comme l'OCDE (Giorni et. al., 1995) ou la Commission européenne (Denis et. al., 2006) ont développés des méthodologies s'appuyant sur une fonction de production. Le CPB Netherlands Bureau for Economic Policy a également mis au point et progressivement affiné sa propre méthode de calcul du potentiel de croissance de l'économie néerlandaise (Draper et. al., 2001) pour aboutir finalement à un véritable modèle macroéconomique structurel (Broer et. al, 2006). Cette méthodologie basée sur des hypothèses concernant l'évolution des conditions de l'offre sert, tout comme dans le cas de l'OCDE (Beffy et. al., 2006), de point d'ancrage pour les perspectives à moyen terme (CPB, 2006).

Se basant très largement sur les travaux du CPB, le présent document détaille l'estimation, la construction et les propriétés d'un modèle d'offre appliqué aux données belges. A notre avis, de par sa cohérence théorique, le modèle présente des propriétés de long terme qui vont bien au-delà de ce qui est nécessaire à la détermination du potentiel de croissance à moyen terme. Ce modèle nous paraît pour cette raison être parfaitement complémentaire aux modèles de court et moyen terme du BFP, et devrait, nous l'espérons, contribuer à développer des scénarios macroéconomiques dans le cadre des travaux portant sur un horizon plus long, comme par exemple ceux liés aux conséquences budgétaires du vieillissement (Conseil Supérieur des Finances, 2008).

Le working paper se présente comme suit. Le chapitre 2 détaille le cadre théorique sur le marché des biens et services et sur celui du marché du travail. Une expression algébrique pour le taux de chômage d'équilibre en est déduite. Le chapitre 3 décrit le processus d'estimation des paramètres structurels du modèle et présente les résultats de l'estimation économétrique. Le chapitre suivant fournit l'ensemble des équations du modèle dans sa forme statique et dynamique et en explique le fonctionnement. Les propriétés du modèle, illustrées à l'aune d'une série de chocs exogènes, sont détaillées au chapitre 5. Une procédure d'amorçage du scénario de référence y est également exposée. Le dernier chapitre rappelle les principales caractéristiques du modèle et discute de la suite des travaux.

2. Le cadre théorique

Le modèle s'articule, comme la plupart des méthodes structurelles visant à déterminer le potentiel de croissance d'une économie, autour d'une fonction de production, une équation de prix et une équation de salaire. Comme nous le verrons au chapitre 4, le modèle est complété par un jeu d'équations auxiliaires.

2.1. Le marché des biens et services

Suivant les spécifications proposées par Draper et. al. (2001), nous supposons une fonction de production de type CES à deux facteurs de production, à savoir le travail et le capital, au progrès technique neutre au sens d'Harrod et aux rendements d'échelle constants :

$$Y = \beta^{-1} \left[\theta^{1/\sigma} L_e^{(\sigma-1)/\sigma} + (1-\theta)^{1/\sigma} K^{(\sigma-1)/\sigma} \right]^{\sigma/(\sigma-1)} \quad (1)$$

Où Y représente la valeur ajoutée à prix constants, L_e l'emploi exprimé en unités efficaces, K le stock de capital, β le paramètre d'échelle, θ le paramètre de répartition et σ l'élasticité de substitution entre le travail et le capital, avec :

$$L_e = Lhe^{vl} \quad (2)$$

Où L représente l'emploi par tête, h la durée moyenne du travail et vl le progrès technique qui améliore l'efficacité du travail.¹

Etant donné la fonction de production donnée par (1), la fonction des coûts totaux minimaux C est spécifiée comme suit :

$$C = \beta Y c \quad (3)$$

$$c = \left[\theta p_l^{1-\sigma} + (1-\theta) p_k^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)} \quad (4)$$

Où c représente l'indice des coûts minimaux par unité produite, p_l le coût du travail exprimé en unités efficaces et p_k le coût du capital. Avec :

$$p_l = \frac{w}{he^{vl}} \quad (5)$$

Où w représente le salaire coût nominal par tête.

¹ Une telle hypothèse implique que le progrès technique permet d'économiser du travail plutôt que du capital. Il s'agit d'une hypothèse usuelle, notamment dans le cadre des théories de la croissance, qui part de l'observation que l'accumulation du capital s'accompagne généralement d'une augmentation de l'intensité capitaliste.

On peut montrer que le programme de minimisation des coûts totaux de production entraîne les expressions suivantes, exprimées en logarithmes, pour les demandes de facteurs :

$$\ln L = \ln \beta + \ln \theta + \ln Y - \sigma \ln \left(\frac{p_l}{c} \right) - v l \quad (6)$$

$$\ln K = \ln \beta + \ln(1 - \theta) + \ln Y - \sigma \ln \left(\frac{p_k}{c} \right) \quad (7)$$

En concurrence imparfaite, la maximisation du profit implique un prix de la valeur ajoutée p spécifié comme étant égal au coût marginal² donné par βc multiplié par un taux de marge M , soit exprimé en logarithmes :

$$\ln p = \ln M + \ln \beta c \quad (8)$$

2.2. Le marché du travail

Nous supposons, comme dans Draper et. al., que la formation des salaires découle d'un processus de négociation entre employeurs et salariés. Sous sa forme log-linéarisée l'équation s'écrit comme suit :

$$\ln w = \chi_0 + \ln \frac{Y}{L} + \ln p + \chi_1 \ln wedge + \chi_2 \ln rp - \chi_3 u \quad (9)$$

Où w représente le coût salarial par tête, $wedge$ le coin salarial, c'est-à-dire, le rapport entre le coût salarial réel pour l'entreprise et le salaire poche réel pour le travailleur, rp le taux de remplacement, soit le rapport entre l'allocation de chômage et le salaire poche et u le taux de chômage.

2.3. Le taux de chômage

2.3.1. Le taux de chômage d'équilibre

Pour déterminer la valeur d'équilibre du taux de chômage nous suivons une fois de plus Draper et. al. L'équation (7) de demande de capital peut être réécrite comme la part du coût du facteur capital rapporté à la valeur ajoutée aux coûts des facteurs, soit :

$$\frac{p_k K}{\beta c Y} = (1 - \theta) \left(\frac{p_k}{c} \right)^{1-\sigma} \quad (10)$$

² A l'optimum le coût moyen minimal donné par (4) sera égal au coût marginal.

Où encore en exprimant la part des salaires dans la valeur ajoutée aux coûts des facteurs comme son complément :

$$\frac{wL}{\beta cY} = 1 - (1 - \theta) \left(\frac{p_k}{c} \right)^{1-\sigma} \quad (11)$$

En substituant (8) dans (11) on obtient une expression pour la part salariale à l'équilibre :

$$\frac{wL}{pY} = \left(1 - (1 - \theta) \left(\frac{p_k}{c} \right)^{1-\sigma} \right) M^{-1} \quad (12)$$

Celle-ci décrit la part salariale à l'optimum pour les entreprises, c'est-à-dire celle qui leur garantit le rendement exigé (défini ici par le taux de marge) étant donné le coût du capital.

L'équation de salaire (9) peut pour sa part très facilement être reformulée en termes de part salariale exprimée en logarithme :

$$\ln \frac{wL}{pY} = \chi_0 + \chi_1 \ln wedge + \chi_2 \ln rp - \chi_3 u \quad (13)$$

Celle-ci peut s'interpréter comme la part salariale qui découle de la négociation salariale.

Que se passe-t-il si cette part salariale est supérieure à celle à l'optimum ? Dans ce cas, le taux de profit effectif est inférieur à celui exigé et dès lors l'activité économique se réduira et le chômage augmentera. Cette hausse aura un effet modérateur sur l'évolution des salaires jusqu'au moment où la part salariale sera égale à sa valeur optimale. A ce moment-là, le taux de chômage correspondra à sa valeur d'équilibre, soit la valeur satisfaisant la confrontation de l'équation (12) exprimée en logarithme avec l'équation (13) :

$$u^* = \frac{1}{\chi_3} \left[\chi_0 + \chi_1 \ln wedge + \chi_2 \ln rp + \ln M - \ln \left(1 - (1 - \theta) \left(\frac{p_k}{c} \right)^{1-\sigma} \right) \right] \quad (14)$$

L'expression (14) montre que le taux de chômage sera poussé à la hausse (baisse) suite à une augmentation (diminution) du coin salarial, du taux de remplacement, du taux de marge et du coût réel du capital³.

