

Séminaire de la Chaire MPDD sur les Enjeux clefs pour la modélisation de la transition bas carbone

Modélisation des impacts macroéconomiques (croissance, emploi) de la transition énergétique dans un contexte de stagnation séculaire

Les options retenues et les évolutions possibles dans ThreeME

Frédéric Reynès, OFCE

13/09/2016

Plan de la présentation

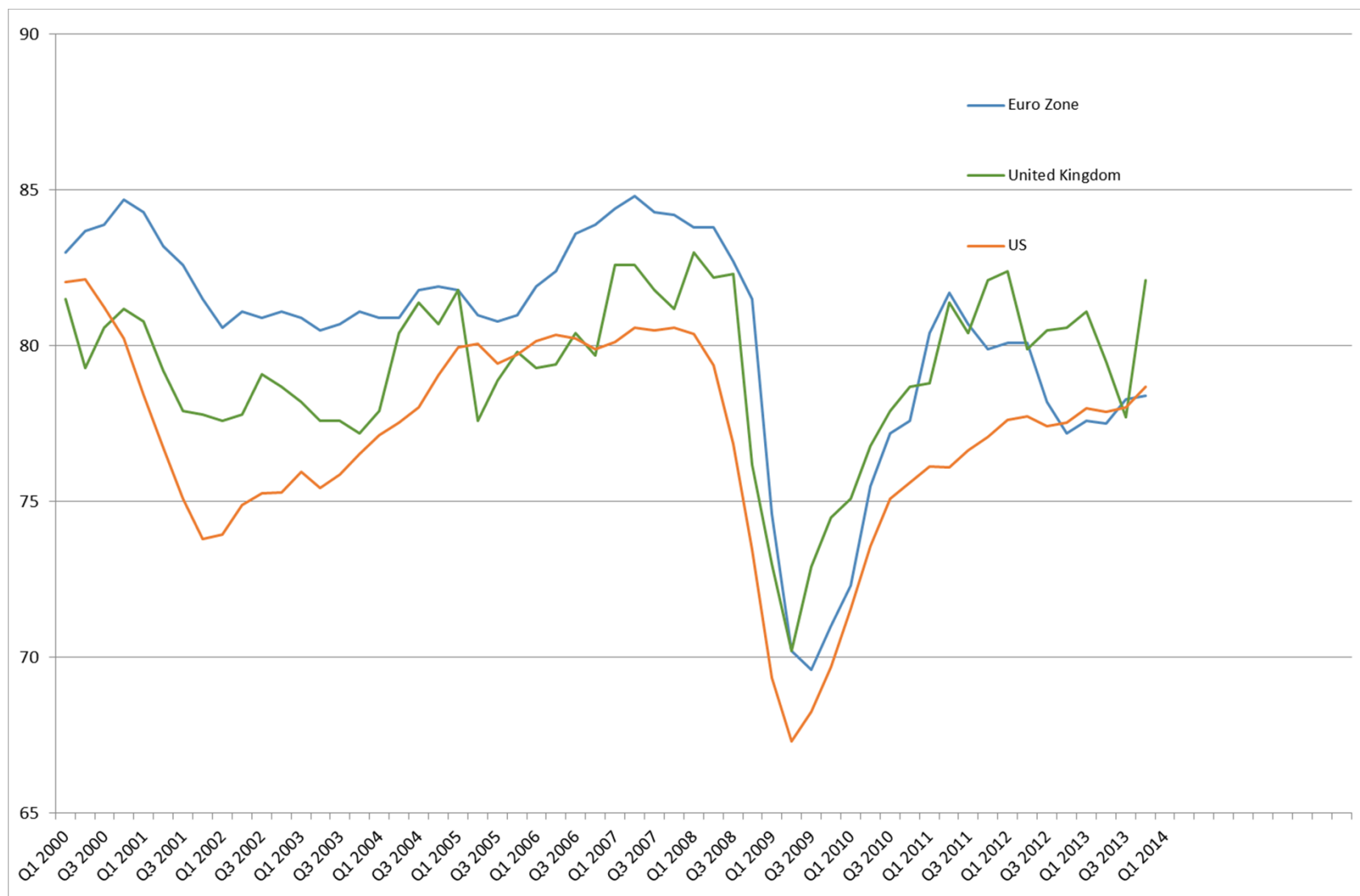
- **Présentation du modèle ThreeME**
- **Principales équations de comportement**
- **Le bloc hybride**
- **Propriétés dynamiques et de long terme : quelques variantes**
 - Tiré de « Les propriétés dynamiques et de long terme du modèle ThreeME : un cahier de variantes », Revue de l'OFCE, 2016.
 - Gaël Callonnec, Gissela Landa, Paul Malliet, Frédéric Reynès, Aurélien Saussay

Présentation de ThreeME

La transition énergétique comme nouveau moteur de la croissance?

- Une des questions qui a amené à développer ThreeME
- Dans le but de dépasser les limites de certains modèles
- Ne pas regarder que le long terme:
 - Distinguer les effets à court, moyen et long terme dans un cadre d'équilibre général
 - D'où un modèle dynamique qui tienne compte de la rigidité des prix et des quantités
- Un modèle d'inspiration néo-keynésienne est-il plus à même de mettre en évidence un double dividende par rapport aux modèles d'équilibre général walrasiens?
 - Pour cela il faut un modèle néo-keynésien multisectoriel avec un focus sur l'énergie
- Que deviennent la contrainte de capital et les effets d'éviction si on ne suppose pas...
 - ... que le stock de capital est prédéterminé par le stock d'épargne?
 - ... que le taux d'intérêt assure l'équilibre instantané entre épargne et investissement?
 - Dans la réalité, il y a une Banque centrale qui a un impact important sur les taux d'intérêt
 - Le capital est un bien physique (pas seulement financier) qui peut être produit si les capacités de production le permettent
 - Dans la réalité, l'épargne impose-t-elle une limite physique au capital?
 - L'équilibre épargne-investissement est une égalité comptable. Il se peut donc que ce soit l'investissement qui détermine l'épargne, plutôt que le contraire.
 - L'économie n'est-elle jamais sur la « fonction de production de long terme »
 - Marges de capacités disponibles
 - Loi de Say non vérifiée: la demande détermine l'offre (plutôt que le contraire)

Taux d'utilisation des capacités de production (%)



Trois axes de recherche

■ Développement d'un MEGC néo-keynésien

- Distinguer les effets à moyen et long terme

■ Réflexion sur le long terme du modèle

- Essayer de dépasser le modèle de Solow où le progrès technique est exogène
- Tenir compte de phénomènes **d'efficacité énergétique endogène**
 - Cela a un impact crucial pour la question « transition énergétique nouveau moteur de la croissance »
- Recours à la modélisation dite « hybride » pour tenter de mieux modéliser les phénomènes de progrès technique endogènes

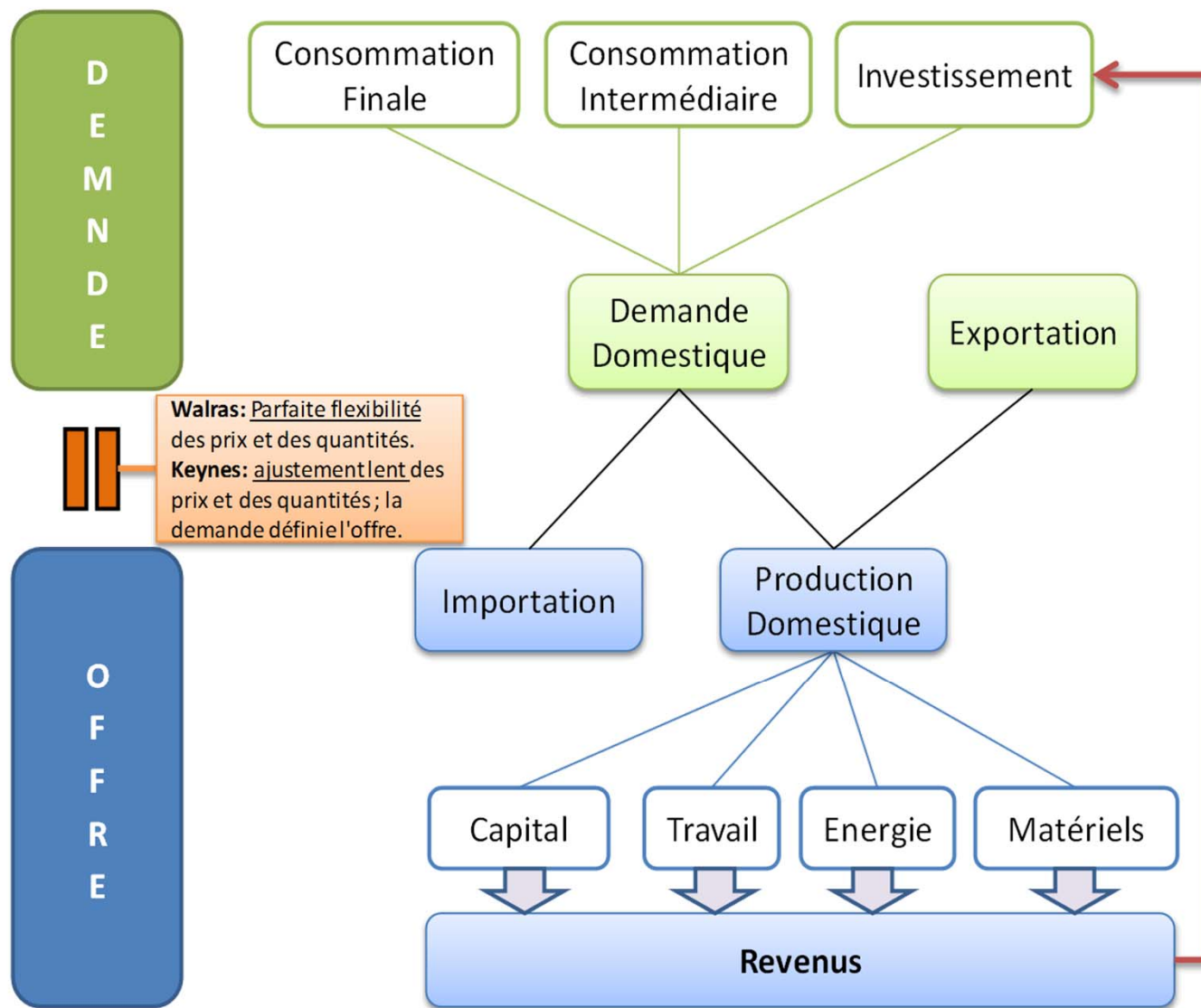
■ La contrainte de capital

- Quel est le vrai modèle entre les deux principaux cas limites de la littérature?
 - Modèle néoclassique où seule l'épargne détermine l'investissement et où les effets d'éviction sont très importants
 - Les investissements liés à transition énergétique évincent d'autres investissements plus rentables et ont donc un impact systématiquement négatif sur la croissance
 - Modèle keynésien « pur » où les effets d'évictions seraient inexistants

