

Rexecode

Economix

Université
Paris Nanterre



L'influence des prix de l'énergie sur la compétitivité-coût : *Une approche multisectionnelle et internationale*

Jury de thèse

Mme. Isabelle Cadoret

Mr. Denis Ferrand

Mr. Frédéric Lantz

Mr. Jacques Percebois

Mr. Lionel Ragot

Directeur de thèse: Mr. Marc Baudry

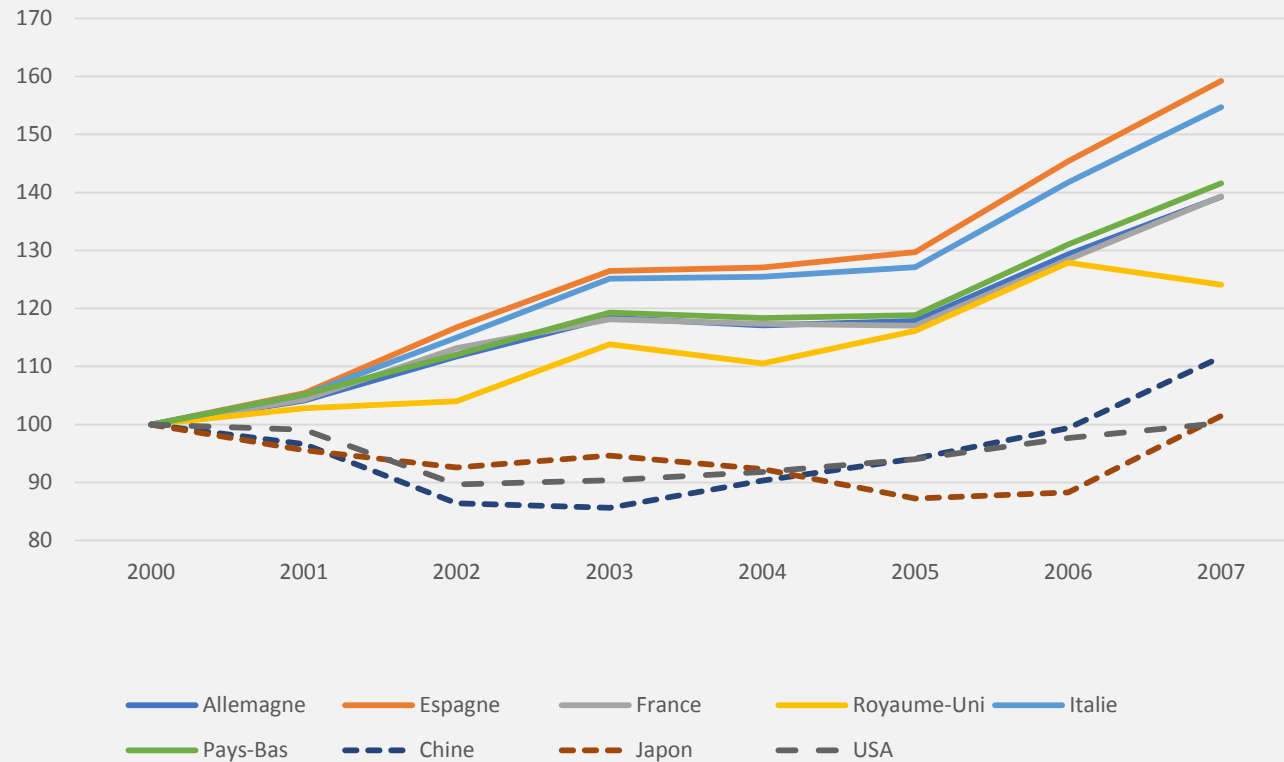
Thèse soutenue publiquement par

Bastien DUFAU

Le 20 décembre 2018 à Nanterre

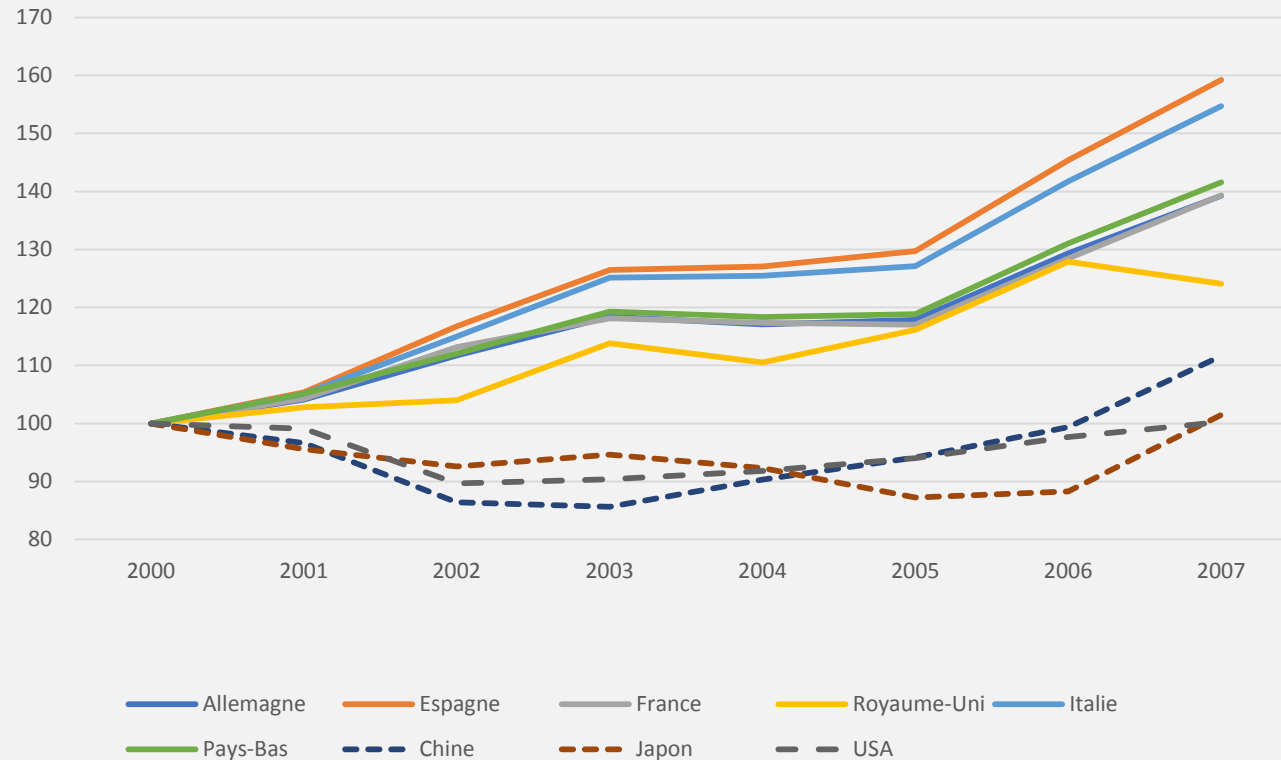
Contexte et enjeux

Evolution des coûts unitaires de production dans l'industrie manufacturière



Contexte et enjeux

Evolution des coûts unitaires de production dans l'industrie manufacturière



Une hausse des prix de l'énergie accentuerait la hausse des coûts de l'industrie européenne.



Dégraderait-elle sa compétitivité-coût?

Contexte et enjeux

Causes potentielles d'une hausse des prix de l'énergie :

- Hausse de la demande.
- Raréfaction des ressources.
- Lutte contre le réchauffement climatique.

Contexte et enjeux

Causes potentielles d'une hausse des prix de l'énergie :

- Hausse de la demande.
- Raréfaction des ressources.
- **Lutte contre le réchauffement climatique.**



Risque de passager clandestin.



Viabilité d'actions unilatérales?