Dans le cas d'une libre allocation des facteurs, la quantité demandée d'un facteur dépendra du coût de celui-ci. Appliquée à l'équation (7) de demande de capital, la causalité ira donc du coût du capital à la demande de capital de telle sorte que le niveau optimal du stock de capital corresponde à celui où la productivité marginale du capital est égale à son coût. Ce dernier dé-

³ Une augmentation (diminution) du coût du capital entraînera bien une hausse (baisse) du taux de chômage pour autant que $\sigma < 1$. Comme nous le verrons au chapitre suivant, cette condition est bien satisfaite au niveau empirique.

pend, dans sa forme la plus simple possible, du déflateur des investissements des entreprises piq , d'un taux de dépréciation du capital δ et d'un taux d'actualisation τ ⁴ :

$$p_k = f(piq, \delta, \tau) \quad (15)$$

La valeur d'équilibre du taux de chômage est donc donnée par la combinaison des équations (14) et (15).

2.3.2. Le taux de chômage en phase transitoire

La plupart des définitions retenues pour calculer le PIB potentiel (voir par exemple Denis et. al, op. cit. ou CPB, 2006) prennent en considération le stock de capital existant et non pas son niveau optimal. Etant donné la présence de rigidités réelles, il est fort probable que le stock de capital effectif ne corresponde pas à tout moment à son niveau désiré. Dans ces conditions, la valeur de la productivité marginale du capital en place, également appelée prix d'ombre ('shadow price') du capital, ne correspond donc pas forcément au coût du capital. A stock de capital donné, la causalité exprimée par les membres de gauche et de droite de l'équation (7) est inversée.

Etant donné une productivité marginale du capital décroissante⁵, le prix d'ombre du capital connaît une évolution inverse à celle du stock de capital. Ainsi si le stock de capital existant est inférieur à son niveau optimal, la productivité marginale du stock existant sera supérieure à celle au niveau optimal et par conséquent le prix d'ombre sera supérieur au coût du capital comme défini par l'équation (15). Dans ces conditions, les entreprises investiront jusqu'au moment où le prix d'ombre soit redescendu au niveau du coût du capital. A ce moment-là, le stock de capital aura atteint son niveau optimal.

Pendant cette période d'ajustement, l'équation (7) déterminera l'évolution du prix d'ombre comme suit :

$$p_k = c \left((1-\theta)^{1/\sigma} \beta^{1/\sigma} \left(\frac{K}{Y} \right)^{-(1/\sigma)} \right) \quad (16)$$

L'expression (16) indique que le prix d'ombre du capital évoluera inversement à l'évolution du capital-output ratio. Le taux de chômage en phase transitoire correspond au taux de chômage défini par l'expression (14) mais où le prix du capital est donné par l'expression (16) et non pas (15) comme dans le cas à l'équilibre.

⁴ Voir par exemple la formulation retenue pour le modèle LABMOD (Hendrickx et. al., 2003).

⁵ En effet, une fonction de production à rendements d'échelles constants présente des rendements marginaux décroissants pour chacun des facteurs (voir par exemple Barro et Sala-i-Martin, 2004).

3. Estimation des paramètres structurels sur données belges

Avant de décrire le modèle au chapitre suivant, nous exposons ici la stratégie adoptée pour estimer les principaux paramètres structurels et présentons les résultats de l'estimation économétrique.

3.1. La stratégie d'estimation des paramètres

L'ensemble des paramètres présentés dans la partie théorique du chapitre précédent peut être estimé à l'aide d'un système constitué par les équations de demande de travail, de prix de la valeur ajoutée et de salaire. En principe, l'équation de demande de capital pourrait être rajoutée au système, mais comme l'erreur de mesure est nettement plus importante sur le stock et le coût du capital que sur l'emploi et le salaire, il est assez usuel d'imposer à l'équation de demande de capital les coefficients estimés sur base de la seule l'équation de demande de travail (voir CPB, 2003). L'estimation simultanée de l'équation de demande de travail et de prix ne peut toutefois pas être effectuée sans une étape préalable consistant en le calcul de la série d'efficacité du travail qui n'est pas directement observée. Pour ce faire, nous suivons la méthode non-paramétrique proposée par Broer et al. (2006). Partant d'une version linéarisée de la fonction de production :

$$\ln Y = \lambda \ln L_e + (1 - \lambda) \ln K \quad (17)$$

Et en remplaçant L_e par son expression (2), on obtient :

$$\ln Y = \lambda \ln(LH) + (1 - \lambda) \ln K + \lambda vl \quad (18)$$

Où λvl représente la productivité totale des facteurs.

L'efficacité du travail vl peut être calculée comme :

$$vl = \frac{1}{\lambda} \ln Y - \ln(LH) - \frac{(1 - \lambda)}{\lambda} \ln K \quad (19)$$

Le paramètre λ peut être approché par la part de la rémunération du travail dans la valeur ajoutée. La composante structurelle de l'efficacité du travail, nommée vl^* , peut dès lors être obtenue à partir de la série obtenue sur base de l'équation (19) et lissée à l'aide du filtre de Hodrick-Prescott⁶. Le coût du travail en unités efficaces peut par la suite se calculer comme :

$$p_l = \frac{w}{he^{vl^*}} \quad (20)$$

⁶ Afin de réduire la sensibilité du filtre aux révisions et à l'ajout de nouvelles observations, une méthode classiquement utilisée consiste à prolonger la série historique par des prévisions. Etant donné l'incertitude anormalement élevée qui règne sur ces dernières pour les années 2009-2010, nous avons préféré limiter notre extension à 2008.

3.2. Le système d'équations à estimer

La première équation correspond à l'équation de demande de travail (6) présentée au chapitre consacré au cadre théorique où l'indice des coûts minimaux par unité produite a été remplacé par sa fonction de type CES donnée par (4) et l'efficacité du travail par la série calculée comme expliqué ci-avant:

$$\ln L = \ln \beta + \ln \theta + \ln Y - \sigma \ln \left(p_l / \left(\theta p_l^{1-\sigma} + (1-\theta) p_k^{1-\sigma} \right)^{1/(1-\sigma)} \right) - \nu l^* \quad (21)$$

La seconde équation correspond à l'équation de prix de la valeur ajoutée (8) où l'indice des coûts minimaux a été remplacé par son expression (4) et où le mark up M est constitué d'une constante μ_0 plus une partie variable dépendant de l'écart entre les coûts intérieurs et le prix des concurrents étrangers p_{fc} :

$$\ln p = \ln \mu_0 + \mu_1 \left(\ln p_{fc} - \ln \beta \left(\theta p_l^{1-\sigma} + (1-\theta) p_k^{1-\sigma} \right)^{1/(1-\sigma)} \right) + \ln \beta \left(\theta p_l^{1-\sigma} + (1-\theta) p_k^{1-\sigma} \right)^{1/(1-\sigma)} \quad (22)$$

La troisième équation correspond à l'équation de salaire (9) mais en suivant la spécification proposée pour la Belgique par Hendrickx et al. (2003) pour le modèle LABMOD, à savoir :

$$\ln w = \ln \frac{Y}{L} + \ln p + \chi_1 \ln twedge + \chi_2 \ln rp - \chi_3 u_{-4} \quad (23)$$

En définissant te comme le taux d'imposition fiscal et parafiscal personnel (différence entre le salaire brut et le salaire poche exprimée par rapport au salaire net), $tsub$ comme le taux de subvention salarial (subventions salariales exprimées par rapport au salaire coût avant déduction des subventions), td comme le taux de cotisation patronal (différence entre le salaire coût et le salaire brut exprimée par rapport au salaire coût avant déduction des subventions) et pc comme le déflateur de la consommation privée, le coin salarial s'écrit comme⁷ :

$$wedge = \frac{(1+te)(1-tsub)pc}{(1-td)p} \quad (24)$$

et

$$twedge = \frac{wedge - 1}{wedge} \quad (25)$$

Une telle transformation fait disparaître la nécessité de disposer d'une constante dans l'équation (23) et permet de calculer facilement l'élasticité du coût salarial à son coin (voir Hendrickx et al., op. cit., page 22). Par ailleurs, conformément aux mêmes auteurs, le taux de chômage est introduit dans l'équation avec un retardé d'un an, soit quatre trimestres.

