



Coûts d'abattement des émissions

Notions et choix de modélisation dans IMACLIM

Jean-Charles Hourcade, Frédéric Gherzi, CNRS

Julien Lefèvre, AgroParistech

De quoi parle-t-on ?

Une taxonomie des coûts d'abattement

- Quatre niveaux d'appréhension des coûts
 - Les **coûts techniques ex-ante** (dépenses encourues) perçus lors du choix des options
 - Les **coûts techniques ex-post** après intégration des interdépendances techniques et économiques (taux d'utilisation, propagation des coûts, modification des prix relatifs ex-post des 'facteurs de production')
 - Les **coûts macroéconomiques** : emploi, PIB, endettement
 - Les **coûts sociaux** : pouvoir d'achat, impacts distributifs, 'bien-être'
- Deux notions transversales à ne pas perdre de vue
 - La distinction entre coût marginal et coût moyen
 - La distinction entre traitement 'dans le certain' et 'sous-incertitude' (très fortement ignorée dans les derniers rapports du GIEC)

Coûts techniques *ex-ante*

Au-delà d'un simple achat 'sur catalogue'

Les coûts vus *ex-ante* par les acteurs économiques

Microéconomie des arbitrages énergie/équipement

- Entreprises et ménages sélectionnent les techniques en minimisant le coût d'un même 'service énergétique' sur la durée de vie des équipements
- **Coûts variables** annuels $\sum p_j \alpha_j + w (1 + \tau_{Li}) l$ anticipés tout au long de la durée de vie
- **Coûts fixes annualisés** $r k$. À ce niveau d'abstraction k 'devrait' inclure les **coûts de transaction** et r le **risque perçu** par les prêteurs. IMACLIM englobe les deux dans r .
- **Le coût total annualisé** est la somme des coûts variables et des coûts fixes

$$\forall \text{ option } i \quad c_i = \sum p_{ji} \alpha_{ji} + w_i (1 + \tau_{Li}) l_i + r_i k_i$$

- Le chronogramme des coûts est ramené au présent par l'**actualisation** à un taux qui exprime le 'coût d'opportunité des capitaux' (profit espéré en équivalent certain)

Coûts techniques *ex-post*

Interdépendances et propagation des coûts de production

Coûts et prix moyens dans IMACLIM

- Le cœur macro du modèle décrit la formation des prix moyens
 - Le **prix du producteur** est égal au coût moyen augmenté d'une marge
 $\forall \text{ bien } i \quad p_i = \left(\sum p_{ji} \alpha_{ji} + w_i (1 + \tau_{Li}) l_i + r_i k_i \right) (1 + \pi_i)$
 - Les **prix aux consommateurs** sont augmentés d'impôts et subventions sur produits ainsi que de marges de transport et de commerce variables selon les consommateurs pour les biens énergétiques (hybridation)
 $\forall \text{ bien } i \quad p_{ij} = p_i \left(1 + \tau_{MC_i} + \tau_{MT_i} + \tau_{MS_{ij}} \right) + t_{ij}$ pour l'entreprise j
 $\forall \text{ bien } i \quad p_{Ci} = \left(p_i \left(1 + \tau_{MC_i} + \tau_{MT_i} + \tau_{MSC_i} \right) + t_{Ci} \right) (1 + \tau_{TVAi})$ pour les ménages
- Les confrontations offre/demande induisent des évolutions de l'ensemble des prix relatifs (p_{ji}, w_i, r_i) qui rétroagissent sur les 'technologies' (α_{ji}, l_i, k_i)

Propagation des variations de structures de coût et de prix dans un cadre entrées-sorties domestique simplifié

	Secteur 1	Secteur 2	Energie	Cons.	FBCF	Total
Secteur 1	$p_1 \alpha_{11} Y_1$	$p_1 \alpha_{12} Y_2$	$p_1 \alpha_{1E} Y_E$	$p_1 C_1$	$p_1 I_1$	$p_1 Y_1$
Secteur 2	$p_2 \alpha_{21} Y_1$	$p_2 \alpha_{22} Y_2$	$p_2 \alpha_{2E} Y_E$	$p_2 C_2$	$p_2 I_2$	$p_2 Y_2$
Énergie	$p_E \alpha_{E1} Y_1$	$p_E \alpha_{E2} Y_2$	$p_E \alpha_{EE} Y_E$	$p_E C_E$	0	$p_E Y_E$
Valeur ajoutée	$w_1 l_1 Y_1$	$w_2 l_2 Y_2$	$w_E l_E Y_E$			
	$r_1 k_1 Y_1$	$r_2 k_2 Y_2$	$r_1 k_1 Y_E$			
Total	$p_1 Y_1$	$p_2 Y_2$	$p_E Y_E$			