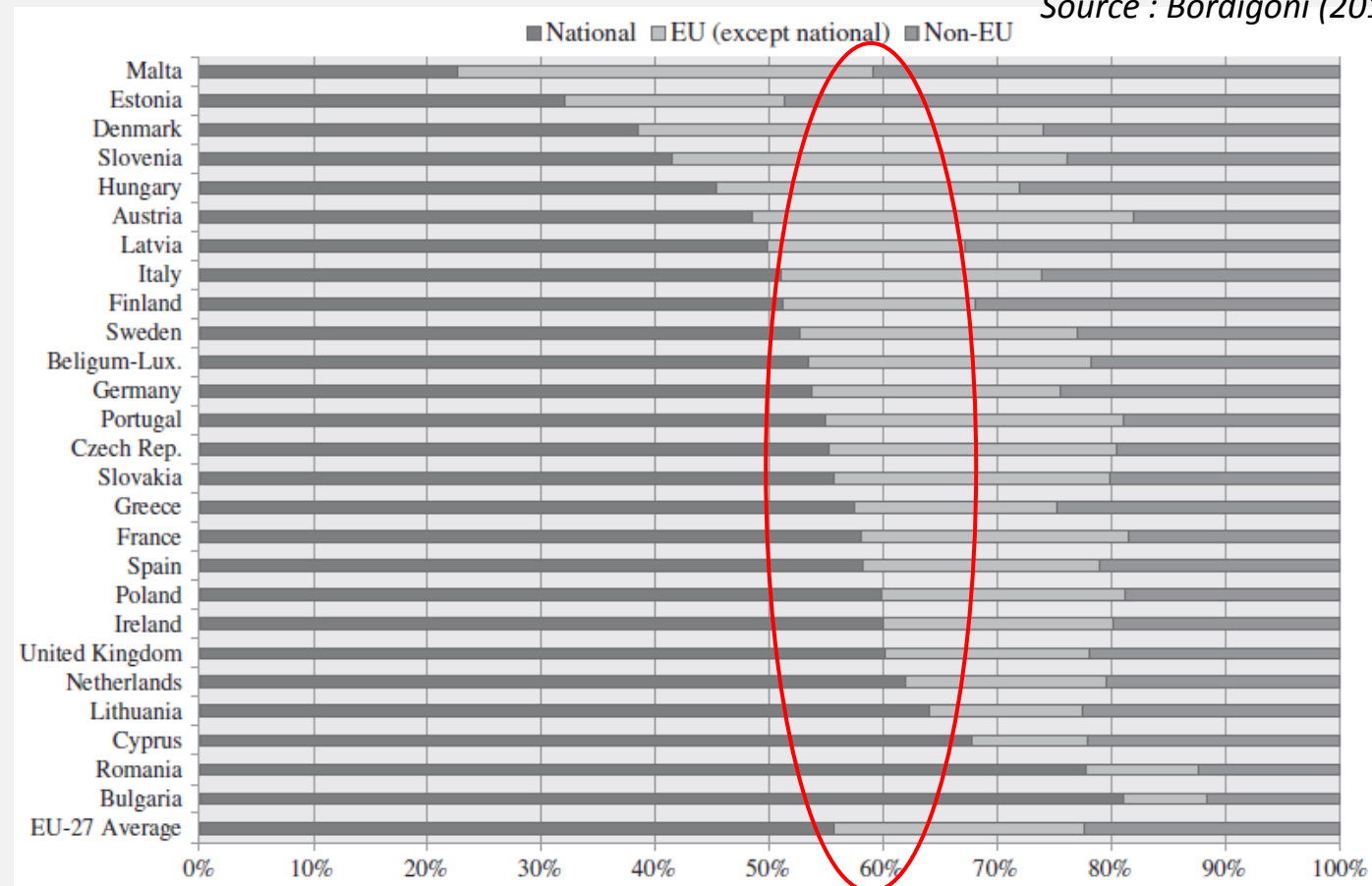
Contexte de recherche

Part des dépenses directes en énergie dans l'industrie manufacturière

	1995	2000	2008
Allemagne	4%	4%	4%
Australie	4%	3%	3%
Brésil	5%	6%	7%
Canada	4%	4%	4%
Chine	5%	5%	6%
Corée du Sud	4%	5%	5%
Espagne	4%	4%	5%
Etats-Unis	3%	4%	4%
France	5%	3%	4%
Inde	8%	8%	7%
Italie	3%	4%	5%
Japon	4%	5%	5%
Mexique	3%	3%	4%
Pays-Bas	3%	4%	5%
Pologne	5%	5%	5%
Royaume-Uni	4%	4%	6%
Russie	10%	8%	11%
Turquie	7%	5%	3%

Origine de l'énergie contenue dans la production de l'industrie européenne par pays en 2005

Source : Bordigoni (2012)



► L'énergie d'origine indirecte a, dans la plupart des secteurs, plus d'effet sur les coûts que l'énergie d'origine directe.

Objectifs de la thèse

Questionnements :

- Comment mesurer l'effet cumulé (direct et indirect) d'une hausse des prix de l'énergie sur les coûts de production ?
- Comment prendre en compte l'origine sectorielle internationale ?
- Quels sont les effets d'une taxation commune? Unilatérale?

Comment mesurer l'effet cumulé (direct et indirect) d'une hausse des prix de l'énergie sur les coûts de production ?

Choix d'une approche input-output

Avantages du recours à l'analyse input-output (Leontief, 1936) :

- Prise en compte de l'énergie indirecte.
- Fort degré de décomposition des acteurs nationaux et internationaux.
- Mise en œuvre.

Deux approches **indépendantes** :

- Analyse en quantité (prix fixes).
- Analyse en prix (quantités fixes).

Choix d'une approche input-output

Avantages du recours à l'analyse input-output (Leontief, 1936) :

