

Séminaire de la plateforme de modélisation de la Chaire MPDD

# Déterminants des coûts de la transition bas carbone dans les modèles de prospective

Déterminants des coûts dans les modèles macroéconomiques : illustration avec le modèle ThreeME

Frédéric Reynes (OFCE / NEO)

4 mars 2020

# Plan de la présentation

- Principales caractéristiques du modèle ThreeME
- Déterminants des coûts dans ThreeME
- Autres déterminants

# ThreeME: principales caractéristiques

# ThreeME

- **M**odèle **M**acroéconomique **M**ultisectoriel d'**E**valuation des politiques **E**nergétiques et **E**nvironnementales
- Développé depuis 2008 (ADEME, OFCE, NEO)
- Initialement conçu pour évaluer les **impacts macroéconomiques** de la **transition énergétique** en France
- Construit à partir d'une base de données de type entrée-sortie (input-output), augmentée d'un **bouclage macroéconomique**
- Modèle macroéconomique **multisectoriel** de type **neo-keynésien**
- Comparable aux modèles de prévisions macroéconomiques mais multisectoriel (Mesange de l'INSEE et du trésor)

# Une désagrégation sectorielle détaillée

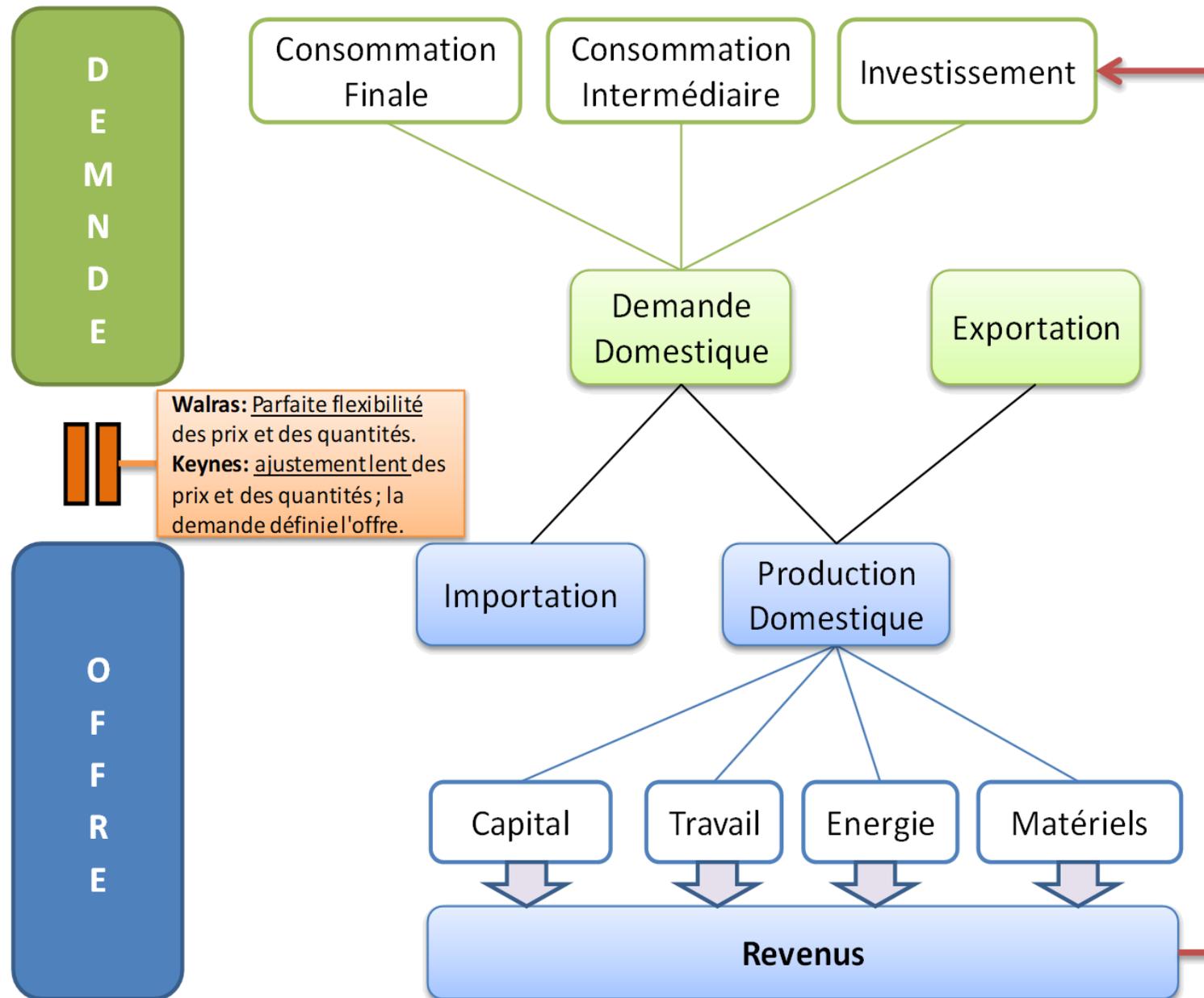
- n secteurs
  - France: 24 secteurs de production et 17 sous-secteurs énergétiques
- Le modèle tient compte de l'effet du transfert d'activité d'une branche à l'autre sur :
  - l'emploi, du fait d'intensité en emploi différente
  - l'investissement, du fait d'intensité en capital différente
  - les consommations énergétiques, du fait d'intensité énergétique différente
  - la balance commerciale du fait de propension à importer/exporter différente
- ThreeME permet donc de mesurer l'impact sur la demande et la croissance