⁷ La dérivation formelle de l'équation (24) est fournie en annexe.

3.3. Les résultats de l'estimation économétrique

Les données utilisées pour l'estimation économétrique sont extraites de la banque de données trimestrielle du modèle MODTRIM du Bureau fédéral du Plan (voir Hertveldt et Lebrun, 2003) et portent sur le secteur marchand, salariés et indépendants confondus, à l'exclusion du personnel de maison et des emplois dans le cadre du système des titres-services. Le concept de coût salarial retenu et le coin salarial correspondant intègrent l'impact des subventions salariales.

L'estimation simultanée du système d'équations (21), (22) et (23) a été effectuée à l'aide de la méthode SURE (Seemingly Unrelated REgression) sur la période allant de 1985Q1 à 2007Q4 et les résultats sont présentés par équation aux tableaux 1, 2 et 3 sans répéter au tableau 2 les coefficients apparaissant déjà au tableau précédent. Deux versions sont reprises ci-dessous. La seconde est non-contrainte et fournit une valeur pour le taux de marge peu crédible en comparaison à celui obtenu pour les Pays-Bas. Par contre, en contraignant la valeur du coefficient de répartition entre facteurs de productions θ au niveau de la part moyenne de la rémunération du travail dans la valeur ajoutée⁸, on obtient des résultats plus réalistes pour le taux de marge sans pour autant détériorer la qualité des estimations. Ces résultats sont présentés à la ligne 1 et ce sont ceux-ci que nous commenterons.

En autorisant une rupture au niveau de la constante au quatrième trimestre de 1994, on obtient un ajustement satisfaisant pour l'équation de demande de travail avec une valeur pour l'élasticité de substitution entre capital et travail aux alentours de 0,5, soit une valeur identique à celle obtenue dans d'autres travaux similaires pour Belgique (voir Bureau fédéral du Plan, 2006). La non-prise en compte d'une telle rupture provoque une sous-estimation systématique de l'emploi avant 1995 et une surestimation après, biaisant considérablement à la baisse l'élasticité de substitution.

Tableau 1 - Equation de demande de travail (21)

	β	β'	θ	σ	R^2	se	DW	DF
1. contrainte	0,92 (0,002)	0,89 (0,001)	0,66 (-)	0,52 (0,04)	0,97	0,008	0,49	-4,03
2. non-contrainte	0,76 (0,03)	0,74 (0,02)	0,79 (0,03)	0,64 (0,08)	0,97	0,008	0,51	-4,04

Notes : β : valeur sur la période 1985Q1-1994Q3 ; β' : valeur sur la période 1994Q4-2007Q4.

L'écart-type des coefficients est donné entre parenthèses.

Comme l'indique les résultats au tableau 2, l'évolution plus lente de l'indicateur du coût du travail en unités efficaces par rapport au prix de la valeur ajoutée à partir de 2004, nécessite l'introduction d'une rupture dans la partie fixe du taux de marge. Enfin, l'équation met en évidence une certaine influence de l'évolution relative des prix des concurrents étrangers sur le taux de marge.

⁸ Remarquons qu'il s'agit ici d'une approximation car ce coefficient n'est strictement égal à la part salariale que dans le cas où élasticité de substitution tend vers l'unité, voir Arpaia et Pérez Ruiz (2008).

Tableau 2 - Equation de prix de la valeur ajoutée (22)

	μ_0	μ_0'	μ_1	R ²	se	DW	DF
1. contrainte	1,13 (0,002)	1,17 (0,004)	0,04 (0,006)	0,99	0,02	0,35	-3,61
2. non-contrainte	1,36 (0,04)	1,42 (0,05)	0,02 (0,006)	0,98	0,02	0,40	-3,66

Notes : μ_0 : valeur sur la période 1985Q1-2003Q4 ; μ_0' : valeur sur la période 2004Q1-2007Q4.

L'écart-type des coefficients est donné entre parenthèses.

La spécification retenue pour l'équation de salaire ne nécessite en principe pas de constante, toutefois, l'instabilité notoire de ce type d'équation pour la Belgique a nécessité l'introduction de variables binaires sur deux sous-périodes afin d'obtenir des résidus stationnaires. Le coefficient du taux de remplacement présentait une valeur très faible et de surcroît avec le mauvais signe, de sorte que nous l'avons contraint à zéro. Les valeurs des coefficients du coin salarial et du taux de chômage sont un peu supérieures à celles obtenues sur données annuelles par Hendrickx et al., op. cit., pour le modèle LABMOD.

Tableau 3 - Equation de salaire (23)

	χ_1	χ_2	χ_3	R ²	se	DW	DF
1. contrainte	0,61 (0,01)	-	-1,26 (0,06)	0,99	0,02	0,83	-4,90
2. non-contrainte	0,62 (0,01)	-	-1,18 (0,06)	0,99	0,02	0,78	-4,68

Notes : Deux variables binaires ont été introduites: une vaut 1 sur la période 1992Q3-1996Q4, l'autre vaut 1 sur la période 2004Q1-2007Q4.

L'écart-type des coefficients est donné entre parenthèses.

4. Le modèle structurel

Dans le cadre de ses travaux visant à évaluer le potentiel de croissance pour l'économie néerlandaise, le CPB a développé un véritable modèle structurel (voir Broer et. al., op. cit.). Ce modèle est constitué d'un système d'équations simultanées dont le corpus théorique est constitué par les équations présentées au chapitre 2. Le principe de résolution du modèle est toutefois modifié par rapport à la logique des équations présentées dans la partie théorique dans le sens où la variable apparaissant dans le membre de gauche ne correspond pas nécessairement à la variable endogène de cette équation dans le cas du modèle. Cette particularité apparaîtra plus clairement dans la description ci-dessous.

Utilisant les concepts théoriques de taux de chômage d'équilibre et en phase transitoire comme décrits au chapitre 2, le modèle est composé d'une version statique et une version dynamique. La version statique correspond à l'état stationnaire pour lequel toutes les variables sont à leur niveau désiré et ce y compris le stock de capital. Dans ce cas, le coût du capital est donné par l'équation (15) et la causalité va du coût capital vers le stock de capital. Si l'on suppose par contre que le stock de capital ne peut s'adapter que lentement à son niveau désiré, pendant tout le processus d'ajustement la causalité entre coût du capital et stock de capital sera inversée comme cela a été décrit au chapitre 2. L'introduction d'une telle rigidité d'ajustement du stock de capital conduit à une version dynamique du modèle, qui comme nous le verrons, n'est pas sans difficulté au niveau de sa formulation.

Nous présentons dans un premier temps la structure du modèle à l'état stationnaire. Dans la seconde section nous présentons sa version dynamique et précisons ses limites. Les principaux paramètres structurels utilisés correspondent à ceux fournis au chapitre 3. Quelques équations économétriques plus simples ont toutefois été rajoutées dans le bloc des prix, les résultats d'estimation étant présentés en annexe.

4.1. Le modèle à l'état stationnaire (version statique)

L'ensemble des équations du modèle à l'état stationnaire est repris à l'encadré 1. La résolution de celui-ci est récursive et amorcée par le fait que les variables réelles du modèle dépendent des prix relatifs et non pas d'un niveau particulier d'inflation⁹. Cette propriété découle des conditions d'homogénéité imposées aux équations de prix et de salaire et impliquent en particulier qu'il n'y a pas dans le modèle d'arbitrage possible entre inflation et chômage, le taux de chômage d'équilibre étant indépendant du taux d'inflation. L'évolution des prix à l'importation, définie comme la moyenne pondérée des prix à l'importation hors énergie et du prix du pétrole (équation (A.11)), peut dès lors servir d'ancrage nominal au modèle et le niveau du prix de la

⁹ Cette propriété du modèle est clairement illustrée au chapitre 5 à l'aide d'un choc symétrique sur l'ensemble des prix.

valeur ajoutée être choisi, de façon à être cohérent avec l'hypothèse faite sur l'évolution des termes de l'échange. En effet, les produits importés et nationaux n'étant pas les mêmes (et ceci est particulièrement vrai pour les produits énergétiques) il est tout à fait concevable que les prix à l'importation et de la valeur ajoutée évoluent à un rythme différent.¹⁰

Le prix de la consommation privée (équation (A.12)), corrigé pour le niveau de la TVA, peut ensuite être déterminé en fonction du prix des produits nationaux et des prix à l'importation en isolant l'effet spécifique du prix du pétrole. Puisque l'évolution des prix à l'importation ne suit pas nécessairement celle du prix des produits nationaux, des modifications dans les termes de l'échange intérieurs peuvent apparaître.