- Prise en compte de l'énergie indirecte.
- Fort degré de décomposition des acteurs nationaux et internationaux.
- Mise en œuvre.

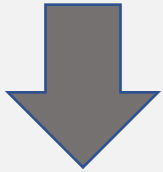
Deux approches **indépendantes** :

- Analyse en quantité (prix fixes).
- **Analyse en prix (quantités fixes).**

Apports théoriques

- Plusieurs auteurs ont récemment mesuré les effets directs et indirects d'une taxe carbone en recourant à l'analyse input-output (Mongelli et al., 2009, Bordigoni et al., 2012).

Intensité totale en CO_2 de chaque secteur (M)
 $M = CO_2 \cdot (I - A)^{-1}$



$$\Delta p = \text{taxe} \cdot M$$



Absence de substitution -
Absence de nouveaux prix et
demandes d'équilibre

Apports théoriques

- Plusieurs auteurs ont récemment mesuré les effets directs et indirects d'une taxe carbone en recourant à l'analyse input-output (Mongelli et al., 2009, Bordigoni et al., 2012).

Intensité totale en CO_2 de chaque secteur (M)

$$M = CO_2 \cdot (I - A)^{-1}$$



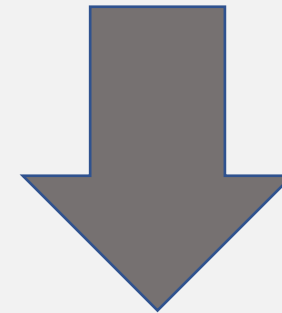
$$\Delta p = \text{taxe} \cdot M$$



Absence de substitution -
Absence de nouveaux prix et
demandes d'équilibre

- **Enjeux de la modélisation :**

- ▶ Proposer une solution permettant de prendre en compte la substitution entre facteurs de production.
- ▶ Proposer une modélisation de calcul d'équilibre post choc.



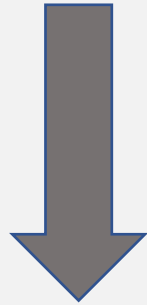
- **Objectifs :**

1. Quelles sont les fonctions de production sous-jacentes à l'AIO ?
2. Quelles fonctions de coût flexibles seraient adaptées à l'AIO ?
3. Laquelle de ces fonctions est la plus adaptée à un modèle dynamique ?