Présentation du modèle ThreeME

- **Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policies**
 - **Modèle Macroéconomique Multisectoriel d'Evaluation des politiques Environnementales et Energétiques**
 - Développé par OFCE et ADEME depuis 2008
 - Modèle macroéconomique multisectoriel d'inspiration **néo-keynésienne**
 - A des propriétés proches des modèles économétriques trimestriels comme MESANGE, E-MOD ou NEMESIS
 - Versions développées pour la France, le Mexique, l'Indonésie et les Pays-Bas
 - A vocation à être en libre accès sous une licence open-source
- **Désagrégé en 37 secteurs, avec un focus sur l'énergie (17 sous-secteurs)**
- **Cela permet d'analyser les effets des transferts d'activité d'un secteur à un autre (en particulier du fait de la transition énergétique):**
 - **Emploi**, du fait d'intensités en emplois différentes
 - **Investissement**, du fait d'intensités en capital différentes
 - **Consommations énergétiques**, du fait d'intensités énergétiques différentes
 - **Balance commerciale**, du fait de propensions à importer et à exporter différentes

Structure générale de ThreeME: Modèle d'Equilibre Général néo-keynésien



Plusieurs arbitrages liés à la consommation d'énergie

■ Entreprises:

- Substitution entre capital et énergie quand le prix relatif de l'énergie augmente
- Substitution entre sources d'énergie
- Progrès technique endogène: l'efficacité énergétique augmente quand le prix relatif de l'énergie augmente

■ Ménages:

- Arbitrage entre différentes classes d'investissements énergétiques
 - Pour le logement et l'automobile
- Substitution entre modes de transports
- Substitution entre commodités
 - Les plus intensives en énergie sont défavorisées quand le prix relatif de l'énergie augmente
- Effets de sobriété:
 - Les ménages réduisent leur consommation énergétique quand le prix relatif de l'énergie augmente
 - Moins de km parcourus, moins chauffer le logement.

Principales équations de comportement

Principales caractéristiques de ThreeME

- **Modèle Offre-Demande comparable à MESANGE ou E-MOD, mais avec une désagrégation sectorielle**
 - Ajustement lent des prix et des quantités (facteurs de production, consommation)
 - Les prix n'équilibrent pas l'offre et la demande instantanément – donc **possibles équilibres de sous-emploi**
 - Les firmes fixent leurs prix en appliquant un taux de marge sur leurs coûts unitaires de production
 - Le taux de marge est sensible aux tensions entre l'offre et la demande
 - Salaires spécifiés selon une courbe WS ou de Phillips:
 - Fonction positive de l'inflation, de la productivité du travail et négative du chômage
 - Taux de chômage d'équilibre ou NAIRU
 - Taux d'intérêt réels fixes ou déterminés selon une règle de Taylor
 - Demande (notionnelle/désirée/cible) de facteurs de production déterminée par minimisation des coûts de production

Mécanismes d'ajustements adaptifs

- **ThreeME tient compte explicitement de l'ajustement lent des prix et des quantités (facteurs de production, consommation)**
 - Suppose que les niveaux effectifs des prix et des quantités s'ajustent progressivement à leur niveau notionnel
 - Reflète diverses contraintes: coûts d'ajustement, limites physiques ou temporelles, incertitudes
- **Le niveau notionnel correspond au niveau optimal (désiré ou cible) qui serait choisi en en l'absence de contraintes d'ajustement**
 - Cette spécification rend les **équilibres de sous-emploi** possibles
- **Formellement, nous retenons la spécification d'ajustements adaptatifs suivante:**

$$\ln(X_t) = \lambda_0^X \ln(X_t^n) + (1 - \lambda_0^X)(\ln(X_{t-1}) + \Delta \ln(X_t^e))$$

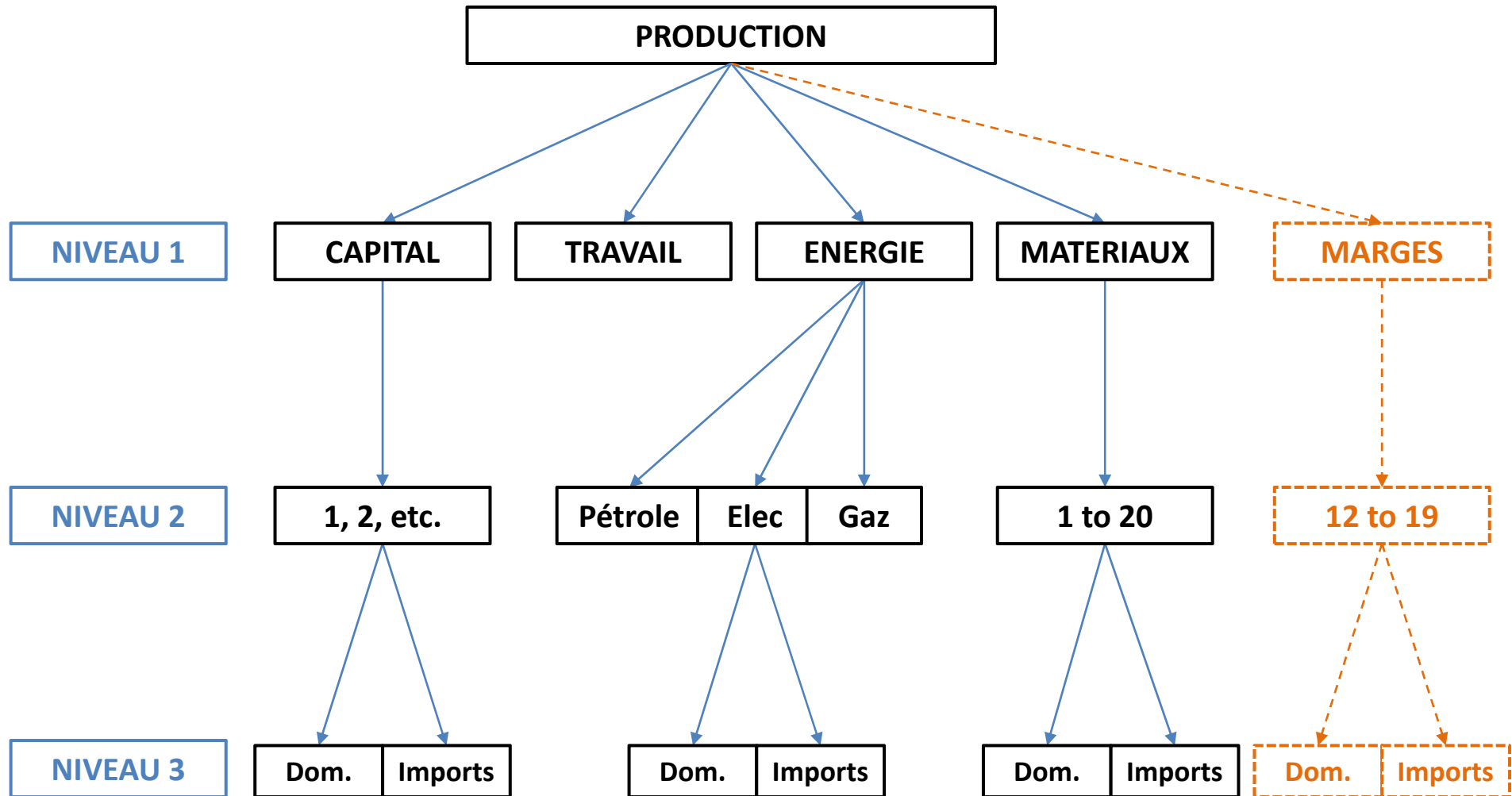
$$\Delta \ln(X_t^e) = \lambda_1^X \Delta \ln(X_{t-1}^e) + \lambda_2^X \Delta \ln(X_{t-1}) + \lambda_3^X \Delta \ln(X_t^n)$$

- **Où X_t est la valeur effective de la variable X , X_t^n est son niveau notionnel, X_t^e sa valeur anticipée**
 - Pour assurer que X_t converge vers X_t^n , nous imposons $\lambda_1^X + \lambda_2^X + \lambda_3^X = 1$
- **Les substitutions entre facteurs de production s'ajustent aussi lentement.**

$$SUBST_X_t = \lambda_4^X SUBST_X_t^n + (1 - \lambda_4^X) SUBST_X_{t-1}$$

Fonction de production et demande de facteurs

- Fonction de production à 3 niveaux:



Fonction de production : niveau 1 « KLEM »

- Premier niveau de la fonction de production avec 4 facteurs de production:
 - Capital, Travail, Energie, Matériaux (consommations intermédiaires hors énergie)
 - Forme flexible: CES généralisée au cas où les élasticités de substitution peuvent différer entre couple d'inputs
- Le programme de minimisation des coûts de production conduit aux demandes notionnelles de facteurs suivantes:

$$\Delta \ln(PF_{j,t}^n) = \Delta \ln(Y_t) - \Delta \ln(PROG_PF_{j,t}) + \Delta SUBST_PF_{j,t}$$

$$\Delta SUBST_PF_{j,t}^n = - \sum_{\substack{j'=1 \\ j' \neq j}}^J \eta_{j,j'} \varphi_{j',t-1} \Delta \ln(C_{j',t}^{PF} / C_{j,t}^{PF})$$

$$\varphi_{j,t-1} = \frac{C_{j,t}^{PF} * PF_{j,t-1}}{\sum_j C_{j,t}^{PF} * PF_{j,t-1}} \quad \text{and } j \in \{K, L, E, M\}$$

Fonction de production : niveau 2 & 3

- **Au niveau 2, les producteurs peuvent aussi substituer entre:**
 - **Matériaux** (déformation des coefficients techniques de la matrice de Leontief)
 - **Sources d'énergie** (pétrole, électricité, gaz ou charbon)
 - **Modes de transportation** (route, train, eau ou air)
 - **Biens en capital** dans lesquels ils investissent
- **Le niveau 3 suppose une substitution imparfaite entre les biens produits domestiquement ou importés**

$$\Delta \ln(X_{c,t}^D) = \Delta \ln(X_{c,t}) + \Delta SUBST_XD_{c,t}$$

$$\Delta SUBST_XD_{c,t}^n = \eta_c^X \Delta \ln(P_{c,t}^{XD} / P_{c,t}^{XM}) \frac{P_{c,t-1}^{XM} * X_{c,t-1}^M}{P_{c,t-1}^X * X_{c,t-1}}$$

$$X_{c,t}^M = X_{c,t} - X_{c,t}^D$$

- où η_c^X est l'élasticité de substitution d'Armington pour la variable X et la commodité c

Equation d'investissement et de capital

- L'investissement dépend de la production anticipée, des substitutions entre le capital et les autres facteurs de production, et de la différence entre les niveaux réel et notionnel du stock de capital

$$\Delta \ln(IA_t) = \theta_1^{IA} \Delta \ln(IA_{t-1}) + \theta_2^{IA} \Delta \ln(Y_t^e) + \theta_3^{IA} (\ln(K_{t-1}^n) - \ln(K_{t-1})) + \Delta SUBST_K_t$$

- Le stock de capital est déduit du niveau d'investissement:

$$K_t = (1 - \delta^K)K_{t-1} + IA_t$$

- Cette spécification constitue un compromis entre la dynamique de court terme observée empiriquement et la cohérence du modèle à long terme:
 - Proche des modèles économétriques comme E-MOD ou MESANGE qui estiment une équation d'investissement plutôt qu'une équation de stock de capital.
 - A long terme le stock de capital effectif converge vers son niveau notionnel.
 - Homogénéité de degré 1 entre les niveaux de la production et du stock de capital

Formation des prix

- **La détermination des prix suit une approche *bottom-up* :**
 - L'équation du prix à la production est la seule équation de comportement
 - Les autres prix sont définis de manière comptable à partir du prix à la production et incluent les marges commerciales et de transports, taxes et subventions.
- **Le prix à la production est défini en appliquant un taux de marge sur les coûts unitaires de production :**

$$PY_t^n = CU_t(1 + TM_t)$$

- **La variation du taux de marge notionnel TM_t^n dépend de la demande :**

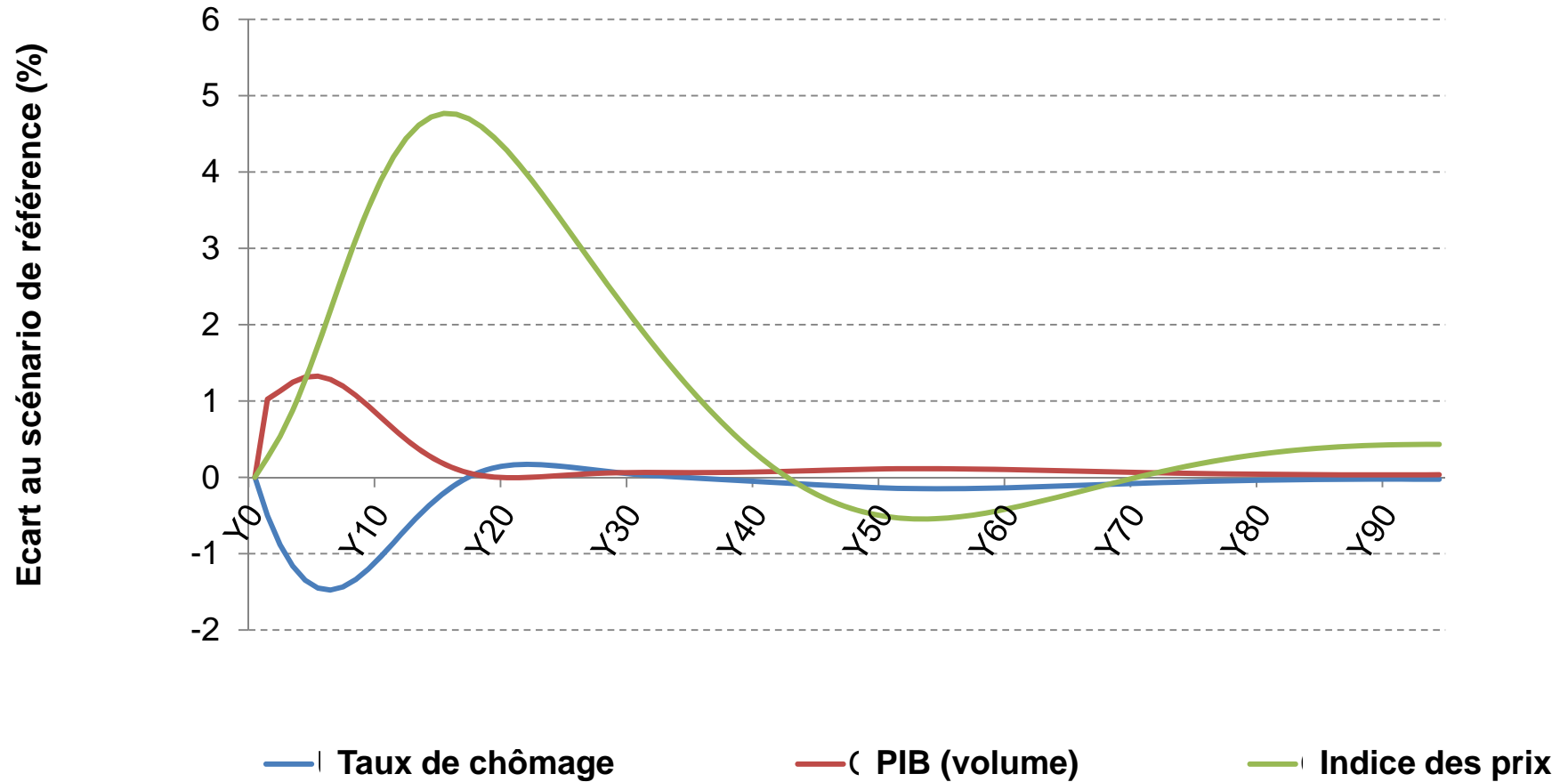
$$\Delta \ln (1 + TM_t^n) = \sigma^{TM} (\Delta \ln (Y_t) - \Delta \ln (Y_{t-1}))$$

- **Ajustement lent du taux de marge:**

$$TM_t = \lambda^{TM} TM_t^n + (1 - \lambda^{TM}) TM_{t-1}$$

Augmentation permanente de l'investissement des APU de 1% du PIB

Augmentation de l'investissement des APU de 1% du PIB



Augmentation permanente de l'investissement des APU de 1% du PIB

		ThreeME (WS)				
		T + 1	T + 3	T + 5	T + 10	T + 35
PIB (volume)	(a)	1.02	1.24	1.32	0.79	0.06
Consommation des ménages	(a)	0.09	0.66	1.06	0.96	0.33
Investissement	(a)	8.25	8.68	8.74	7.61	1.48
Balance commerciale	(c)	-0.21	-0.31	-0.35	-0.33	-0.19
Emploi	(d)	127	275	324	206	5
Taux de chômage	(b)	-0.50	-1.16	-1.45	-1.04	-0.01
Indice des prix	(a)	0.26	0.88	1.72	3.89	1.08
Salaire réel	(a)	0.05	0.69	1.30	1.65	0.14
Coût réel du travail	(a)	0.03	0.61	1.14	1.29	0.01
Balance primaire	(c)	-0.87	-0.46	-0.31	-0.36	-0.07

Note: (a) Ecart au scénario de référence (en % du scénario de référence)
 (b) en points de pourcentage, (c) en % du PIB, (d) en milliers.