Le déflateur des investissements des entreprises peut être calculé comme une moyenne pondérée des prix nationaux et importés hors énergie (équation (A.13)) et permet, avec un taux de dépréciation et un taux d'actualisation exogènes, de déterminer à l'aide de (A.4) le coût du capital. Avec le prix de la valeur ajoutée donné, l'équation (A.6)¹¹ permet de mesurer l'indice des coûts de production et l'équation (A.5) l'indice du coût du travail en unités efficaces. Le salaire par tête peut ensuite être calculé à l'aide de (A.3) étant donné l'évolution exogène de la durée et de l'efficacité du travail.

Les équations (A.8) et (A.9) définissent le coin salarial, pour lesquels les taux de prélèvement et de subsides à l'emploi sont considérés comme des exogènes et permettent de déterminer à l'aide de l'équation (A.7) le taux de chômage d'équilibre. L'équation (A.10) fournit simplement la définition comptable du taux de chômage et autorise, avec une population active et l'emploi dans les autres catégories (secteur non marchand, titres-services et personnel de maison) exogènes, le calcul du niveau d'emploi du secteur marchand. L'équation (A.1) détermine la valeur ajoutée dans le secteur marchand et le stock de capital optimal peut ensuite être calculé à l'aide de (A.2).

Enfin, les équations (A.14) et (A.15) permettent de fixer le niveau du PIB, étant donné les évolutions pour la valeur ajoutée du secteur non marchand et des emplois spéciaux¹² et pour les impôts moins les subventions sur les produits.

¹⁰ L'impact d'une modification des termes de l'échange, soit le rapport entre le prix de la valeur ajoutée et des importations, est présentée au chapitre 5.

¹¹ La variable M reprise à l'équation (A.6) est définie comme $\ln M = \ln \mu_o + \mu_1 (\ln p_f - \ln \beta c)$ sur période historique mais est traitée comme une simple constante dans le modèle, considérant qu'à long terme le taux de marge est stationnaire et que les prix de nos concurrents évoluent parallèlement aux nôtres. Vu la résolution du modèle, autoriser une variation du taux de marge aurait aussi pour conséquence de modifier les prix relatifs des facteurs.

¹² Remarquons que la procédure informatique développée tient compte, dans la détermination des valeurs futures pour ces catégories de travailleurs, du lien entre l'évolution de l'emploi et de la valeur ajoutée.

Encadré 1 : Les équations du modèle à l'état stationnaire

Le bloc production

$$\ln L = \ln \beta + \ln \theta + \ln Y - \sigma \ln \left(\frac{p_l}{c} \right) - \nu l^* \quad \text{endogène : } Y \quad (\text{A.1})$$

$$\ln K = \ln \beta + \ln(1 - \theta) + \ln Y - \sigma \ln \left(\frac{p_k}{c} \right) \quad \text{endogène : } K \quad (\text{A.2})$$

$$p_l = \frac{w}{h e^{\nu l^*}} \quad \text{endogène : } w \quad (\text{A.3})$$

$$p_k = \text{piq} \left(1 - \frac{(1 - \delta)}{1 + \tau} \right) \quad \text{endogène : } p_k \quad (\text{A.4})$$

$$c = \left[\theta p_l^{1-\sigma} + (1 - \theta) p_k^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)} \quad \text{endogène : } p_l \quad (\text{A.5})$$

$$\ln p = \ln M + \ln \beta c \quad \text{endogène : } c \quad (\text{A.6})$$

Le bloc marché du travail

$$u = \frac{1}{\chi_3} \left[\chi_0 + \chi_1 \ln \text{wedge} + \ln M - \ln \left(1 - (1 - \theta) \left(\frac{p_k}{c} \right)^{1-\sigma} \right) \right] \quad \text{endogène : } u \quad (\text{A.7})$$

$$\text{wedge} = \frac{(1 + te)(1 - t\text{sub})pc}{(1 - td)p} \quad \text{endogène : } \text{wedge} \quad (\text{A.8})$$

$$t\text{wedge} = \frac{\text{wedge} - 1}{\text{wedge}} \quad \text{endogène : } t\text{wedge} \quad (\text{A.9})$$

$$u = \frac{N - L - \sum_i L_i}{N} \quad \text{endogène : } L \quad (\text{A.10})$$

Le bloc des prix

$$\ln pm = \omega_0 + \omega_1 \ln pmee + (1 - \omega_1) \ln brent \quad \text{endogène : } pm \quad (\text{A.11})$$

$$\ln pc = \gamma_0 + \ln(1 + \text{vat}) + \gamma_1 \ln p + \gamma_2 \ln pmee + (1 - \gamma_1 - \gamma_2) \ln brent \quad \text{endogène : } pc \quad (\text{A.12})$$

$$\ln \text{piq} = \eta_0 + \eta_1 \ln p + (1 - \eta_1) \ln pmee \quad \text{endogène : } \text{piq} \quad (\text{A.13})$$

Le bloc du PIB

$$IT = \kappa Y \quad \text{endogène : } IT \quad (\text{A.14})$$

$$GDP = Y + \sum_i Y_i + IT - SUB \quad \text{endogène : } GDP \quad (\text{A.15})$$

Variables exogènes : $h, \nu l^*, \delta, \tau, te, t\text{sub}, td, N, L_i, p, pmee, \text{vat}, brent, Y_i, IT, SUB$

4.2. Le modèle en phase transitoire (version dynamique)

Cette version correspond au cadre théorique présenté au chapitre 2 définissant le taux de chômage en phase transitoire qui résulte du fait que le stock de capital effectif ne s'adapte que lentement. Ce processus d'ajustement partiel est décrit par l'équation (B.1) où K^* correspond au niveau du stock de capital calculé sur base du système d'équations de (A.1) à (A.13) décrit ci-avant. Pendant tout le processus d'ajustement, le coût du capital correspondra à son prix d'ombre défini par l'équation (B.2).

Encadré 2 : Les équations du modèle à l'équilibre partiel

Le bloc production

Les équations (A.1), (A.3), (A.5) et (A.6) restent inchangées par rapport au modèle à l'état stationnaire. Les équations (A.2) et (A.4) sont remplacées par :

$$\ln K = (1 - \varphi) \ln K_{-1} + \varphi \ln K^* \quad \text{endogène : } K \quad (\text{B.1})$$

$$p_k = c \left((1 - \theta)^{1/\sigma} \beta^{1/\sigma} \left(\frac{K}{Y} \right)^{-(1/\sigma)} \right) \quad \text{endogène : } p_k \quad (\text{B.2})$$

Les autres blocs sont identiques à ceux du modèle à l'état stationnaire.

Simulé avec les mêmes variables exogènes que le modèle statique, l'ensemble des variables convergera progressivement vers l'état stationnaire au fur et à mesure que le prix d'ombre du capital converge vers la valeur donnée par l'équation (A.4). Cette dynamique sera illustrée par des analyses en variantes au chapitre suivant. Remarquons toutefois que la convergence *en niveau* du stock de capital à l'aide de l'équation (B.1) ne se réalisera que si le niveau d'équilibre à atteindre est lui-même stationnaire. Nous reviendrons sur cet aspect au chapitre suivant.

5. Les propriétés du modèle

Afin d'examiner les propriétés du modèle à l'état stationnaire et en dynamique, nous le soumettons à une série de chocs exogènes. Mais avant cela, nous décrivons la procédure développée pour amorcer le scénario de référence et les conditions nécessaires au bon fonctionnement de la version dynamique.