Fonctions sous-jacentes

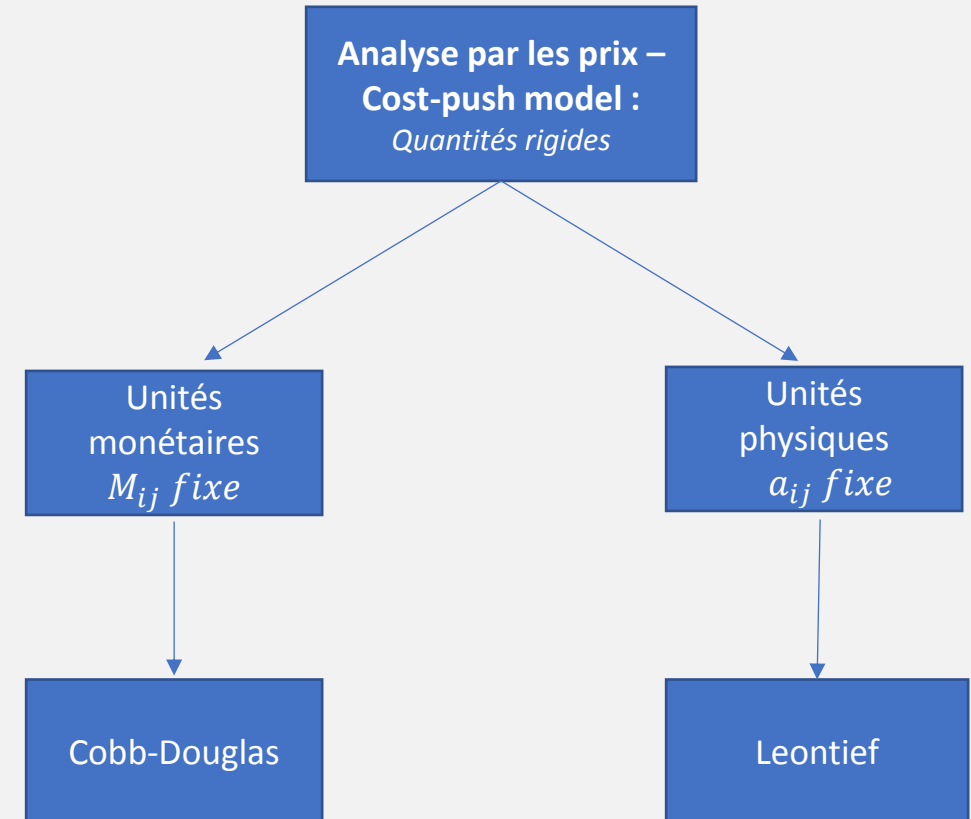
Objectifs :

1. Quelles sont les fonctions de production sous-jacentes à l'AIO ?
2. Quelles fonctions de coût flexibles seraient adaptées à l'AIO ?
3. Laquelle de ces fonctions est la plus adaptée à un modèle dynamique ?



Les hypothèses générales de l'analyse input-output :

- H1 : Rendements d'échelle constants.
- ~~H2 : Coefficients techniques fixes.~~



Les formes fonctionnelles flexibles

Objectifs :

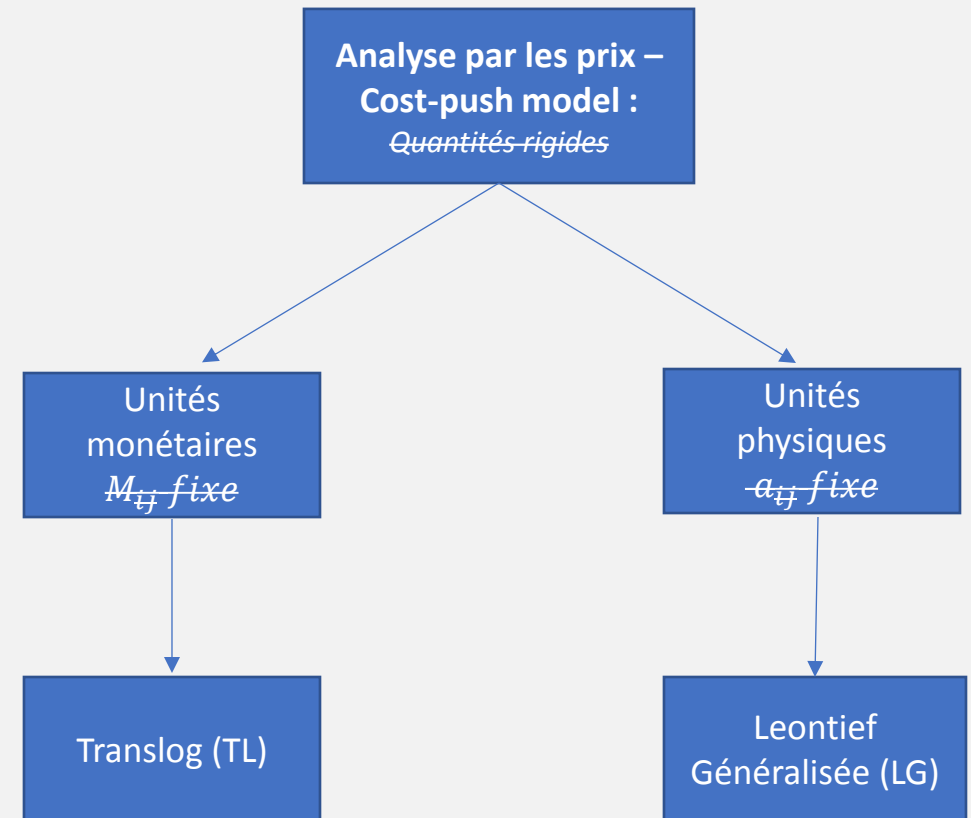
1. Quelles sont les fonctions de production sous-jacentes à l'AIO ? ✓
2. Quelles fonctions de coût flexibles seraient adaptées à l'AIO ?
3. Laquelle de ces fonctions est la plus adaptée à un modèle dynamique ?