Taxe carbone avec ou sans redistribution

■ Exemple avec ThreeME Mexique

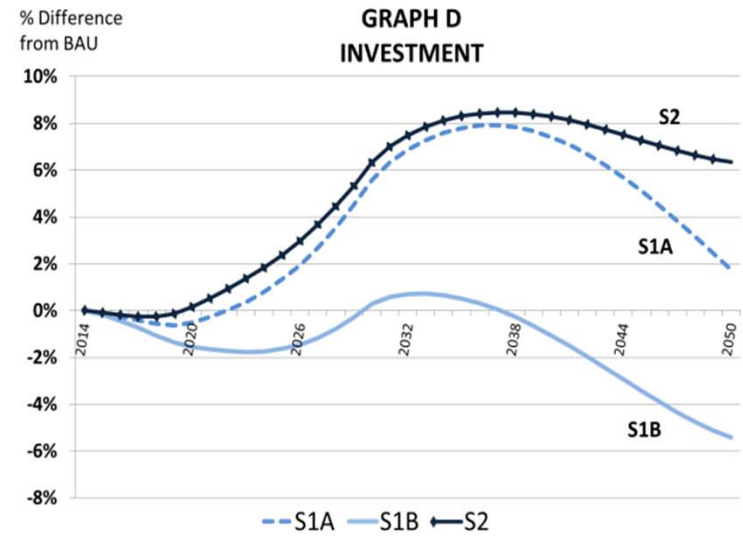
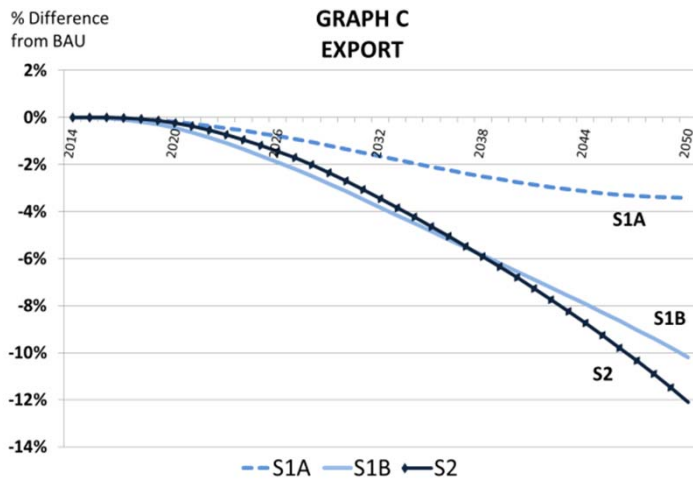
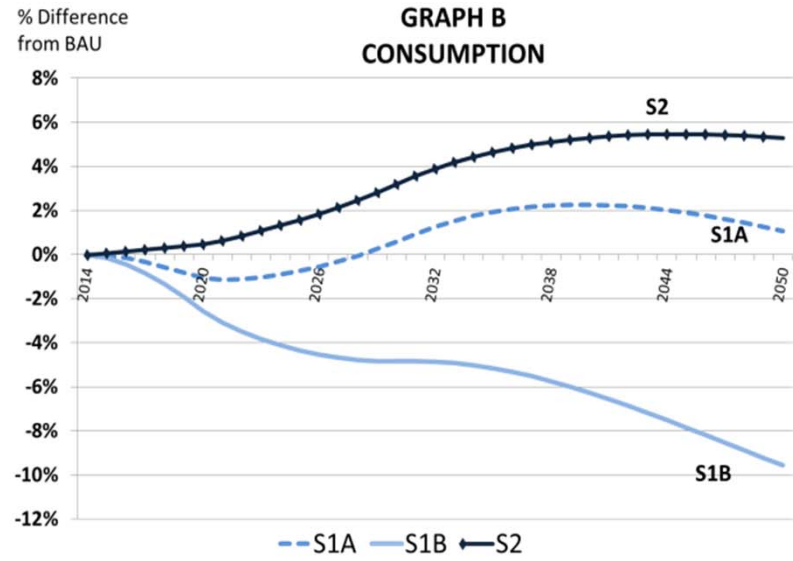
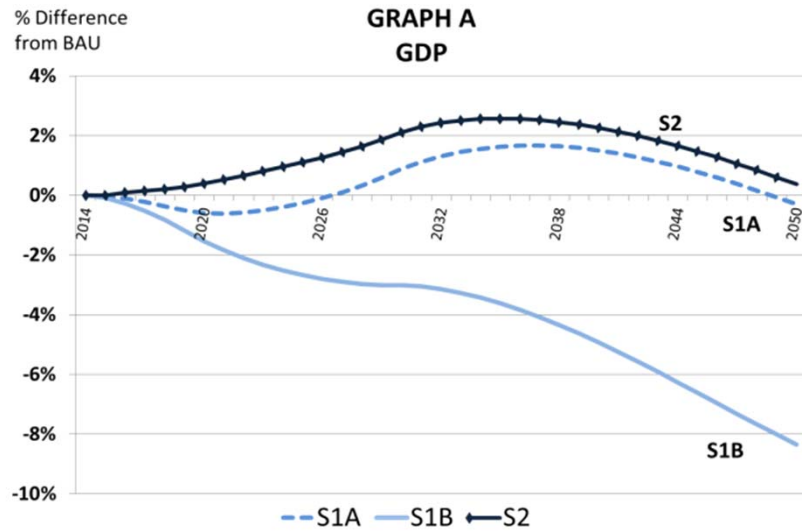
- Landa et al. (2016) “Towards a low carbon growth in Mexico: is a double dividend possible? A dynamic general equilibrium assessment”, Energy Policy 96, 314-327.

■ Scénarios:

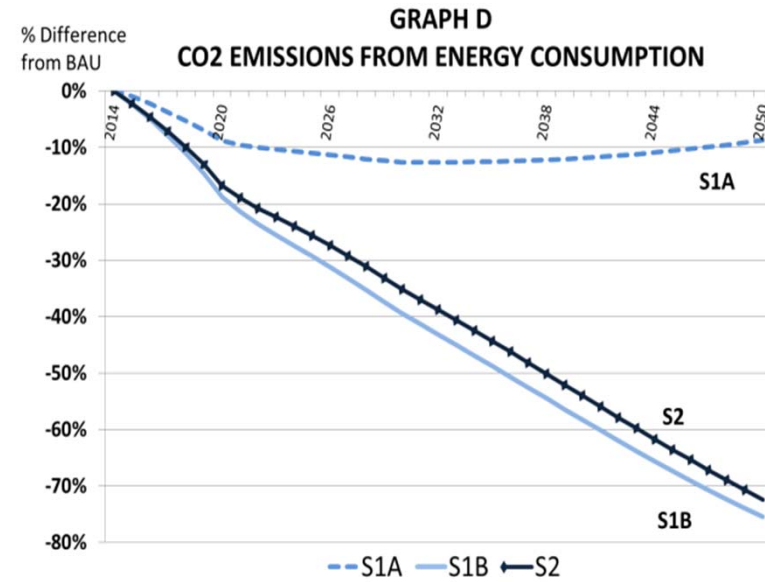
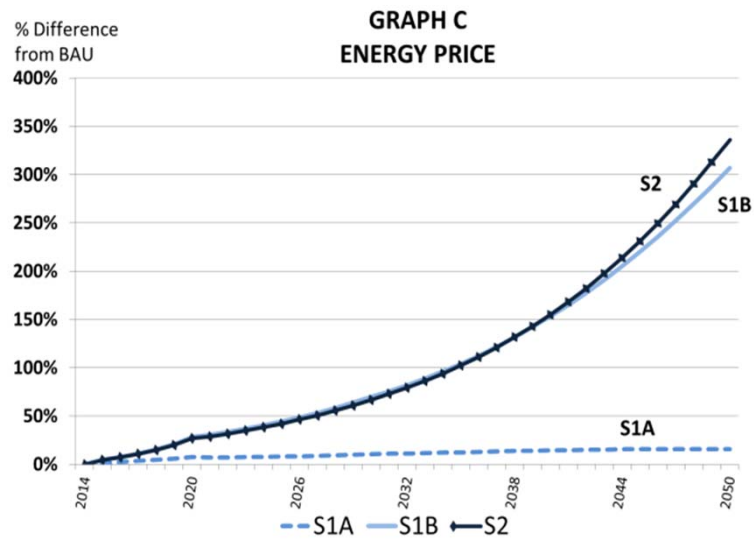
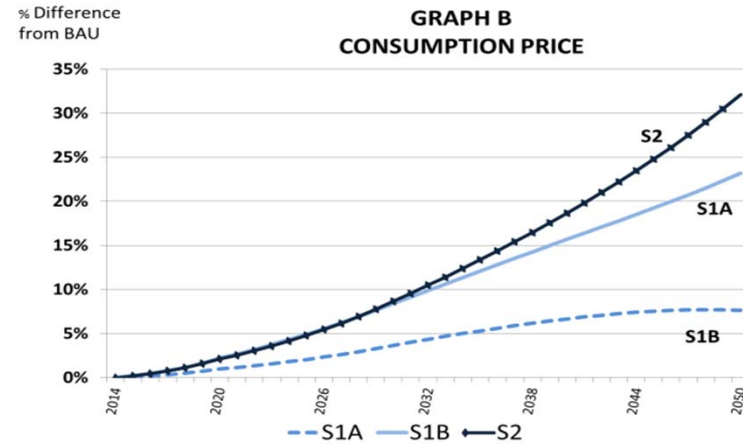
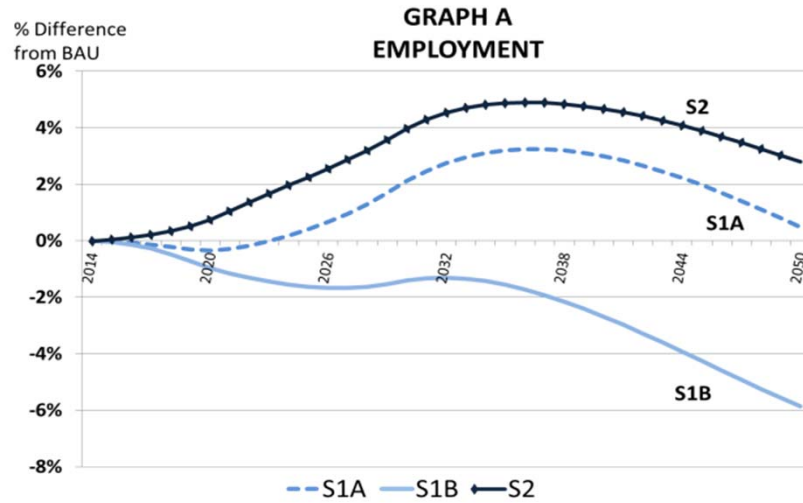
- S1B. Suppression des subventions sur l'énergie + Taxe carbone
- S2: Idem + avec redistribution des revenus de la taxe (baisse du taux de cotisation employeurs et du taux d'imposition sur le revenu)