5.1. La procédure d'amorçage du scénario de référence

Le BFP réalise au moins deux fois par an des prévisions à court terme dans le cadre du Budget économique. Cette prévision est basée sur le modèle macroéconomique trimestriel MODTRIM dont le résultat spontané est amendé sur base des indicateurs de conjoncture les plus récents et l'expertise humaine (voir Dobbelaere et. al., 2003). Le BFP réalise également au printemps (avec une actualisation rapide à l'automne) une projection à un horizon de cinq années au-delà de l'année courante. Cette projection s'aligne pour l'année en cours (au printemps) ou l'année suivante (à l'automne) sur les prévisions issues du Budget économique tandis que le modèle annuel macro-sectoriel HERMES (voir Bossier et. al., 2004) est sollicité pour les années suivantes de la projection.

Le modèle S3BE (Small Supply-Side model for the Belgian Economy) dont les équations ont été décrites au chapitre précédent, a pour ambition de prendre le relais des deux modèles précités pour des projections macroéconomiques à long terme. Dans le cadre de la cohérence que le BFP souhaite adopter dans l'articulation des approches de court, moyen et long terme, une procédure d'amorçage spécifique a été développée pour le modèle S3BE. Cette procédure part du principe qu'à la fin de la période de projection l'économie se situe à l'équilibre au sens du modèle statique décrit à l'encadré 1. A cette fin, la procédure informatique développée transforme les constantes reprises dans les équations (A.1), (A.2), (A.6), (A.7), (A.11), (A.12) et (A.13) en variables endogènes pour ces équations et calcule pour la période de projection, les valeurs pour ces variables. Ces dernières sont ensuite reprises comme des variables exogènes pour le modèle et celui-ci peut ensuite être simulé. Cette opération permet d'éviter d'avoir un « saut » pour certaines variables à la première période de simulation dans la mesure où la constante estimée sur période historique diffère de celle – implicite – reprise dans la projection. Cette procédure dictée par des raisons pragmatiques semble toutefois défendable dans la mesure où sur la période d'estimation des ruptures de tendance pour les constantes ont également été identifiées. Il va de soi qu'il est important de vérifier si les valeurs obtenues par cette procédure de simulation ne présentent pas d'évolution exceptionnelle par rapport aux valeurs estimées sur le passé.

Notons que dans le cadre de l'analyse en variante présentée ci-après et basée sur la banque de données trimestrielle du Budget économique, nous avons utilisé l'année 2009 comme point de départ pour la projection de référence S3BE. Vu le caractère purement illustratif de la présente

projection de référence, le choix l'année de départ n'a que peu d'importance et ne change, ni les principes de la procédure de simulation, ni les propriétés du modèle.

5.2. La procédure pour le modèle dynamique

Comme nous l'avons fait remarquer au chapitre précédent, le stock de capital ne convergera vers son niveau d'équilibre à l'aide de l'équation (B.1) que si K^* est stationnaire. En effet, en cas de croissance du stock de capital d'équilibre, le modèle d'ajustement partiel autorisera seulement une convergence des taux de croissance, mais ne permettra jamais au niveau du stock de capital effectif de rejoindre son niveau optimal. Ceci aura par exemple pour conséquence embarrassante que le taux de chômage ne convergera pas vers son niveau d'équilibre. En principe, des spécifications à l'aide d'un mécanisme à correction d'erreur, pour autant qu'elles satisfont à la condition d'homogénéité dynamique (voir Allart-Prigent et. al., 2002), permettent une convergence effective en niveau, même en présence d'une variable à l'équilibre présentant un profil non stationnaire. Ceci implique concrètement une forme analytique du type:

$$\Delta \ln K = \Delta \ln K^* - \phi (\ln K - \ln K^*)_{-1} \quad (26)$$

Toutefois, comme le scénario de référence a été amorcé à l'aide de la procédure décrite ci-dessus et que l'équilibre y est imposé à la période $t-1$, le second terme de l'équation sera égal à zéro et que dès lors tout choc sur le stock de capital optimal se traduira par une variation équivalente du stock effectif de sorte que le modèle dynamique se réduira à sa version statique. Pour engendrer une dynamique à partir d'une situation d'équilibre il est donc nécessaire d'avoir un coefficient inférieur à l'unité avant le premier terme du membre de droite, mais dans ce cas-là la condition d'homogénéité dynamique n'est plus satisfaite et le modèle dynamique ne convergera pas vers son niveau d'équilibre.¹³

Afin de prendre en compte cette limitation, le scénario de référence utilisé ci-après pour l'analyse en variante présente une absence de croissance sur la période de projection pour les variables réelles (emploi, stock de capital, valeur ajoutée).¹⁴

¹³ Notons toutefois que des versions plus riches, en termes de dynamique, de la forme analytique présentée à l'équation (26) sont possibles, mais elles génèrent alors des cycles que peuvent rendre l'interprétation en variante malaisée.

¹⁴ Pour l'étude des propriétés du modèle à l'état stationnaire une telle condition n'est évidemment pas requise, le scénario de référence pouvant sans problème présenter des variables réelles ayant un profil croissant ou décroissant.

5.3. Les propriétés du modèle en variante

5.3.1. Un choc sur tous les prix

Dans ce premier scénario nous supposons un choc identique de 1 % au trimestre TQ1 sur les deux variables de prix internationaux (*pmee* et *brent*) ainsi que sur le prix de la valeur ajoutée (*p*). L'écart en niveau par rapport au scénario de référence est par la suite maintenu constant. Le tableau ci-dessous montre qu'un tel choc sur les prix n'a pas d'effet sur les prix relatifs des facteurs et ni sur les termes de l'échange intérieurs et pas conséquent, ni l'utilisation des facteurs, ni le taux de chômage, ne sont affectés. Il s'ensuit que toutes les variables réelles restent inchangées. Seules les variables de coûts et de prix sont modifiées d'une façon identique. Cette variante illustre bien l'absence d'impact du niveau absolu de l'inflation sur les variables réelles du modèle.

Tableau 4 - Hausse de l'ensemble des prix
Différence en % par rapport au scénario de référence

	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	Equilibre
Choc exogène					
Prix à l'importation	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Prix de la valeur ajoutée	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Secteur privé					
Emploi par tête	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Part salariale (en % de la valeur ajoutée)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Stock de capital	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COR (stock de capital/valeur ajoutée)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Productivité apparente du travail (par tête)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valeur ajoutée	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prix et coûts					
Déflateur des investissements des entreprises	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Déflateur de la consommation privée	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coût du travail en unités efficaces	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Salaire-coût par tête	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coin salarial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût ou prix ombre du capital	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coûts marginaux de production	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coût relatif entre travail et capital	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ensemble de l'économie					
Taux de chômage	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Emploi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Productivité apparente du travail (par tête)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PIB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5.3.2. Un choc sur les termes de l'échange

Le choc sur les prix à l'importation (hausse conjointe des prix hors énergie et du pétrole) est calibré de telle sorte que les termes de l'échange (représentés par le rapport entre p et pm) augmentent au cours du premier trimestre de 1 % par rapport au scénario de base et suivent ensuite la même évolution. A l'état stationnaire, le coût (relatif) du capital est augmenté car celui-ci est affecté par la hausse du prix des importations, alors que le prix de la valeur ajoutée reste cette fois inchangé contrairement au choc à la section précédente. Par ailleurs, les termes de l'échange intérieurs (le rapport entre pc et pm) se détériorent et le coin salaire augmente. Conformément à l'équation (A.7), le taux de chômage est poussé à la hausse par l'augmentation du coin salarial et du coût relatif du capital. L'emploi s'en retrouve réduit mais bénéficie par contre des substitutions en sa faveur. L'élasticité de substitution inférieure à l'unité implique malgré tout une baisse de la part salariale. La baisse de l'emploi et du salaire réduisent la valeur ajoutée conformément à l'équation (A.1).