Propagation des variations de structures de coût et de prix dans un cadre entrées-sorties domestique simplifié

	Secteur 1	Secteur 2	Energie	Cons.	FBCF	Total
Secteur 1	$p_1 \alpha_{11} Y_1$	$p_1 \alpha_{12} Y_2$	$p_1 \alpha_{1E} Y_E$	$p_1 C_1$	$p_1 I_1$	$p_1 Y_1$
Secteur 2	$p_2 \alpha_{21} Y_1$	$p_2 \alpha_{22} Y_2$	$p_2 \alpha_{2E} Y_E$	$p_2 C_2$	$p_2 I_2$	$p_2 Y_2$
Énergie	$p_E \alpha_{E1} Y_1$	$p_E \alpha_{E2} Y_2$	$p_E \alpha_{EE} Y_E$	$p_E C_E$	0	$p_E Y_E$
Valeur ajoutée	$w_1 l_1 Y_1$	$w_2 l_2 Y_2$	$w_E l_E Y_E$			
	$r_1 k_1 Y_1$	$r_2 k_2 Y_2$	$r_1 k_1 Y_E$			
Total	$p_1 Y_1$	$p_2 Y_2$	$p_E Y_E$			

Les choix techniques modifient les technologies moyennes...

Propagation des variations de structures de coût et de prix dans un cadre entrées-sorties domestique simplifié

	Secteur 1	Secteur 2	Energie	Cons.	FBCF	Total
Secteur 1	$p_1 \alpha_{11} Y_1$	$p_1 \alpha_{12} Y_2$	$p_1 \alpha_{1E} Y_E$	$p_1 C_1$	$p_1 I_1$	$p_1 Y_1$
Secteur 2	$p_2 \alpha_{21} Y_1$	$p_2 \alpha_{22} Y_2$	$p_2 \alpha_{2E} Y_E$	$p_2 C_2$	$p_2 I_2$	$p_2 Y_2$
Énergie	$p_E \alpha_{E1} Y_1$	$p_E \alpha_{E2} Y_2$	$p_E \alpha_{EE} Y_E$	$p_E C_E$	0	$p_E Y_E$
Valeur ajoutée	$w_1 l_1 Y_1$	$w_2 l_2 Y_2$	$w_E l_E Y_E$			
	$r_1 k_1 Y_1$	$r_2 k_2 Y_2$	$r_1 k_1 Y_E$			
Total	$p_1 Y_1$	$p_2 Y_2$	$p_E Y_E$			

...et la pression sur les marchés des facteurs primaires donc leurs prix...

Propagation des variations de structures de coût et de prix dans un cadre entrées-sorties domestique simplifié

	Secteur 1	Secteur 2	Energie	Cons.	FBCF	Total
Secteur 1	$p_1 \alpha_{11} Y_1$	$p_1 \alpha_{12} Y_2$	$p_1 \alpha_{1E} Y_E$	$p_1 C_1$	$p_1 I_1$	$p_1 Y_1$
Secteur 2	$p_2 \alpha_{21} Y_1$	$p_2 \alpha_{22} Y_2$	$p_2 \alpha_{2E} Y_E$	$p_2 C_2$	$p_2 I_2$	$p_2 Y_2$
Énergie	$p_E \alpha_{E1} Y_1$	$p_E \alpha_{E2} Y_2$	$p_E \alpha_{EE} Y_E$	$p_E C_E$	0	$p_E Y_E$
Valeur ajoutée	$w_1 l_1 Y_1$	$w_2 l_2 Y_2$	$w_E l_E Y_E$			
	$r_1 k_1 Y_1$	$r_2 k_2 Y_2$	$r_1 k_1 Y_E$			
Total	$p_1 Y_1$	$p_2 Y_2$	$p_E Y_E$			

...ce qui redéfinit les prix des producteurs...