# Un focus spécifique sur l'énergie

- La désagrégation énergétique permet de modéliser les arbitrages énergétiques des agents:
  - Les entreprises peuvent arbitrer entre différents investissements énergétiques
    - Substitution **capital/énergie** lorsque le prix relatif de l'énergie augmente
    - Substitution entre sources d'**énergie**
    - Substitution entre **transports**
  - Consommateurs
    - Substitution entre **capital & énergie**
    - Substitution entre source d'**énergie**
    - Substitution entre **transports**
    - Substitution entre **bien**

# Modèle d'Equilibre Général Calculable (CGE)

- **C**alculable: simulation numérique
- **G**énéral: prend en compte les interactions entre les marchés
  - L'offre et la demande s'influencent mutuellement
- **E**quilibre: l'offre est égale à la demande sur tous les marchés (bien, facteurs de production)
  
- Structure d'un modèle CGE (voir Figure):
  - Demande (Consommation, investissement) définit l'offre (production)
  - L'offre définit en retour la demande via les revenus générés par les facteurs de production



# Un modèle CGE néo-keynésien

- Ajustement lent des prix et des quantités vers l'optimum
  - Coûts d'ajustement
  - Les prix n'équilibrent pas instantanément l'offre et la demande
  - Les entreprises ajustent leur production à la demande plutôt que leur prix
- Situations de déséquilibre entre l'offre et la demande
  - Equilibre de sous-emploi possible: chômage involontaire
- Concurrence imparfaite (oligopolistique)
  - Prix défini comme un taux de marge sur les coûts de production
  - Qui intègrent les coûts des consommations intermédiaires (matériaux et énergie), du travail et du capital

# Un modèle CGE néo-keynésien

- Salaires déterminés par une courbe *Wage Setting* (WS)
  - Courbe de Phillips: les salaires augmentent avec l'inflation et diminuent avec le chômage
  - Les salaires n'égalisent pas instantanément l'offre et la demande de travail
  - Équilibre de sous-emploi permanent possible: théorie du NAIRU / taux de chômage d'équilibre
- L'investissement n'est pas prédéterminé par l'épargne
  - Effets d'éviction limités du fait des mécanismes de crédit bancaire
  - L'augmentation des investissements dans un secteur n'est pas nécessairement obtenue par une diminution des investissements dans d'autres secteurs
- Le taux d'intérêt n'équilibre pas instantanément l'épargne et l'investissement:
  - Défini par la Banque centrale
  - Règle de "Taylor": augmente avec l'inflation, diminue avec le chômage (proxi de l'output gap)