■ Double dividende et faible effet rebond

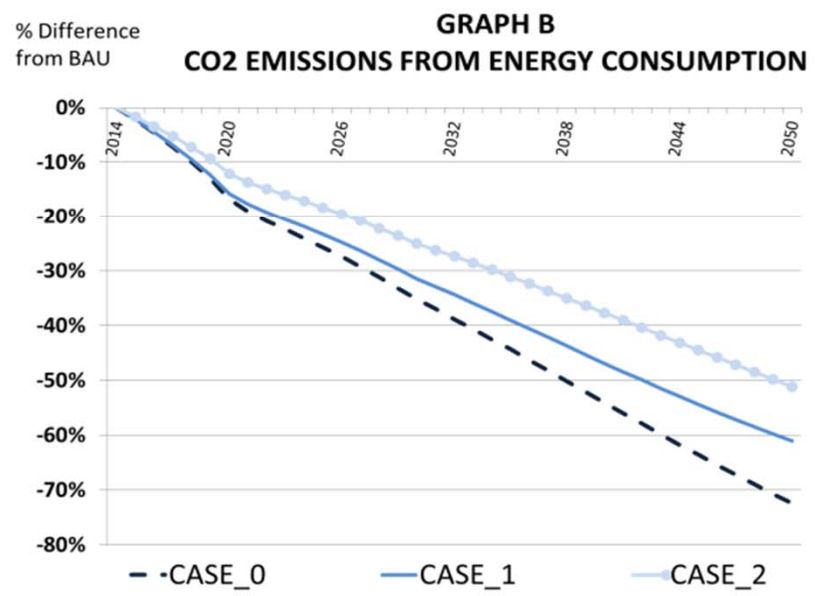
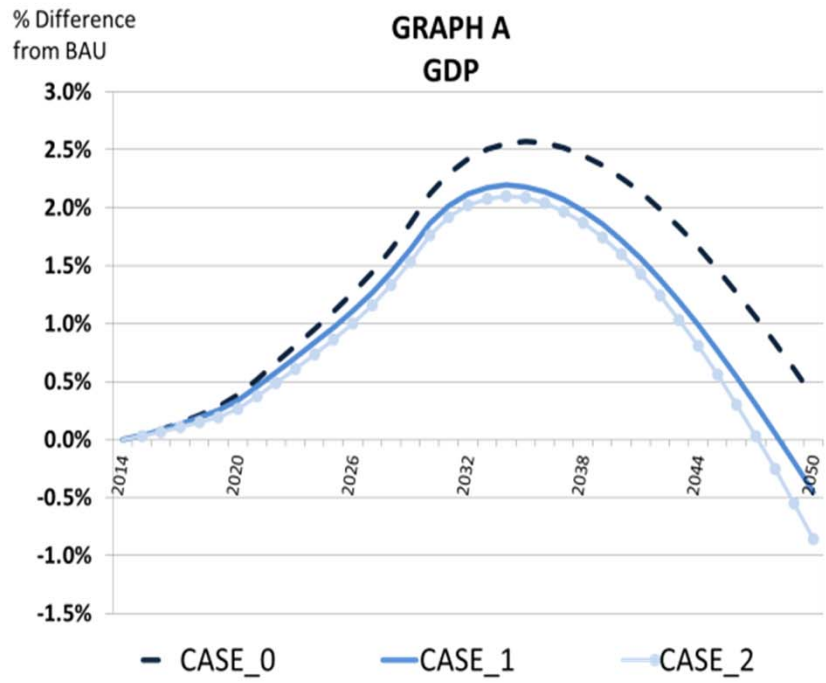
Taxe carbone avec (S2) ou sans (S1B) redistribution



Taxe carbone avec (S2) ou sans (S1B) redistribution



Elasticité de substitution Capital-Energie endogène (case 0) vs exogène (case 1)



Formation des salaires et consommation des ménages

- **L'équation de salaires** peut-être paramétrée soit comme une courbe WS (Wage-Setting) ou une courbe de Phillips:

$$\Delta \ln(W_t^n) = \rho_1^W + \rho_2^W \Delta \ln(P_t^e) + \rho_3^W \Delta \ln(PROG_L_t) - \rho_4^W U_t - \rho_5^W \Delta U_t$$

- $\rho_4^W > 0$ correspond à une courbe de Phillips
- $\rho_4^W = 0$ correspond à une courbe WS

- **La consommation des ménages** est dérivée de la maximisation d'une fonction d'utilité sous contrainte de revenu

- Hypothèse d'une fonction d'utilité de type Linear Expenditure System (LES) généralisée au cas d'une élasticité de substitution entre les biens non-unitaire
- Permet de tenir compte de dépenses incompressibles ($NEXP_c$)

$$(EXP_c^n - NEXP_c)PEXP_c = \beta_c^{EXP} \left[(1 - MPS) DISPINC_VAL - \sum_c PEXP_c NEXP_c \right]$$

$$\Delta \beta_{c,t}^{EXP} = (1 - \eta^{LES_CES}) \Delta \frac{PEXP_{c,t}}{PEXP_t^{CES}}$$

$$PEXP_t^{CES} = \left(\sum_c \beta_{c,0}^{EXP} PEXP_{c,t} \right)^{\frac{1}{1 - \eta^{LES_CES}}}$$

Principales équations du bloc hybride

Approche *top-down* versus approche *bottom-up*

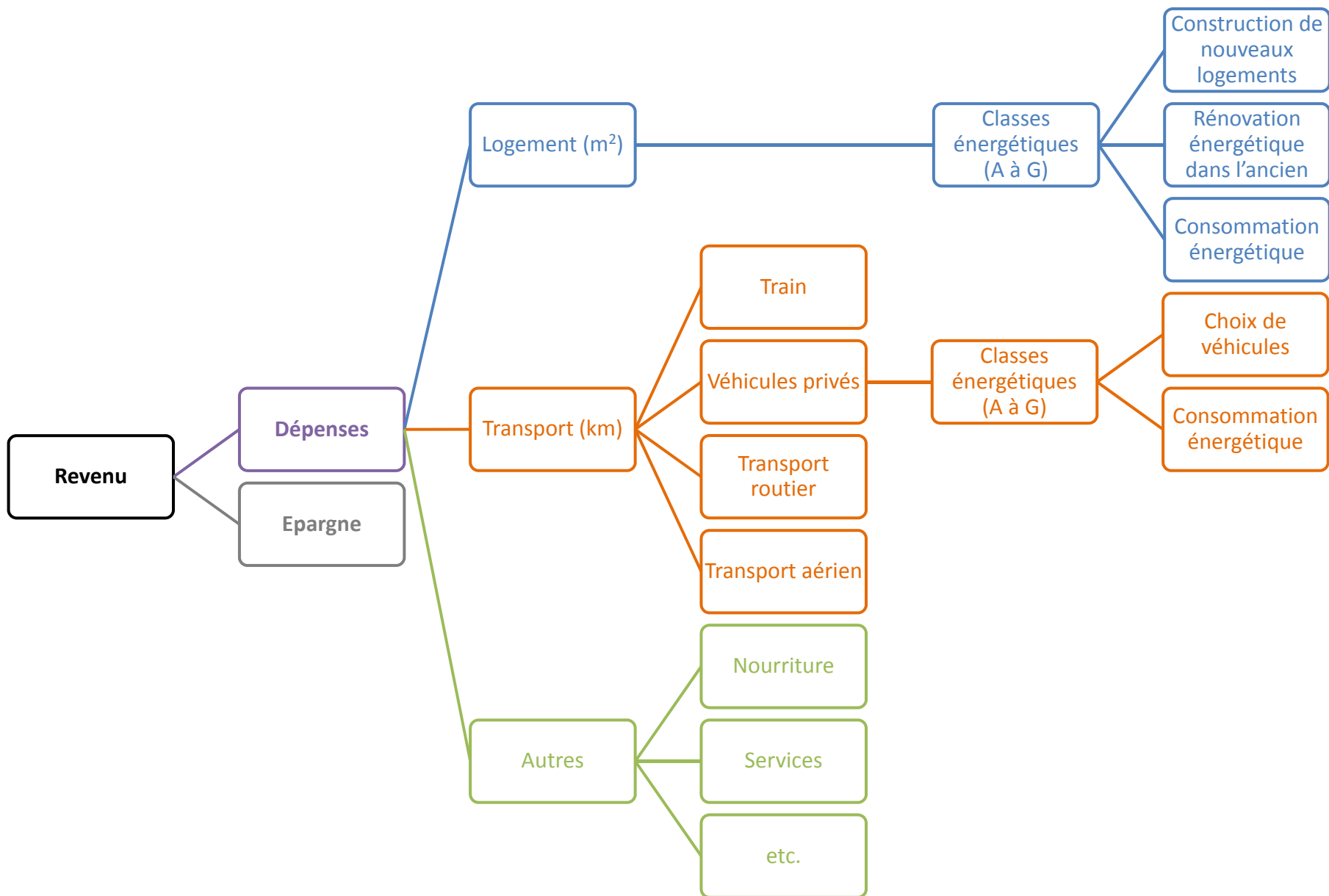
- **Bottom-up: “Du niveau détaillé au niveau agrégé”**
 - Avantages: réalisme et haut niveau de détails
 - Inconvénients: néglige les effets indirects et de retour (feedback)