Propagation des variations de structures de coût et de prix dans un cadre entrées-sorties domestique simplifié

	Secteur 1	Secteur 2	Energie	Cons.	FBCF	Total
Secteur 1	$p_1 \alpha_{11} Y_1$	$p_1 \alpha_{12} Y_2$	$p_1 \alpha_{1E} Y_E$	$p_1 C_1$	$p_1 I_1$	$p_1 Y_1$
Secteur 2	$p_2 \alpha_{21} Y_1$	$p_2 \alpha_{22} Y_2$	$p_2 \alpha_{2E} Y_E$	$p_2 C_2$	$p_2 I_2$	$p_2 Y_2$
Énergie	$p_E \alpha_{E1} Y_1$	$p_E \alpha_{E2} Y_2$	$p_E \alpha_{EE} Y_E$	$p_E C_E$	0	$p_E Y_E$
Valeur ajoutée	$w_1 l_1 Y_1$ $r_1 k_1 Y_1$	$w_2 l_2 Y_2$ $r_2 k_2 Y_2$	$w_E l_E Y_E$ $r_1 k_1 Y_E$			
Total	$p_1 Y_1$	$p_2 Y_2$	$p_E Y_E$			

...qui rétroagissent sur les coûts

Déterminants de la propagation intersectorielle des coûts

- Les marges et leur évolution
 - Les hausses de coûts sont-elles répercutées dans les prix (*pass-through*) ou absorbées par l'ajustement des marges ?
- Les politiques publiques
 - Taxe ou mise aux enchères de quotas \Rightarrow rentrées budgétaires \Rightarrow ajustement à la baisse d'autres fiscalités pour contenir les hausses de coûts
 - Politiques réglementaires \Rightarrow capture de rente par le producteur qui tarifie au coût marginal
- Le taux d'utilisation des capacités
 - Coût marginal net \Rightarrow différence entre le gain d'une meilleure utilisation des capacités et la hausse des coûts variables au fur et à mesure que l'on s'approche de la saturation des capacités

Marges et propagation intersectorielle des coûts

Variation des prix de production pour une taxe carbone de 100€/tCO₂ selon deux hypothèses sur les marges

	Industries lourdes	BTP	Industrie automobile	Transport fret	Transport passager	Agriculture Agro-indus.	Autres secteurs
Taux de marge constant	+4.2%	+0.8%	+0.9%	+8.0%	+4.2%	+2.3%	+0.9%
Marge unitaire constante	+3.8%	+0.7%	+0.8%	+7.8%	+4.1%	+2.0%	+0.7%

Source : simulateur en ligne <https://dialogues-developpement-climat.fr/>

Politiques publiques et propagation intersectorielle des coûts

Variation des prix de production pour une taxe carbone de 100€/tCO₂ selon deux hypothèses de rétrocession des montants prélevés (à taux de marge constants)

	Industries lourdes	BTP	Industrie automobile	Transport fret	Transport passager	Agriculture Agro-indus.	Autres secteurs
Chèque vert	+4.2%	+0.8%	+0.9%	+8.0%	+4.2%	+2.3%	+0.9%
Baisse cotisations sociales	+2.6%	-1.1%	-0.7%	+6.1%	+2.2%	+0.6%	-1.2%

Source : simulateur en ligne <https://dialogues-developpement-climat.fr/>

Quand les effets d'équilibre général sur une trajectoire changent l'ordre de mérite des technologies

Soit l'équation du coût d'une technique, il n'est pas difficile de voir par quel canal les rétroactions macros introduisent une incertitude dans la fixation des coûts réels

$$p_i = \Omega \left(\sum p_{ji} \alpha_{ji} + w_i (1 + \tau_{Li}) l_i + r \cdot ha + i k \right) (1 + \pi_i)$$

Taux
d'utilisation
des capacités

Prix des
énergies
fossiles
taxes
comprises

Salaires

Prix du
foncier ou de
l'immobilier

Taux
d'intérêt

Quand les effets d'équilibre général changent l'ordre de mérite des technologies : un exemple sur l'Europe