# ThreeME : déterminants des coûts

# Point de départ: la formation des prix

Notional production price of sector  $s$

$$PY_s^n = CU_s^n (1 + \mu_s)$$

Taux de marge sur les coûts de production

Notional unit cost of production in sector  $s$

$$CU_s^n Y_s = \sum_f C_{f,s} F_{f,s}^n + NTAX S_s^{VAL}$$

Coûts des facteurs de production et des taxes sur les profits

Notional mark-up of the sector  $s$  (specification 1)

$$\Delta (\log (1 + \mu_s^n)) = \rho^{\mu, Y} \Delta (\log CUR_s)$$

Sensibilités des marges (profits) aux tensions entre l'offre et la demande

# Gains de productivité

- Réduisent les coûts unitaires de production via la demande de facteur

Demand for production factor  $f$  by sector  $s$

$$\Delta (\log F_{f,s}^n) = \Delta (\log Y_s) - \Delta (\log PROG_{f,s}) + \Delta (SUBST_{f,s}^F)$$

- Baisse de l'intensité énergétique:  $E/Y$
- Gains d'efficacité énergétique endogènes et irréversibles
  - La hausse du prix de l'énergie augmente la rentabilité des innovations techniques d'efficacité énergétique

Energy efficiency gains in sector  $s$

$$g_{E,s}^{PROG} = g_{E,s,t_0}^{PROG} + \rho^{PROG,E,PE} \cdot (\log PE_s - \log P) > 0$$

# Tensions entre l'offre et la demande

- Le taux de marge désiré par les entreprises sensible aux tensions entre l'offre et la demande

Notional mark-up of the sector  $s$  (specification 1)

Capacity utilization ratio of the sector  $s$

$$\Delta (\log (1 + \mu_s^n)) = \rho^{\mu, Y} \cdot \Delta (\log CUR_s)$$

$$CUR_s = \frac{Y_s}{YCAP_s}$$

- Deux interprétations:
  - Hausse des prix (profits) en faisant jouer la concurrence entre les clients
  - Hausse du coût marginal de production pour satisfaire le surplus de production avec des capacités de production insuffisantes
- Effet temporaire
  - Le temps que les capacités de production optimales s'ajustent

# Du prix de base au prix d'acquisition

Price of domestically produced commodity  $c$ , expressed at market price

$$PYQS_c YQS_c = PYQ_c YQ_c + PMGPD_c MGPD_c + NTAXCD_c^{VAL} \quad (5.3.30)$$



- Coût pour l'utilisateur final inclut aussi les marges (commerciales et de transport) et les taxes

# Marges de transports et commerciales

- Coût des produits augmente avec les hausses des frais de transports
  - Hausse des prix des carburants
  - Hausse des distances parcourues entre le lieu de production et de vente
- Substitutions entre marges de transport possibles
  - En fonction des prix relatifs entre les types de transports
  - En favorisant le transport de marchandise par train plutôt que par route

# La fiscalité

- Sur les produits
  - TVA
  - Taxes énergétiques, taxe carbone
  - Subventions sur les produits
- Sur la production et les facteurs de production
  - Impôts sur les profits
  - Subventions à la production
  - Cotisations employeurs

# Coût du travail

- Formation des salaires: courbe Wage Setting (WS) / de Phillips

Notional wage in sector  $s$

$$\begin{aligned} \Delta (\log W_s^n) = & \rho_s^{W,Cons} + \rho_s^{W,P} \Delta (\log P) + \rho_s^{W,Pe} \Delta (\log P^e) \\ & + \rho_s^{W,PROG} \Delta (\log PROG_s^L) - \rho_s^{W,U} (UnR - DN AIRU) \\ & - \rho_s^{W,DU} \Delta (UnR) + \rho_s^{W,L} \Delta (\log F_{L,s} - \log F_L) \end{aligned}$$