Tableau 5 - Perte des termes de l'échange
Différence en % par rapport au scénario de référence

	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	Equilibre
Choc exogène					
Termes de l'échange	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
Secteur privé					
Emploi par tête	-0,10	-0,11	-0,13	-0,14	-0,22
Part salariale (en % de la valeur ajoutée)	0,01	0,00	-0,01	-0,02	-0,09
Stock de capital	-0,06	-0,11	-0,16	-0,20	-0,49
COR (stock de capital/valeur ajoutée)	0,03	0,00	-0,02	-0,04	-0,17
Productivité apparente du travail (par tête)	0,01	0,00	-0,01	-0,02	-0,10
Valeur ajoutée	-0,09	-0,11	-0,14	-0,16	-0,32
Prix et coûts					
Déflateur des investissements des entreprises	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Déflateur de la consommation privée	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Coût du travail en unités efficaces	0,03	0,00	-0,02	-0,04	-0,19
Salaire-coût par tête	0,03	0,00	-0,02	-0,04	-0,19
Coin salarial	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Coût ou prix ombre du capital	-0,05	-0,00	0,04	0,08	0,34
Coûts marginaux de production	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût relatif entre travail et capital	0,08	0,00	-0,06	-0,12	-0,53
Ensemble de l'économie					
Taux de chômage	0,59	0,67	0,75	0,82	1,29
Emploi	-0,08	-0,09	-0,10	-0,11	-0,17
Productivité apparente du travail (par tête)	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,10
PIB	-0,07	-0,10	-0,12	-0,14	-0,28

Contrairement au choc précédent, les prix relatifs des facteurs sont ici affectés et déclenchent par le biais de l'abaissement du stock de capital à l'équilibre, la version dynamique du modèle. Toutefois, comme l'abaissement initial de stock de capital est inférieur à celui de la valeur ajoutée – le taux de chômage augmentant de façon importante dès le premier trimestre suite à l'effet immédiat des termes de l'échange intérieur – le prix d'ombre du capital recule légèrement en début de période. Au fur et à mesure que le stock de capital est réduit, le prix ombre du capital augmente et le taux de chômage continue à progresser jusqu'à ce que le nouvel équilibre soit atteint.

5.3.3. Un choc sur le prix du pétrole

Nous supposons ici un choc de 10 % sur le prix du pétrole (*brent*) par rapport au scénario de référence au cours du premier trimestre. Les termes de l'échange intérieurs seront affectés par la hausse du déflateur de la consommation privée comme dans la variante précédente, mais par contre les prix relatifs des facteurs resteront ici inchangés à l'état stationnaire. A court terme toutefois, l'ajustement progressif du stock de capital à son nouveau niveau optimal provoquera temporairement une baisse de son prix d'ombre. La productivité du travail sera momentanément relevée par l'effet de substitution en faveur du facteur capital devenu relativement moins cher. Une fois l'ajustement effectué, les prix relatifs des facteurs retrouveront leur niveau du scénario de référence et la hausse du coin salarial aura une pleine répercussion sur le taux de chômage et par conséquent sur l'activité.

Tableau 6 - Hausse du prix du pétrole

Différence en % par rapport au scénario de référence

	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	Equilibre
Choc exogène					
Prix du pétrole	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Secteur privé					
Emploi par tête	-0,14	-0,15	-0,15	-0,16	-0,19
Part salariale (en % de la valeur ajoutée)	0,04	0,03	0,03	0,03	0,00
Stock de capital	-0,02	-0,04	-0,06	-0,08	-0,19
COR (stock de capital/valeur ajoutée)	0,08	0,07	0,06	0,05	0,00
Productivité apparente du travail (par tête)	0,04	0,04	0,03	0,03	0,00
Valeur ajoutée	-0,10	-0,11	-0,12	-0,13	-0,19
Prix et coûts					
Déflateur des investissements des entreprises	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Déflateur de la consommation privée	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Coût du travail en unités efficaces	0,08	0,07	0,06	0,06	0,00
Salaire-coût par tête	0,08	0,07	0,06	0,06	0,00
Coin salarial	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Coût ou prix ombre du capital	-0,15	-0,13	-0,11	-0,10	0,00
Coûts marginaux de production	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût relatif entre travail et capital	0,23	0,20	0,18	0,16	0,00
Ensemble de l'économie					
Taux de chômage	0,83	0,86	0,89	0,91	1,09
Emploi	-0,11	-0,12	-0,12	-0,12	-0,15
Productivité apparente du travail (par tête)	0,03	0,02	0,02	0,01	-0,02
PIB	-0,09	-0,10	-0,10	-0,11	-0,16

5.3.4. Un choc sur le coût du capital

Dans cette variante nous imposons un choc sur le coût du capital par le biais d'une augmentation de 25 points de base du taux d'actualisation τ (soit une hausse de 5 % de ce taux). Ici nous n'aurons qu'une partie des effets décrits à la seconde variante car les termes de l'échange intérieurs ne sont pas modifiés. Par contre tous les effets ont un caractère dynamique, l'ajustement de toutes les variables se fait au rythme de la réduction progressive du stock de capital par unité produite.

Tableau 7 - Hausse du coût du capital
Différence en % par rapport au scénario de référence

	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	Equilibre
Choc exogène					
Taux d'escompte	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Secteur privé					
Emploi par tête	-0,03	-0,06	-0,09	-0,11	-0,28
Part salariale (en % de la valeur ajoutée)	-0,03	-0,06	-0,08	-0,10	-0,24
Stock de capital	-0,12	-0,23	-0,32	-0,40	-0,99
COR (stock de capital/valeur ajoutée)	-0,06	-0,11	-0,15	-0,19	-0,46
Productivité apparente du travail (par tête)	-0,03	-0,06	-0,08	-0,10	-0,26
Valeur ajoutée	-0,07	-0,12	-0,17	-0,22	-0,53
Prix et coûts					
Déflateur des investissements des entreprises	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Déflateur de la consommation privée	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût du travail en unités efficaces	-0,06	-0,11	-0,16	-0,20	-0,49
Salaire-coût par tête	-0,06	-0,11	-0,16	-0,20	-0,49
Coin salarial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût ou prix ombre du capital	0,11	0,21	0,29	0,36	0,89
Coûts marginaux de production	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût relatif entre travail et capital	-0,17	-0,32	-0,45	-0,57	-1,37
Ensemble de l'économie					
Taux de chômage	0,20	0,37	0,53	0,66	1,62
Emploi	-0,03	-0,05	-0,07	-0,09	-0,22
Productivité apparente du travail (par tête)	-0,03	-0,06	-0,08	-0,10	-0,24
PIB	-0,06	-0,11	-0,15	-0,19	-0,46

5.3.5. Un choc sur la population active

Dans cette variante nous considérons une hausse de la population active de 1 % au premier trimestre par rapport au scénario de référence. A l'équilibre, ce choc à des effets très mécaniques à travers l'identité donnée par l'équation (A.10). En effet, comme le taux de chômage d'équilibre reste inchangé, la hausse de la population active se traduit par une augmentation de l'emploi privé.¹⁵ Cet emploi privé étant plus productif que l'emploi exogène, la productivité macroéconomique est légèrement relevée par l'effet de composition et le PIB progresse un peu plus que l'emploi total. A court terme, le stock de capital ne peut s'adapter immédiatement à la nouvelle situation, ce qui implique que la croissance de la population active se traduit par une poussée temporaire du taux de chômage et une baisse de la productivité. Au fur et à mesure que le stock de capital s'ajuste, la valeur ajoutée et l'emploi progressent et le taux de chômage retombe au niveau du scénario de référence.

Tableau 8 - Augmentation de la population active
Différence en % par rapport au scénario de référence

	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	Equilibre
Choc exogène					
Population active	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Secteur privé					
Emploi par tête	0,97	1,01	1,04	1,07	1,29
Part salariale (en % de la valeur ajoutée)	-0,27	-0,24	-0,21	-0,18	-0,00
Stock de capital	0,16	0,30	0,42	0,52	1,29
COR (stock de capital/valeur ajoutée)	-0,52	-0,45	-0,40	-0,35	0,00
Productivité apparente du travail (par tête)	-0,29	-0,25	-0,22	-0,19	0,00
Valeur ajoutée	0,68	0,75	0,82	0,88	1,29
Prix et coûts					
Déflateur des investissements des entreprises	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Déflateur de la consommation privée	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût du travail en unités efficaces	-0,56	-0,49	-0,43	-0,38	0,00
Salaire-coût par tête	-0,56	-0,49	-0,43	-0,38	0,00
Coin salarial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût ou prix ombre du capital	1,01	0,88	0,77	0,68	0,00
Coûts marginaux de production	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût relatif entre travail et capital	-1,55	-1,36	-1,19	-1,05	0,00
Ensemble de l'économie					
Taux de chômage	1,83	1,61	1,41	1,23	0,00
Emploi	0,76	0,79	0,82	0,84	1,01
Productivité apparente du travail (par tête)	-0,17	-0,14	-0,11	-0,08	0,10
PIB	0,59	0,65	0,71	0,76	1,12

¹⁵ La hausse plus que proportionnelle de l'emploi privé est imputable au fait que les autres catégories d'emploi restent elles inchangées par rapport au scénario de référence.