Europe en 2030 dans un scénario compatible 2°C

	Carbon price only	Smart recycling		
Carbon tax USD/tCO2	217	415		
GDP variation wrt BAU	-2.60%	+0.10%		
Power generation investment (trillion USD)			Share in Total	
Renewables	21.39	25.10	29%	76%
Nuclear	7.45	8.08	10%	24%
Other	45.83	0.00	61%	0%
Total	74.67	33.18	100%	100%

Des coûts microéconomiques aux coûts macroéconomiques

Quatre canaux de propagation macroéconomiques

- Les **politiques publiques** incitatives directes et indirectes, prix et non-prix, modifient l'endettement public ou induisent des ajustements fiscaux qui rétroagissent sur l'activité
- Les **impacts distributifs** affectent le comportement agrégé d'épargne et d'investissement y compris par effet revenu suite au déclassement d'actifs carbonés
- Les **impacts sur la balance commerciale** directs et indirects provoquent—ou non—des ajustements des taux de change qui rétroagissent sur les pouvoirs d'achat domestiques
- Les besoins en investissement ont un **effet d'éviction** de l'investissement productif et un impact sur la productivité globale

Déterminants des coûts macroéconomiques

Des paramètres à des niveaux divers d'observabilité

- Distorsions induites par les taxes et subventions préexistantes
- Contraintes sur la mobilité des facteurs, inerties des élasticités de substitution pour les technologies non renseignées par l'ingénieur
- Élasticités aux termes de l'échange des importations et des exportations : 'the international elasticity puzzle' (Fontagné, Cepii)
- Réglementations / 'imperfections' des marchés
 - Corrélation entre salaire réel et taux de chômage (wage curve, courbe de Philips, modèle WS/PS)
 - Corrélation entre taux de change effectif réel et déséquilibre commercial
 - Rapidité de mobilisation des capacités inactives

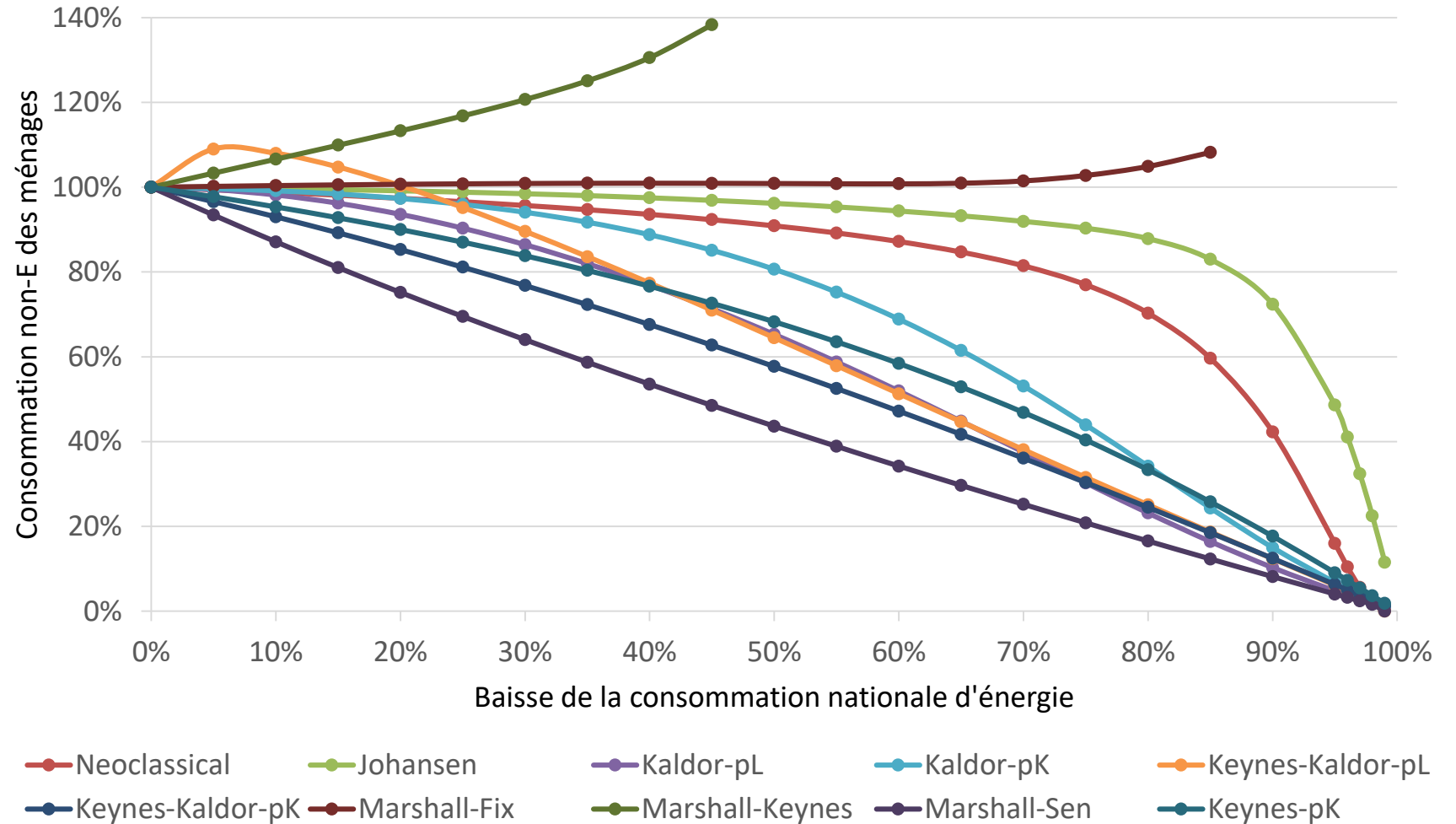
Coûts macroéconomiques et 'visions' du fonctionnement de l'économie