- Tensions inflationnistes via la boucle prix – salaires
  - Théorie du Taux de chômage d'équilibre ou du NAIRU

$$NAIRU = \frac{\rho_s^{W,Cons} + (1 - \rho_s^{W,P} - \rho_s^{W,Pe}) * \Delta (\log P) + (1 - \rho_s^{W,PROG}) * \Delta (\log PROG_s^L)}{\rho_s^{W,U}}$$

# Coût du capital

- Dans certains CGE walrasiens, confusion entre coût du capital et profit
  - Hypothèse de concurrence parfaite : Taux de marge = 0
  - Le prix du capital, parfaitement flexible, égalise instantanément l'offre de capital (exogène) et la demande de capital (dérivée de la fonction de production et de la minimisation des coûts de production)
- Inconvénients dans un modèle multi-sectoriel
  - Introduction d'une hétérogénéité artificielle entre les secteurs concernant le coût du capital → Basée uniquement sur les profits réalisés à l'année de base
  - Affectation de l'investissement entre les secteurs en fonction de cette différence de rentabilité (e.g. MONASH model)
  - Impact sur les substitutions capital – énergie entre secteurs via la part du capital dans les coûts

# Coût d'usage du capital

Capital cost in sector  $s$

$$C_{K,s} = PK_s (\delta_s + r_s)$$

- Plusieurs interprétations théoriques du taux d'intérêt
  - Capital financé entièrement par crédit bancaire
  - Coût d'opportunité si investissement entièrement auto-financé
  - Rendement exigé par les actionnaires
- Le prix du capital n'est pas le prix de l'investissement !
  - Il faut tenir compte de la durée de vie de l'équipement

Price of capital in sector  $s$

$$PK_s F_{K,s} = (1 - \delta_s) PK_{s,t-1} F_{K,s,t-1} + PI_s I_s$$

# Mécanismes d'ajustements

- Lenteurs d'ajustements ont un impact sur la propagation des coûts

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

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

- Où  $X_t$  est la valeur effective de la variable  $X$ ,  $X_t^n$  est son niveau notionnel,  $X_t^e$  sa valeur anticipée

# Les anticipations

- Adaptatives (backward-looking) versus rationnelles (backward-looking avec parfaite information)

**Expected production price of sector  $s$**

$$\Delta (\log PY_s^e) = \alpha_s^{1,PY} \Delta (\log PY_{s,t-1}^e) + \alpha_s^{2,PY} \Delta (\log PY_{s,t-1}) + \alpha_s^{3,PY} \Delta (\log PY_s^n)$$

**Expected inflation.**

$$\Delta (\log P^e) = \alpha^{Pe,P1} . \Delta (\log P_{t-1}) + (1 - \alpha^{Pe,P1}) . \Delta (\log P_{t-1}^e)$$

- Possibilité de combiner adaptatif et rationnel

$$\Delta (\log X_t^e) = \alpha^{1,X} \Delta (\log X_{t-1}^e) + \alpha^{2,X} \Delta (\log X_{t-1}) + \alpha^{3,X} \Delta (\log X_t^n) + \alpha^{4,X} \Delta (\log X_{t+1})$$

# Coût (d'usage) de l'énergie et anticipation

- Agent myope: **Energy costs in sector  $s$**   
 $C_{E,s} = PE_s$
- Agent rationnel prendra en compte le coût anticipé moyen (éventuellement actualisé) sur la durée de vie de l'équipement
  - Prise en compte des hausses anticipées du prix de l'énergie
  - Optimisation intertemporelle
  - Coût d'usage énergétique du capital

$$C_{E,s} = PE_s \frac{\left( \left( 1 + g_s^{PE,e} \right)^{1/\delta_s} \right) - 1}{g_s^{PE,e} / \delta_s}$$