Coefficients techniques des formes fonctionnelles

flexibles à l'équilibre :

- TL (Christensen et al., 1971) : $M_{ij} = b_i + \sum_j b_{ij} \ln p_j$

- LG (Diewert, 1973) : $a_{ij} = \sum_{j=1}^n b_{ij} p_j^{\frac{1}{2}} p_i^{-\frac{1}{2}}$

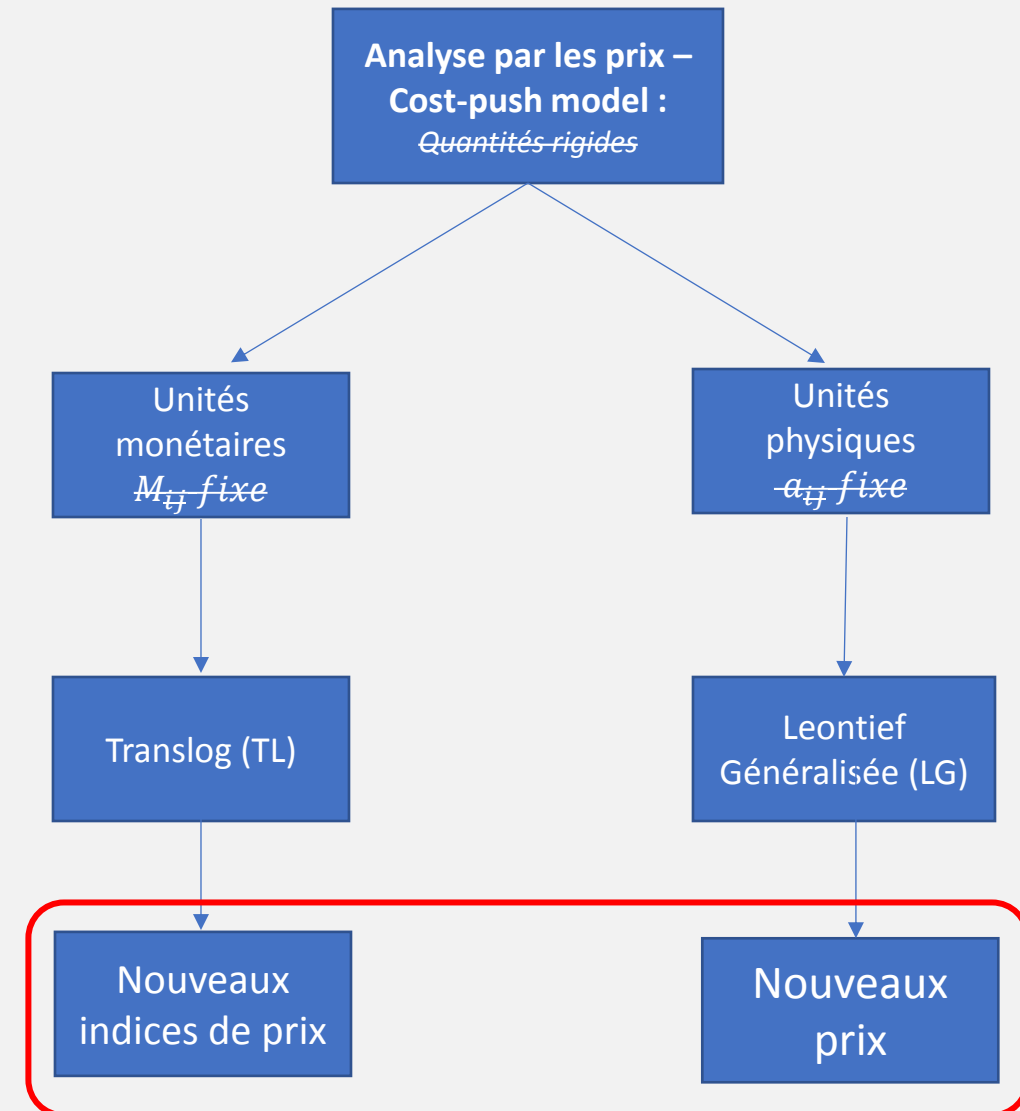


Choix de la forme adaptée

Objectifs :

1. Quelles sont les fonctions de production sous-jacentes à l'AIO ? ✓
2. Quelles fonctions de coût flexibles seraient adaptées à l'AIO ? ✓
3. **Laquelle de ces fonctions est la plus adaptée à un modèle dynamique ?**

- Raisonner en indices de prix obligerait à rebaser ceux-ci à 1 à chaque nouvelle période (De Mesnard, 2016).