- Économie de l'offre ou de la demande ?
 - Économie 'néo-classique' de plein emploi des dotations en facteurs par flexibilité totale des prix
 - Économie 'néo-Keynésienne' avec chômage et taux d'utilisation des capacités < 1
 - Économie 'post-Keynésienne' où la contrainte en capital est abolie par le libre recours à l'endettement
- Pour un niveau donné d'endettement, rôle de la 'clôture macroéconomique'
 - Clôture néoclassique subordonnant l'investissement à l'épargne
 - Clôture à la Johansen subordonnant l'épargne à l'investissement...

Enjeu central : quelle 'localisation' de l'adaptabilité des économies ? Les chocs se résolvent-ils par les seuls prix relatifs ou aussi dans des déséquilibres budgétaire, commercial, des comptes courants, du marché du travail, d'utilisation des capacités ?

Coûts macroéconomiques et 'visions' du fonctionnement de l'économie

Pertes de consommation induites par la maîtrise de la demande énergétique pilotée par une taxe



Coûts macroéconomiques et politiques publiques dans un contexte 'néo-Keynésien'

Statique comparative d'une taxe carbone de 100€/tCO₂ selon quatre hypothèses d'utilisation du produit de cette taxe

	Maîtrise du déficit public	Investissements bas carbone	'Chèque vert'	Baisse des cotisations sociales
PIB (%)	-2.0	-0.86	-1.0	-0.12
Emploi (ETP)	-472	-106	- 244	+40
Déficit commercial (milliards euros)	+1.3	+8.0	+6.5	-6.8
Consommation (euros/an/ménage)	-1 277	-1 107	-323	-350

Source : simulateur en ligne <https://dialogues-developpement-climat.fr/>

Des coûts macroéconomiques aux coûts sociaux

Quelle distribution des coûts techniques et macroéconomiques?

- Distribution de l'endettement national entre ménages, administrations publiques et entreprises selon un jeu d'hypothèses supplémentaires
 - Maintien/ajustement des fiscalités directes et des revenus de transfert sous contrainte d'ajustement/de maintien des équilibres budgétaires publics
- Désagrégation du 'ménage représentatif' y c. par couplage à la micro-simulation ⇒ Gini, écarts interfractiles, pauvreté, précarité E, inégalités 'horizontales'
 - Distribution des efforts d'investissement en véhicules, équipements de chauffages, investissements de rénovation thermique subventionnés ou non
 - Distribution des variations d'activité (chômage) et de revenu par grandes sources y compris effet revenu des actifs dévalorisés (*stranded assets*)
 - Rétroactions par le comportement de consommation et d'épargne agrégé

Merci de votre attention

hourcade@centre-cired.fr

ghersi@centre-cired.fr

jlefevre@centre-cired.fr