# Signaux – prix

- Modélisation de l'impact d'une norme
  - Compte tenu des technologies disponibles (approximées par la fonction de production et son niveau d'élasticité de substitution), hausse du prix qui serait nécessaire pour atteindre une cible de la consommation d'énergie
- Shadow cost qui permet de calculer le coût de l'investissement nécessaire pour atteindre la cible

Demand for production factor  $f$  by sector  $s$

$$\Delta (\log F_{f,s}^n) = \Delta (\log Y_s) - \Delta (\log PROG_{f,s}) + \Delta (SUBST_{f,s}^F) \quad (5.4.8)$$

Notional substitution between input  $f$  and the other inputs  $ff$

$$\Delta (SUBST_{f,s}^{F,n}) = \sum_{ff} -ES_{f,ff,s} \varphi_{ff,s,t-1} \Delta \left( \log \frac{C_{f,s}}{PROG_{f,s}} - \log \frac{C_{ff,s}}{PROG_{ff,s}} \right) \quad (5.4.9)$$

augmenté du signal

## Autres déterminants

# Shadow prices

- Rente à la Hotelling

- Hotelling, H., 1931. The Economics of Exhaustible Resources. The Journal of Political Economy 39 (2), 137-175
- Une ressource finie permet au producteur un « jeux » stratégique intertemporel avec la demande en décidant de la date et la de vitesse d'extraction

$$P_t(\bullet) \left( 1 + \frac{q_{it}}{\varepsilon_t^o q_t^c} \right) = C_{q_{it}}(\bullet) + \lambda_{it} + \mu_{it} + \kappa_{it} + \omega_{it}$$

The diagram illustrates the Hotelling rule equation. The equation is  $P_t(\bullet) \left( 1 + \frac{q_{it}}{\varepsilon_t^o q_t^c} \right) = C_{q_{it}}(\bullet) + \lambda_{it} + \mu_{it} + \kappa_{it} + \omega_{it}$ . A red box highlights the right-hand side terms  $\lambda_{it} + \mu_{it} + \kappa_{it} + \omega_{it}$ . Three callout boxes are present: 'Taux de marge oligopolistique' points to the term  $\left( 1 + \frac{q_{it}}{\varepsilon_t^o q_t^c} \right)$ ; 'Coût marginal' points to  $C_{q_{it}}(\bullet)$ ; and 'Shadows prices' points to the red box. Below the 'Shadows prices' box is the text 'Cas simple: croît comme le taux d'actualisation'.

- Okullo, S.J., Reynès, F., 2011. Can reserve additions in mature crude oil provinces attenuate peak oil? Energy 36, 5755–5764.
- Okullo, S.J., Reynès, F., Hofkes, M., 2015. Modeling peak oil and the geological constraints on oil production. Resour. Energy Econ. 40, 36–56.
- Okullo, S.J., Reynès, F., 2016. Imperfect Cartelization in OPEC, Energy Economics 60.

# Coûts du changement climatique

- Introduction d'une fonction de dommages (modèle DICE)
  - Hwang I. C., Reynes F., Tol R. S. J., 2013. Climate Policy Under Fat-Tailed Risk: An Application of Dice, Environmental and Resource Economics, 56.
  - Hwang I. C., Reynes F., Tol R. S. J., 2017. The effect of learning on climate policy under fat-tailed risk, Resource and Energy Economics 48.
  - **Inconvénients:**
    - Impact au niveau mondial agrégé
    - Des hypothèses très stylisées sur le lien entre dommages et température
- Etudes sur l'évaluation des impacts au niveau régional/pays
  - **Etude de l'ADEME en cours dans le cas de la France**
  - **Mais manques d'études au niveau mondial**
    - Burke, Hsiang & Miguel, 2015. Global non-linear effect of temperature on economic production, Nature 527, 235-250

Merci !

&

Questions?