- **Top-down: “Du niveau agrégé au niveau détaillé”**
 - Avantages: tient compte des effets indirects et de retour (feedback)
 - Effets rebond, fuites de carbone
 - Inconvénients: manque de détails, représentation irréaliste de certains comportements économiques comme la consommation énergétique (directement reliée au revenu)

- **L’hybridation cherche à dépasser la limite des deux approches en les combinant**

- **Les ménages ne consomment pas l’énergie pour son utilité directe, mais pour le service qu’elle fournit lorsque sa consommation est combinée à l’utilisation de biens d’équipement, comme une voiture ou un logement**
 - Inutile d’acheter de l’essence si l’on ne possède pas un véhicule
 - Sortir l’énergie de la fonction d’utilité

Intégration d'éléments bottom-up pour la structure de consommation

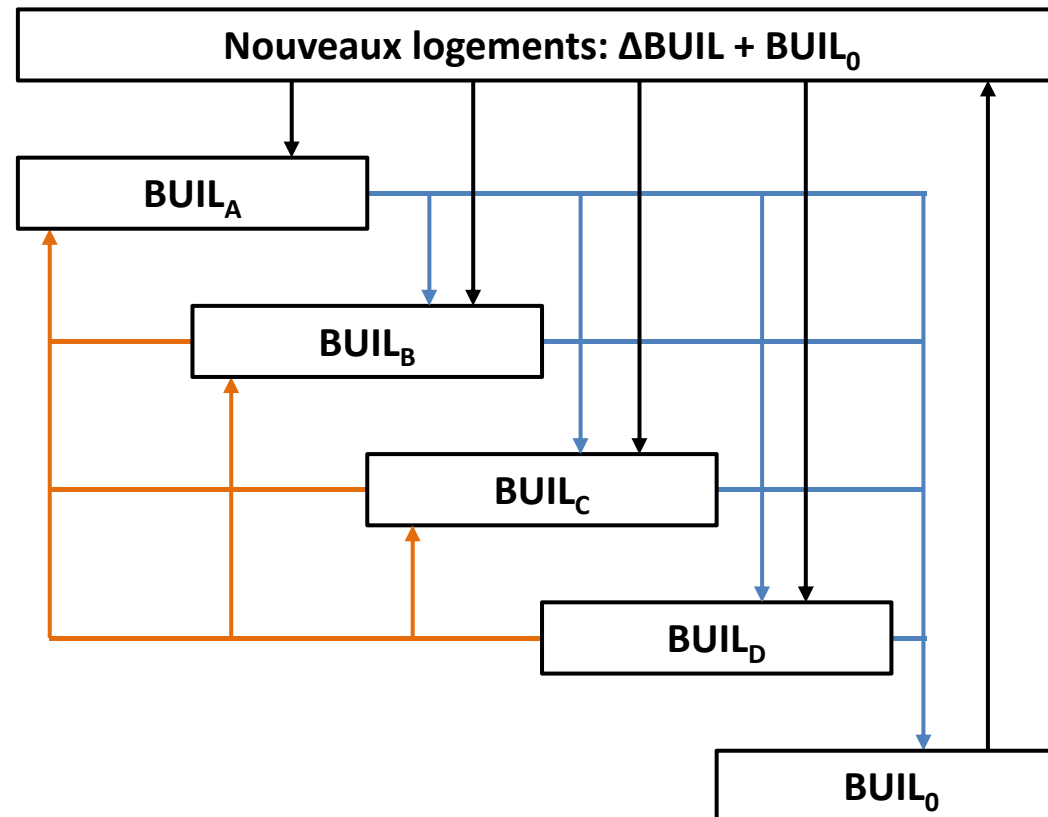


- **Dans ThreeME, développement de blocs hybrides pour le logement, le transport et la production d'énergie**
- **Représentation du stock de logements en 7 classes énergétiques (A à G)**
 - Consommation d'énergie par m²
- **Représentation du stock de véhicules privés en 7 classes énergétiques (A à G)**
 - Consommation d'énergie par km
- **Représentation de la production d'énergie en plusieurs technologies (e.g. renouvelable)**
 - Lien avec la production énergétique en MWh

Hybridation: bloc de logement

■ Dynamique du stock de logement

- Les lignes bleues représentent le déclassement (énergétique et démolitions)
- Les lignes oranges représentent la rénovation énergétique



Hybridation: bloc logement

- Chaque année, une part des logements k est rénovée

- Le taux de réhabilitation dépend du temps de retour

- $$\Delta\tau_k^{REHAB} = \Delta\tau_k^{REHAB*} + \eta_k * \Delta\ln(PAYBACK_k)$$

- $$PAYBACK_k = \frac{UC_k^{K-REHAB} - UC_k^K}{UC_k^E - UC_k^{E-REHAB}}$$

- Où $PAYBACK_k$ est le temps de retour de l'investissement de rénovation énergétique pour les logements de classe k .

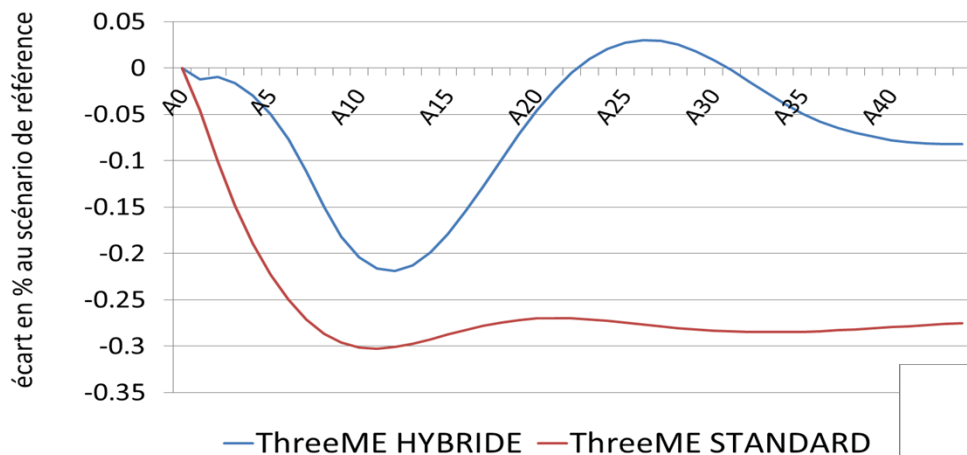
- Il correspond au ratio entre le surcoût d'investissement lié à la rénovation et le montant de la baisse de la facture énergétique.

- **Elasticité calibrée sur les prédictions du modèle logement MENFIS**

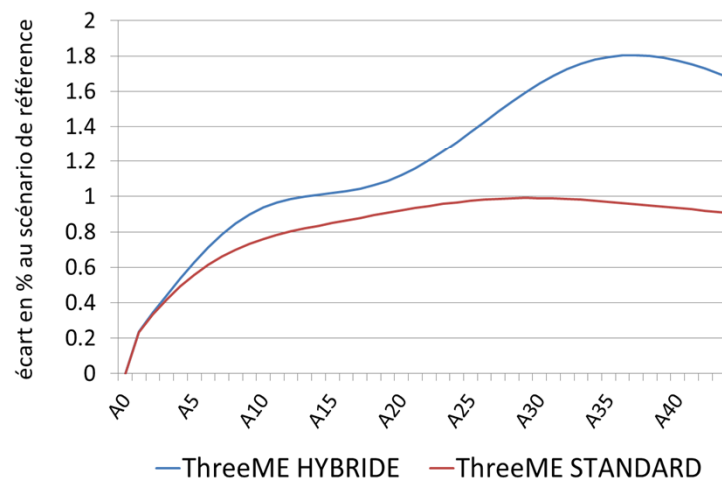
- Dans un projet en cours: lien direct avec MENFIS:
 - MENFIS définit la dynamique du stock de logement / des travaux de rénovation avec une segmentation du parc fine
 - ThreeME en déduit l'impact macroéconomique