5.3.6. Un choc sur l'efficacité du travail

Ici nous supposons un choc de 1 % sur l'efficacité du travail selon les mêmes modalités que dans les variantes précédentes. A l'équilibre, cette augmentation de l'efficacité du travail entraîne une augmentation équivalente de la productivité apparente du travail et par conséquent de la valeur ajoutée dans le secteur privé puisque, ni l'emploi, ni les coûts relatifs de facteurs ne sont modifiés. La productivité macroéconomique connaît une très légère dynamique due à l'évolution de la structure de l'emploi favorable à l'emploi privé dans le scénario de référence. A court terme, l'ajustement progressif du stock de capital vers son nouvel équilibre provoque une poussée temporaire du prix d'ombre du capital et déclenche ainsi momentanément une hausse du chômage et par conséquent une baisse de l'emploi.

Tableau 9 - Hausse de l'efficacité du travail
Différence en % par rapport au scénario de référence

	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	Equilibre
Choc exogène					
Efficacité du travail	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Secteur privé					
Emploi par tête	-0,24	-0,21	-0,19	-0,16	0,00
Part salariale (en % de la valeur ajoutée)	-0,21	-0,18	-0,16	-0,14	0,00
Stock de capital	0,12	0,23	0,33	0,41	1,00
COR (stock de capital/valeur ajoutée)	-0,40	-0,35	-0,31	-0,27	0,00
Productivité apparente du travail (par tête)	0,77	0,80	0,83	0,85	1,00
Valeur ajoutée	0,53	0,59	0,64	0,68	1,00
Prix et coûts					
Déflateur des investissements des entreprises	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Déflateur de la consommation privée	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût du travail en unités efficaces	-0,43	-0,38	-0,33	-0,29	0,00
Salaire-coût par tête	0,56	0,62	0,66	0,70	1,00
Coin salarial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût ou prix ombre du capital	0,78	0,69	0,60	0,53	0,00
Coûts marginaux de production	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût relatif entre travail et capital	-1,21	-1,06	-0,93	-0,81	0,00
Ensemble de l'économie					
Taux de chômage	1,42	1,25	1,09	0,96	0,00
Emploi	-0,19	-0,17	-0,15	-0,13	0,00
Productivité apparente du travail (par tête)	0,65	0,68	0,70	0,72	0,87
PIB	0,46	0,51	0,55	0,59	0,87

5.3.7. Un choc sur le coin salarial

Nous supposons ici une hausse de 1 point de pour cent du taux de prélèvements obligatoires personnels (impôts des personnes physiques plus cotisations personnelles de sécurité sociale), soit une augmentation de 1,71 % de ce taux. Cette mesure affecte directement le coin salarial et relève le taux de chômage d'équilibre avec en corollaire une baisse de l'emploi, du stock de capital et de la valeur ajoutée du secteur privé. La productivité macroéconomique se réduit très légèrement suite à la baisse relative de l'emploi privé. Toutefois, comme le stock de capital ne se réduit que lentement, le prix d'ombre du capital sera momentanément inférieur au coût du capital et permettra au taux de chômage d'être temporairement en-dessous de son nouvel équilibre.

Tableau 10 - Hausse du coin salarial
Différence en % par rapport au scénario de référence

	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	Equilibre
Choc exogène					
Taux de prélèvement	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71
Secteur privé					
Emploi par tête	-0,29	-0,30	-0,31	-0,32	-0,38
Part salariale (en % de la valeur ajoutée)	0,08	0,07	0,06	0,05	0,00
Stock de capital	-0,05	-0,09	-0,12	-0,16	-0,38
COR (stock de capital/valeur ajoutée)	0,16	0,14	0,12	0,10	-0,00
Productivité apparente du travail (par tête)	0,09	0,08	0,07	0,06	-0,00
Valeur ajoutée	-0,20	-0,22	-0,24	-0,26	-0,38
Prix et coûts					
Déflateur des investissements des entreprises	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Déflateur de la consommation privée	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût du travail en unités efficaces	0,17	0,15	0,13	0,11	0,00
Salaire-coût par tête	0,17	0,15	0,13	0,11	0,00
Coin salarial	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Coût ou prix ombre du capital	-0,30	-0,26	-0,23	-0,20	0,00
Coûts marginaux de production	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût relatif entre travail et capital	0,47	0,41	0,36	0,31	0,00
Ensemble de l'économie					
Taux de chômage	1,69	1,75	1,81	1,87	2,23
Emploi	-0,23	-0,24	-0,24	-0,25	-0,30
Productivité apparente du travail (par tête)	0,05	0,04	0,03	0,02	-0,03
PIB	-0,18	-0,19	-0,21	-0,23	-0,33

6. Conclusion

L'analyse en variante effectuée au chapitre précédent a permis de mettre en avant les principales propriétés du modèle:

- Le niveau absolu d'inflation n'influence pas la trajectoire des variables réelles, seule une modification des prix relatifs - soit entre les prix des facteurs de production, soit entre le prix intérieur et à l'importation - exercent un impact sur celle-ci.
- A l'équilibre, la croissance économique est déterminée par l'évolution de l'efficacité du travail, de la population active, de la (para-)fiscalité sur le travail, des termes de l'échange et du coût réel du capital.
- En l'absence de modification des prix relatifs et de la (para-)fiscalité, la croissance de l'emploi sera donnée par l'évolution de la population active et celle de la productivité par l'évolution de l'efficacité du travail.
- La vitesse de convergence du modèle vers l'équilibre est conditionnée par la rapidité de l'ajustement du stock de capital et exerce son influence par le biais de l'évolution du prix d'ombre de ce dernier.
- Pour que le modèle dynamique converge *en niveau* vers la solution d'équilibre, celle-ci doit se trouver dans un état stationnaire en niveau (croissance nulle).

Ces propriétés théoriques, couplées à des paramètres structurels obtenus par l'estimation économétrique sur données belges, nous semblent faire de S3BE un instrument adéquat pour la production de scénarios macroéconomiques à long terme pour notre l'économie. De plus, grâce au développement d'une procédure de calibrage de certaines constantes, ces scénarios peuvent être amorcés par les projections macroéconomiques du BFP.

Afin de coller à la périodicité, à la fois des modèles HERMES et MALTESE, une version annuelle du modèle statique a également été construite.¹⁶ Pour le développement de scénarios macroéconomiques sans choc majeur, cette version devrait suffire. En effet, si l'évolution des variables exogènes présente un profil sans à-coup, la version statique fournit une évolution plausible pour l'ajustement des variables endogènes. La version dynamique ne devrait être sollicitée que pour évaluer l'impact de chocs spécifiques pour lesquels une réponse immédiate du système économique ne paraît pas crédible. Il faut toutefois être conscient des limites de la version dynamique qui ne dispose pas de propriétés comparables à celles d'un modèle économétrique traditionnel.

Le modèle S3BE pourrait être utilisé concrètement pour la première fois dans le cadre de l'élaboration du rapport 2009 du Comité d'Etude sur le Vieillessement (CEV). Cette projection macroéconomique à l'horizon 2050 devra être amorcée par les Perspectives économiques 2009-

¹⁶ Cette version correspond au modèle présenté au chapitre 4 mais dont les paramètres ont été estimés sur base de la banque de données annuelle du modèle HERMES. Etant donné que les équations sont estimées en niveau, la valeur des paramètres structurels n'est que peu affectée par le changement de fréquence des données.