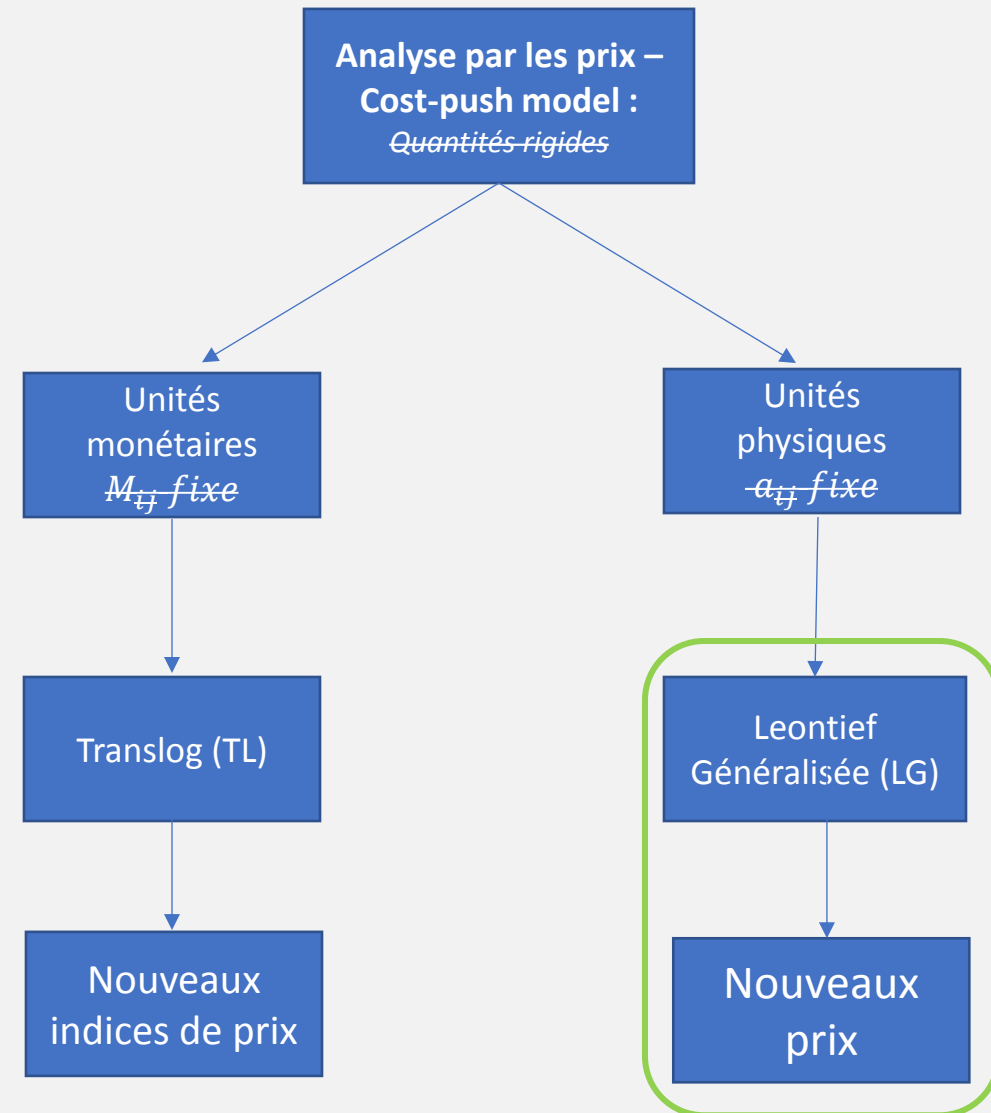
Choix de la forme adaptée

Objectifs :

1. Quelles sont les fonctions de production sous-jacentes à l'AIO ? ✓
2. Quelles fonctions de coût flexibles seraient adaptées à l'AIO ? ✓
3. **Laquelle de ces fonctions est la plus adaptée à un modèle dynamique ? ✓**

▪ Raisonner en indices de prix obligerait à rebaser ceux-ci à 1 à chaque nouvelle période (De Mesnard, 2016).

► Choix de la fonction de coût LG



Fonctionnement du modèle dynamique

- Fonction de coût LG de court terme.
- Fonctionnement de la dynamique en prix :

	Demande de facteurs	Coefficients techniques	Prix
<i>Situation initiale (équilibre avant choc)</i>	z_{ij}	a_{ij}	p
Etape 1 - Choc de prix			
<i>Nouveaux prix anticipés (calculés par le cost-push-model)</i>	z_{ij}	a_{ij}	\bar{p}
Etape 2 - Anticipation de la demande d'équilibre par branche par les fonctions de coût flexible			
<i>Demande et coefficients techniques anticipés</i>	z_{ij}^*	a_{ij}^*	\bar{p}
Etape 3 - Calcul des prix d'équilibre de l'économie par analyse input-output			
<i>Situation en fin de période</i>	z_{ij}^*	a_{ij}^*	p^*

Fonctionnement du modèle dynamique

- Fonction de coût LG de court terme.
- Fonctionnement de la dynamique en prix :

	Demande de facteurs	Coefficients techniques	Prix
<i>Situation initiale (équilibre avant choc)</i>	z_{ij}	a_{ij}	p
Etape 1 - Choc de prix			
<i>Nouveaux prix anticipés (calculés par le cost-push-model)</i>	z_{ij}	a_{ij}	\bar{p}
Etape 2 - Anticipation de la demande d'équilibre par branche par les fonctions de coût flexible			
<i>Demande et coefficients techniques anticipés</i>	z_{ij}^*	a_{ij}^*	\bar{p}
Etape 3 - Calcul des prix d'équilibre de l'économie par analyse input-output			
<i>Situation en fin de période</i>	z_{ij}^*	a_{ij}^*	p^*

- Dynamique des prix : **anticipations statiques** des agents.
Nouveaux prix d'équilibre & Nouveaux coefficients techniques

Comment prendre en compte l'origine sectorielle internationale ?

Données

- Importance cruciale de la dimension internationale :
 - Une part importante d'énergie transite entre pays au sein des consommations intermédiaires.
 - ▶ **Une analyse à l'échelle internationale est obligatoire.**
 - La prise en compte des importations seules ne donne qu'une information partielle sur leur contenu en énergie.
 - ▶ **Seule l'origine sectorielle des importations permet une analyse détaillée.**