Hausse de 10% des prix du pétrole et du gaz

PIB en Volume



Prix à la consommation

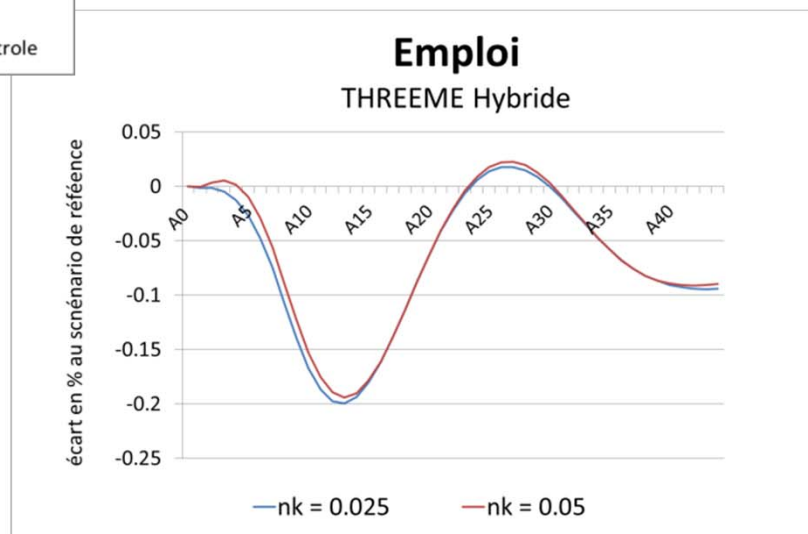
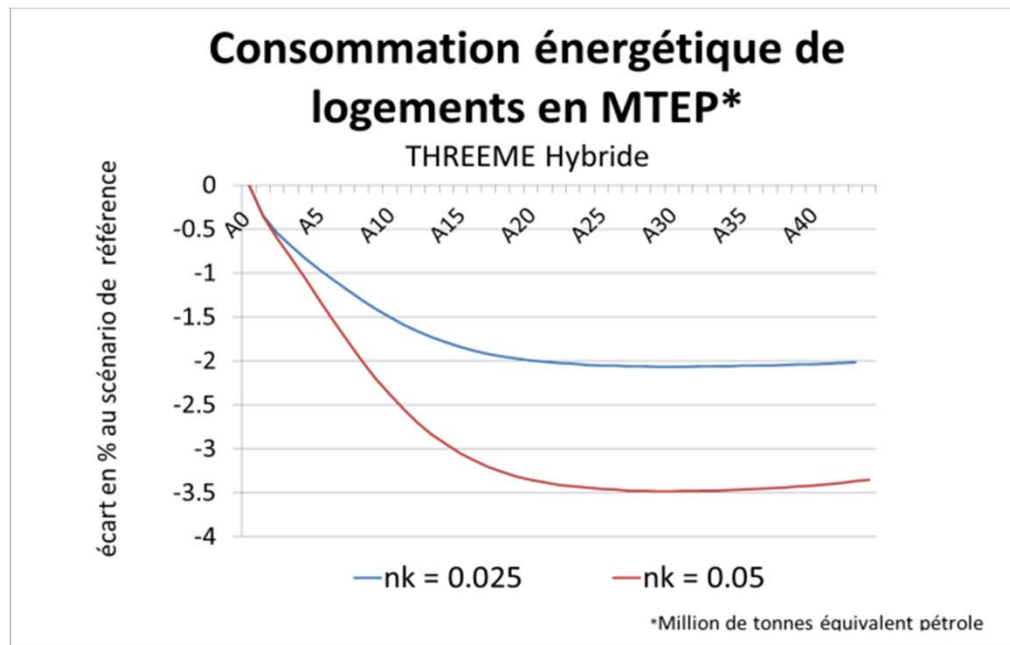


Hausse permanent de 10% des prix du pétrole et du gaz

	ThreeME HYBRIDE (WS)					ThreeME STANDARD (WS)				
	1 an	3 ans	5 ans	10 ans	35 ans	1 an	3 ans	5 ans	10 ans	35 ans
PIB en volume	-0.01	-0.02	-0.05	-0.20	-0.05	-0.05	-0.15	-0.22	-0.30	-0.28
Consommation des ménages	-0.05	-0.05	-0.09	-0.26	0.30	-0.11	-0.33	-0.45	-0.53	-0.39
Investissement	0.01	0.04	0.04	-0.08	0.17	0.00	-0.05	-0.10	-0.20	-0.14
Exportations	-0.02	-0.08	-0.17	-0.41	-0.98	-0.01	-0.07	-0.15	-0.30	-0.49
Importations	-0.07	-0.12	-0.16	-0.27	0.05	-0.10	-0.29	-0.40	-0.48	-0.38
Prix à la consommation des ménages	0.23	0.44	0.63	0.94	1.79	0.23	0.42	0.56	0.76	0.97
Emploi salarié en milliers	0	-1	-7	-43	-16	-3	-19	-37	-63	-67
Taux de chômage	0.00	0.00	0.03	0.19	0.06	0.01	0.08	0.16	0.28	0.28
Balance commerciale	-0.33	-0.27	-0.24	-0.20	-0.24	-0.32	-0.24	-0.20	-0.19	-0.24
Solde primaire	-0.03	-0.10	-0.12	-0.19	-0.08	-0.05	-0.17	-0.22	-0.26	-0.23
Emissions	-0.29	-0.79	-1.18	-1.65	-2.98	-0.59	-1.42	-1.82	-2.10	-1.97

Hausse de 10% des prix du pétrole et du gaz

- Selon l'élasticité du taux de réhabilitation au temps de retour de l'investissement



Merci pour votre attention

Annexes

Propriétés dynamiques et de long terme

Augmentation permanente de 10% des prix du gaz et du pétrole

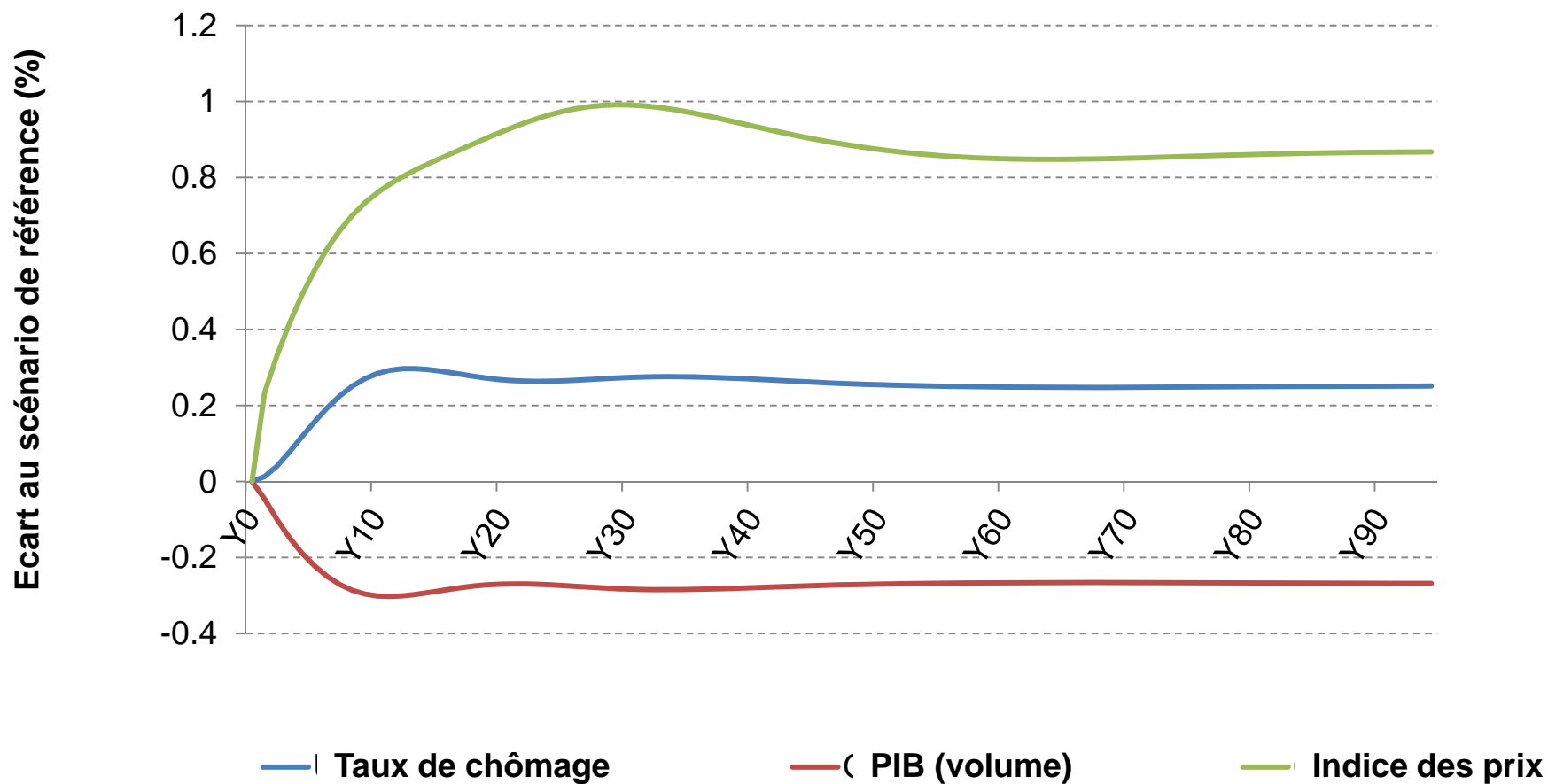
		ThreeME (WS)				
		T + 1	T + 3	T + 5	T + 10	T + 35
PIB (volume)	(a)	-0.05	-0.15	-0.22	-0.30	-0.28
Consommation des ménages	(a)	-0.11	-0.33	-0.45	-0.53	-0.39
Investissement	(a)	0.00	-0.05	-0.10	-0.20	-0.14
Balance commerciale	(c)	-0.32	-0.24	-0.20	-0.19	-0.24
Emploi	(d)	-3	-19	-37	-63	-67
Taux de chômage	(b)	0.01	0.08	0.16	0.28	0.28
Indice des prix	(a)	0.23	0.42	0.56	0.76	0.97
Salaire réel	(a)	-0.24	-0.33	-0.38	-0.49	-0.46
Coût réel du travail	(a)	-0.14	-0.23	-0.30	-0.42	-0.41
Balance primaire	(c)	-0.05	-0.17	-0.22	-0.26	-0.23

Note: (a) Ecart au scénario de référence (en % du scénario de référence)
 (b) en points de pourcentage, (c) en % du PIB, (d) en milliers.