2014 du printemps prochain et intégrer la dernière projection en matière de population active et d'emploi public. Mais elle nécessitera également de formuler des hypothèses pour l'ensemble des autres variables exogènes du modèle S3BE (évolution de l'efficacité du travail, des termes de l'échange, de la fiscalité et para-fiscalité sur le travail, du coût du capital etc...) ainsi que d'arrêter une procédure quant à la façon dont les variables d'amorçage seront prolongées au-delà de 2014. Tout ce processus constitue une nouveauté par rapport à l'approche retenue jusqu'ici par le CEV pour l'élaboration de son scénario macroéconomique et devra dès lors faire l'objet d'un travail de réflexion approfondi.

Bibliographie

- Allard-Prigent C., Audenis C., Berger K., Carnot N., Duchène S. et Pesin F. (2002), "Présentation du modèle Mésange", Direction de la Prévision, Document de travail, mai.
- Arpaia A. and Pérez Ruiz E. (2008), "Labour share dynamics in Europe: a time-horizon approach", paper presented at the International Conference on Policy Modeling in Berlin, July.
- Avonds L. (2005), "Een vergelijkende analyse van de Input-Outputtabellen van 1995 en 2000", Federaal Planbureau, Working Paper 4-05, februari.
- Beffy P.-O., Ollivaud P., Richardson P. and Sédillot F. (2006), "New OECD methods for supply-side and medium-term assessments: a capital services approach", OECD Economic Department Working Paper n° 482, July.
- Barro R. and Sala-i-Martin (2004), *Economic Growth*, MIT Press, second edition.
- Bossier F., Bracke I., Gillis S., Vanhorebeek F. (2004), "Une nouvelle version du modèle HERMES", Bureau fédéral du Plan, Working Paper 5-04, février.
- Broer P., van Erp F., Smid B. (2006), "Potentiële groei volgens de Productiefunctie Benadering, versie 2006", CPB Memorandum 156, juni.
- Bureau fédéral du Plan (2006), *Perspectives économiques 2006-2011*, avril.
- Conseil Supérieur des Finances (2008), *Comité d'Etude sur le Vieillessement - Rapport annuel*, juin.
- CPB (2003), "JADE – A model for the Joint Analysis of Dynamics and Equilibrium", CPB document n° 30, May.
- CPB (2006), "Het groeipotentieel van de Nederlandse economie tot 2011", CPB document n° 117, juni.
- Denis C., Grenouilleau D., Mc Morrow K. and Röger W. (2006), "Calculating potential growth rates and output gaps - A revised production function approach -", *European Economy, Economic Paper n° 247*, March.
- Dobbelaere L., Hertveldt B., Hespel E. et Lebrun I. (2003), "Tout savoir sur la confection du budget économique", Bureau fédéral du Plan, Working Paper 17-03, octobre.
- Draper N., Huizinga F. and Kranendonk H. (2001), "Potentiële groei volgens de Productiefunctie Benadering", CPB Memorandum 4, april.
- Giorno. C., Richardson P., Roseveare D. and van den Noord P. (1995), "Estimating potential output, output gaps and structural budget balances", *OECD Economics Department Working Papers, No.152*, February.
- Hendrickx K., Joyeux C., Masure L. et Stockman P. (2003), "Un nouveau modèle macro-économétrique du marché du travail: estimation, simulation de base et simulations de politiques d'emploi", Bureau fédéral du Plan, Working Paper 13-03, août.
- Hertveldt B. and Lebrun I. (2003), "MODTRIM II: A quarterly model for the Belgian economy", Working Paper 6-03, Federal Planning Bureau, May.

Annexe I : dérivation de l'équation du coin salarial

Les différents taux d'imposition et de subsides sont définis comme suit :

$$te = \frac{wf - wnet}{wnet} \quad \rightarrow \quad wnet = \frac{wf}{(1 + te)}$$

$$td = \frac{wbf - wf}{wbf} \quad \rightarrow \quad wbf = \frac{wf}{(1 - td)}$$

$$tsub = \frac{wbf - w}{wbf} \quad \rightarrow \quad w = wbf(1 - tsub)$$

Où wf représente le salaire brut, $wnet$ le salaire poche et wbf le salaire coût non corrigé pour les subventions salariales.

Le coin salarial exprime le rapport entre le salaire coût (corrigé pour les subventions salariales) et le salaire net déflaté respectivement par le prix de la valeur ajouté et celui de la consommation privée, soit :

$$wedge = \frac{w}{wnet} \frac{pc}{p}$$

En remplaçant w , $wnet$ et wbf par leur équation respective reprise ci-dessus on obtient l'expression retenue pour le coin salarial:

$$wedge = \frac{(1 + te)(1 - tsub)pc}{(1 - td)p}$$

Annexe II : les résultats d'estimation pour les déflateurs

$$\ln pc = \gamma_0 + \ln(1 + vat) + \gamma_1 \ln p + \gamma_2 \ln pmee + (1 - \gamma_1 - \gamma_2) \ln brent$$

L'équation du déflateur de la consommation privée (pc) prend en compte le niveau de la TVA (vat) et distingue les effets des prix à l'importation hors énergie ($pmee$) de l'impact spécifique du prix du pétrole ($brent$). Une telle distinction est nécessaire pour capter correctement la hausse des prix à la consommation à partir de 2002.

Tableau 11 - Equation du déflateur de la consommation privée (A.12)

γ_0	γ_1	γ_2	R ²	se	DW	DF
-0,32	0,81	0,16	0,99	0,01	0,42	-3,23
(0,001)	(0,03)	(0,01)				

Notes : estimation réalisée à l'aide des doubles moindres carrés ; l'effet spécifique du prix du pétrole est introduit seulement à partir de 2002Q1.

L'analyse de la structure des coûts cumulés sur base des tableaux entrées-sorties¹⁷ fournit une valeur pour le contenu importé de la consommation finale des ménages supérieure à celle du coefficient $(1-\gamma)$ associé aux prix des importations totales dans l'équation (A.12). Cette différence s'explique par le fait que nous utilisons dans notre approche un indicateur agrégé pour le déflateur des importations alors que le contenu importé dans l'approche des tableaux entrées-sorties se définit par rapport au prix du panier des biens importés correspondants exactement à ceux adressés à la seule consommation privée. On peut suspecter que la volatilité de ce dernier soit inférieure à celle de l'ensemble des biens et services importés de sorte que le coefficient provenant des coûts cumulés ne peut dès lors s'interpréter en termes de l'équation (A.12) que comme un maximum. Enfin, signalons que le déflateur des prix intérieurs que nous utilisons, à savoir celui de la valeur ajoutée totale, peut également différer de celui de la production domestique adressée à la seule consommation des ménages qui intervient dans la structure des coûts cumulés.

¹⁷ Voir Avonds (2005).

$$\ln piq = \eta_0 + \eta_1 \ln p + (1 - \eta_1) \ln pmee$$

Le déflateur des investissements du secteur marchand (piq) est défini comme une moyenne pondérée des prix de la valeur ajoutée et des importations hors énergie. Afin de prendre en compte l'instabilité de la relation, deux ruptures dans la constante ont dû être introduites.

Tableau 12 - Equation du déflateur des investissements des entreprises (A.13)

η_0	η_0'	η_0''	η_1	R ²	se	DW	DF
-0,03	-0,05	-0,01	0,66	0,99	0,01	0,92	-5,24
(0,004)	(0,004)	(0,004)	(0,02)				

Notes : η_0 : valeur sur la période 1985Q1-1989Q2 ; η_0' : valeur sur la période 1989Q3-2000Q4 ;
 η_0'' : valeur sur la période 2001Q1-2007Q4.

$$\ln pm = \omega_0 + \omega_1 \ln pmee + (1 - \omega_1) \ln brent$$

Le déflateur des importations totales est calculé comme une moyenne pondérée des prix à l'importation hors énergie et du prix du pétrole.

Tableau 13 - Equation du déflateur des importations totales (A.11)

ω_0	ω_0'	ω_1	R ²	se	DW	DF
-0,63	-0,52	0,91	0,98	0,01	1,65	-7,99
(0,03)	(0,03)	(0,005)				

Notes : ω_0 : valeur sur la période 1985Q1-2001Q4 ; ω_0' : valeur sur la période 2002Q1-2007Q4