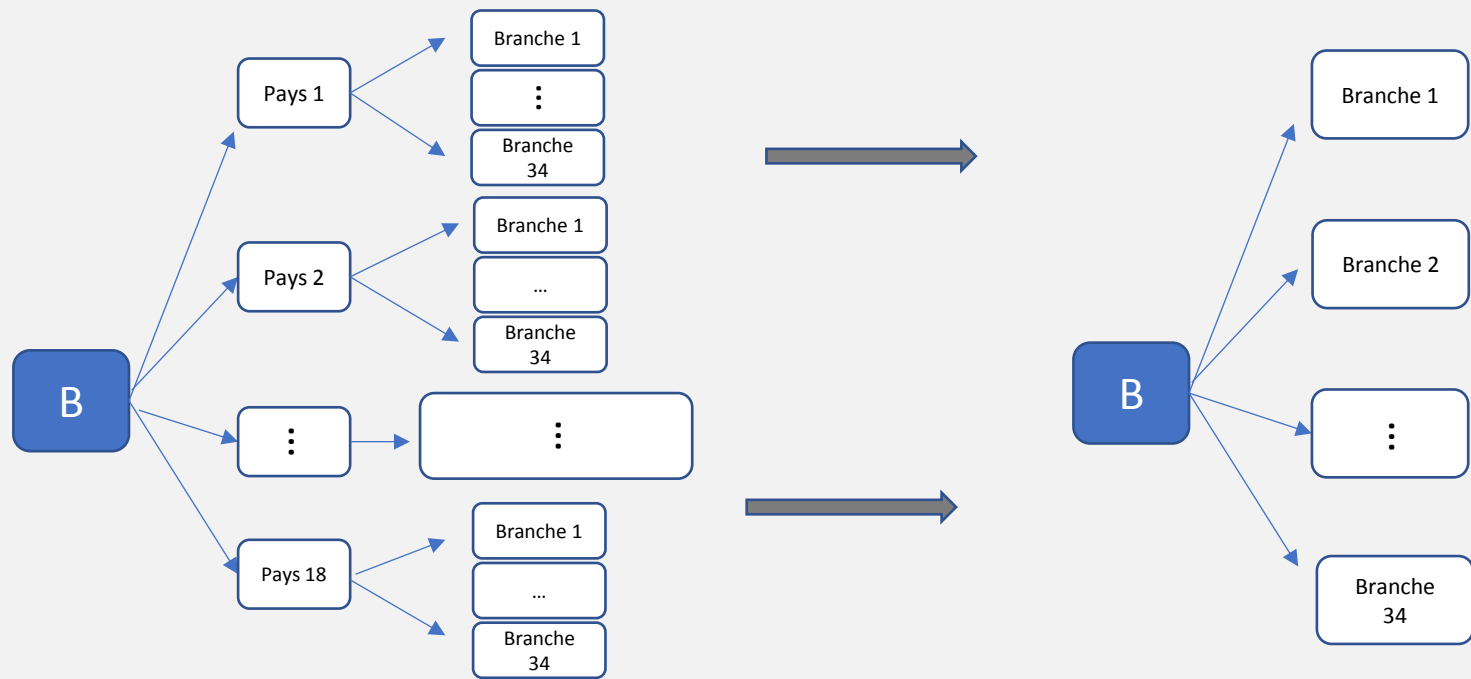
- Base WIOD : 34 branches/pays – 40 pays (18 principaux pays retenus) – observations de 1995 à 2007.

- **Problème rencontré** : Chaque consommation intermédiaire constitue un facteur de production : le nombre de paramètres à estimer est trop élevé.



Base WIOD

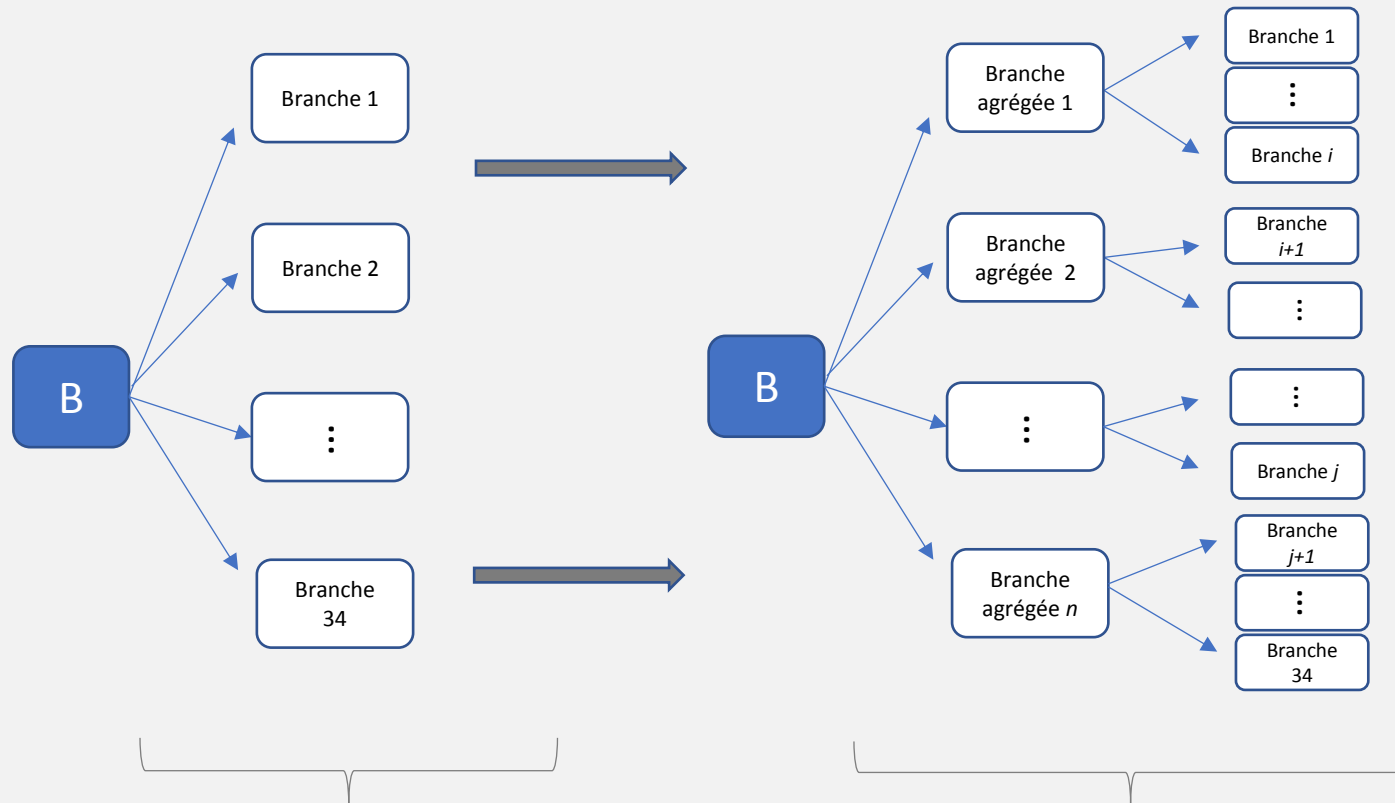
Agrégation des données



Achats de consommations
intermédiaires de la branche B.