Comparaison entre Wage-Setting et courbe de Phillips

Wage-Setting

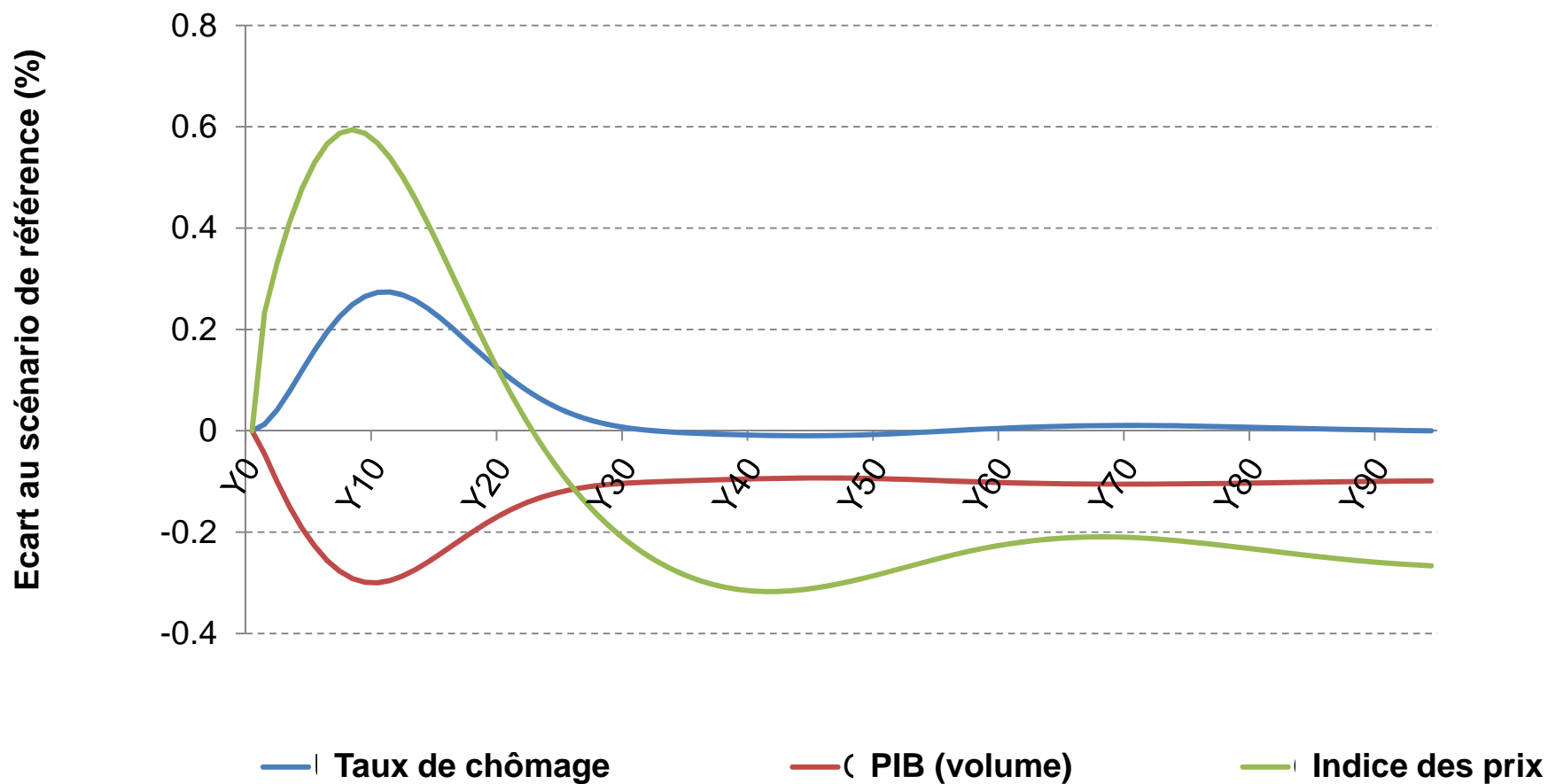
Augmentation de 10% des prix du gaz et du pétrole



Comparaison entre Wage-Setting et courbe de Phillips

Courbe de Phillips

Augmentation de 10% des prix du gaz et du pétrole



Augmentation de 10% des prix du gaz et du pétrole : comparaison avec MESANGE

		ThreeME (WS)			MESANGE		
		T + 1	T + 3	T + 5	T + 1	T + 3	T + 5
PIB (volume)	(a)	-0.04	-0.11	-0.15	-0.02	-0.13	-0.20
Consommation	(a)	-0.10	-0.26	-0.34	-0.05	-0.20	-0.30
Investissement	(a)	-0.01	-0.05	-0.08	-0.04	-0.17	-0.25
Balance commerciale	(c)	-0.22	-0.16	-0.14	-0.20	-0.26	-0.27
Emploi	(d)	-3	-14	-24	-2	-27	-43
Taux de chômage	(b)	0.01	0.06	0.10	0.01	0.11	0.18
Indice des prix		0.17	0.23	0.27	0.15	0.39	0.48
Salaire réel		-0.24	-0.33	-0.37	-0.08	-0.16	-0.27
Coût réel du travail		-0.14	-0.23	-0.28	0.07	0.15	0.07
Balance primaire		-0.04	-0.11	-0.14	-0.02	-0.11	-0.16

Augmentation de 10% des prix du gaz et du pétrole : comparaison avec MESANGE

		ThreeME (WS)		MESANGE	
		T + 10	T + 35	T + 10	T + 35
PIB (volume)	(a)	-0.17	-0.16	-0.20	-0.17
Consommation	(a)	-0.37	-0.30	-0.31	-0.33
Investissement	(a)	-0.11	-0.04	-0.19	-0.20
Balance commerciale	(c)	-0.13	-0.16	-0.30	-0.28
Emploi	(d)	-33	-33	-34	-28
Taux de chômage	(b)	0.15	0.13	0.14	0.12
Indice des prix		0.30	0.42	0.43	0.23
Salaire réel		-0.44	-0.39	-0.40	-0.45
Coût réel du travail		-0.34	-0.31	-0.08	-0.08
Balance primaire		-0.16	-0.14	-0.15	-0.15

Augmentation de 10% des prix du gaz et du pétrole : résultats sectoriels à T+2

	ThreeME (WS)			
	Emploi	VA	Production	Marges
Agriculture	-0.05	-0.15	-0.10	0.00
Chimie inorganique	-0.05	-0.35	-0.10	-2.15
Chimie organique	-0.25	-0.75	-0.35	-1.75
Plastiques	-0.05	-0.10	-0.10	-0.05
Metallurgie	-0.05	-0.10	-0.10	-0.05
Construction	0.00	-0.05	-0.05	0.00
Transport ferroviaire	0.20	0.25	0.25	0.10
Fret routier	-0.20	-0.40	-0.35	-0.15
Transport aérien	-0.10	-0.25	-0.20	-0.20
Services	-0.10	-0.15	-0.15	0.00

Comparison with MESANGE: Permanent decrease of employers' social taxes by 1% of GDP

		ThreeME (WS)			MESANGE		
		Year 1	Year 3	Year 5	Year 1	Year 3	Year 5
GDP (volume)	(a)	0.04	0.27	0.52	0.25	0.87	1.06
Household consumption	(a)	0.03	0.30	0.59	0.35	1.37	1.45
Investment	(a)	-0.04	0.05	0.26	0.61	1.02	1.16
Balance of trade	(c)	-0.03	-0.08	-0.12	-0.12	-0.24	-0.14
Employment	(d)	11	63	129	84	265	268
Unemployment rate	(b)	-0.04	-0.26	-0.55	-0.35	-1.09	-1.09
CPI	(a)	-0.34	-0.97	-1.48	-0.24	-1.27	-1.61
Real wage	(a)	-0.08	-0.10	0.00	0.37	1.21	1.52
Real labor costs	(a)	-1.66	-1.54	-1.38	-2.12	-1.42	-1.01
Primary balance	(c)	-0.13	-0.15	-0.07	-0.84	-0.32	-0.30

Comparison with MESANGE: Permanent decrease of employers' social taxes by 1% of GDP

		ThreeME (WS)		MESANGE	
		Year 10	Year 35	Year 10	Year 35
GDP (volume)	(a)	0.90	0.77	1.18	1.43
Household consumption	(a)	0.94	0.65	1.54	1.82
Investment	(a)	0.77	0.67	1.10	1.46
Balance of trade	(c)	-0.13	-0.03	-0.01	0.05
Employment	(d)	248	244	257	276
Unemployment rate	(b)	-1.11	-0.99	-1.05	-1.13
CPI	(a)	-2.14	-1.91	-1.93	-1.98
Real wage	(a)	0.44	0.46	1.95	2.43
Real labor costs	(a)	-0.89	-0.91	-0.45	0.01
Primary balance	(c)	0.10	0.03	-0.30	-0.18

Correspondence between adaptive anticipations and ECM

- The adaptive anticipations specification used in ThreeME for adjustments has a directly equivalent specification as an Error Correction Model
- Thus, the following system:

$$\ln(X_t) = \lambda_0^X * \ln(X_t^n) + (1 - \lambda_0^X) * (\ln(X_{t-1}) + \Delta \ln(X_t^e))$$

$$\Delta \ln(X_t^e) = \lambda_1^X * \Delta \ln(X_{t-1}^e) + \lambda_2^X * \Delta \ln(X_{t-1}) + \lambda_3^X * \Delta \ln(X_t^n)$$

can be rewritten simply under ECM form as:

$$\Delta \ln(X_t) = \alpha_1 * \Delta \ln(X_{t-1}) + \alpha_2 * \Delta \ln(X_t^n) - \alpha_3 * \ln\left(\frac{X_{t-1}}{X_{t-1}^n}\right)$$

provided we impose the following constraints on λ^X :

$$\lambda_0^X = \alpha_3, \lambda_1^X = 0, \lambda_2^X = \alpha_1 / (1 - \alpha_3), \lambda_3^X = (\alpha_2 - \alpha_3) / (1 - \alpha_3)$$