- **Création d'un indice de prix international:** Nous avons agrégé un prix international par branche pour chacun des pays pondéré par la part des achats dans un pays sur le total des achats effectués dans cette branche.
- Initialisation des prix : Prix USA (1995) = 1, Parité des prix relatifs de la production par branche (2005 – Données GGDC).

Agrégation des données



Achats de consommations intermédiaires de la branche B. Prix internationaux.

Achats de consommations intermédiaires de la branche B. Prix internationaux - 1 niveau d'agrégation des prix.

- Agrégation des branches – Arborescence sur plusieurs niveaux.
 - Séparabilité faible.
 - Homothéticité.
- Agrégats de prix :
 - Moyenne quadratique d'ordre 1, indice superlatif (Diewert, 1976).
 - Les agrégats suivent une fonction de

$$\text{LG simple : } \bar{P} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 b_{ij} p_i^{\frac{1}{2}} p_j^{\frac{1}{2}}$$

Quels sont les effets d'une taxation commune? Unilatérale?

Estimations

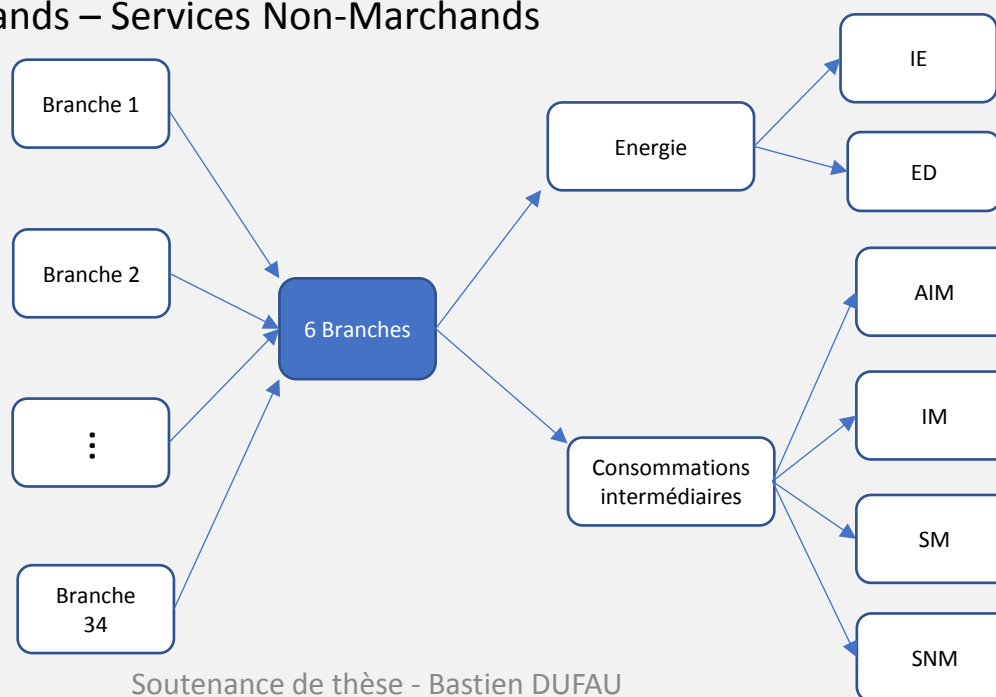
▫ Estimation SURE sur données de panel avec variables indicatrices sur les coefficients de premier ordre (Morrison, 1988, Pindyck, 1979).

▫ Estimation jointe des fonctions de coût & des coefficients techniques :

▸ Modèle à 34 branches.

▸ Modèle à 6 branches.

▫ Modèle à 6 branches : Agrégation des branches : Industries Extractives – Energie Directe – Autres industries Manufacturières - Industrie Manufacturière – Services Marchands – Services Non-Marchands



Estimations

▪ Constats :

- ▶ Significativité des coefficients techniques de second ordre : **justification de la substituabilité.**
- ▶ Significativité des coefficients du stock de capital : **justification de la fonction de coût terme.**
- ▶ Significativité des variables indicatrices : **justification du panel.**

▪ Etude des résultats des estimations :

- ▶ **En Europe**, l'énergie est majoritairement estimée comme **un complément** de long terme aux autres facteurs de production.
- ▶ *A contrario*, **dans les pays non Européens** l'énergie est majoritairement **un substitut**.

Simulations

▪ Mise en place de la taxe carbone :

- Incrémentation des résultats des estimations du modèle à 6 branches dans le modèle dynamique.
- Ajout d'une taxe sur les émissions en équivalent CO_2 par unité produite dans chacune des branches.
- Calculs des prix d'équilibre, taxe en fin de période : $P = A.P + A_L.W + A_K.R + \tau.EMCO_2$

▪ Six scénarios mis en place :

- Taxes à 20€/t CO_2 et 80€/t CO_2 sur les pays européens.
- Taxes unilatérales à 20€/t CO_2 et 80€/t CO_2 sur la France.
- Taxes unilatérales à 20€/t CO_2 et 80€/t CO_2 sur l'Allemagne.

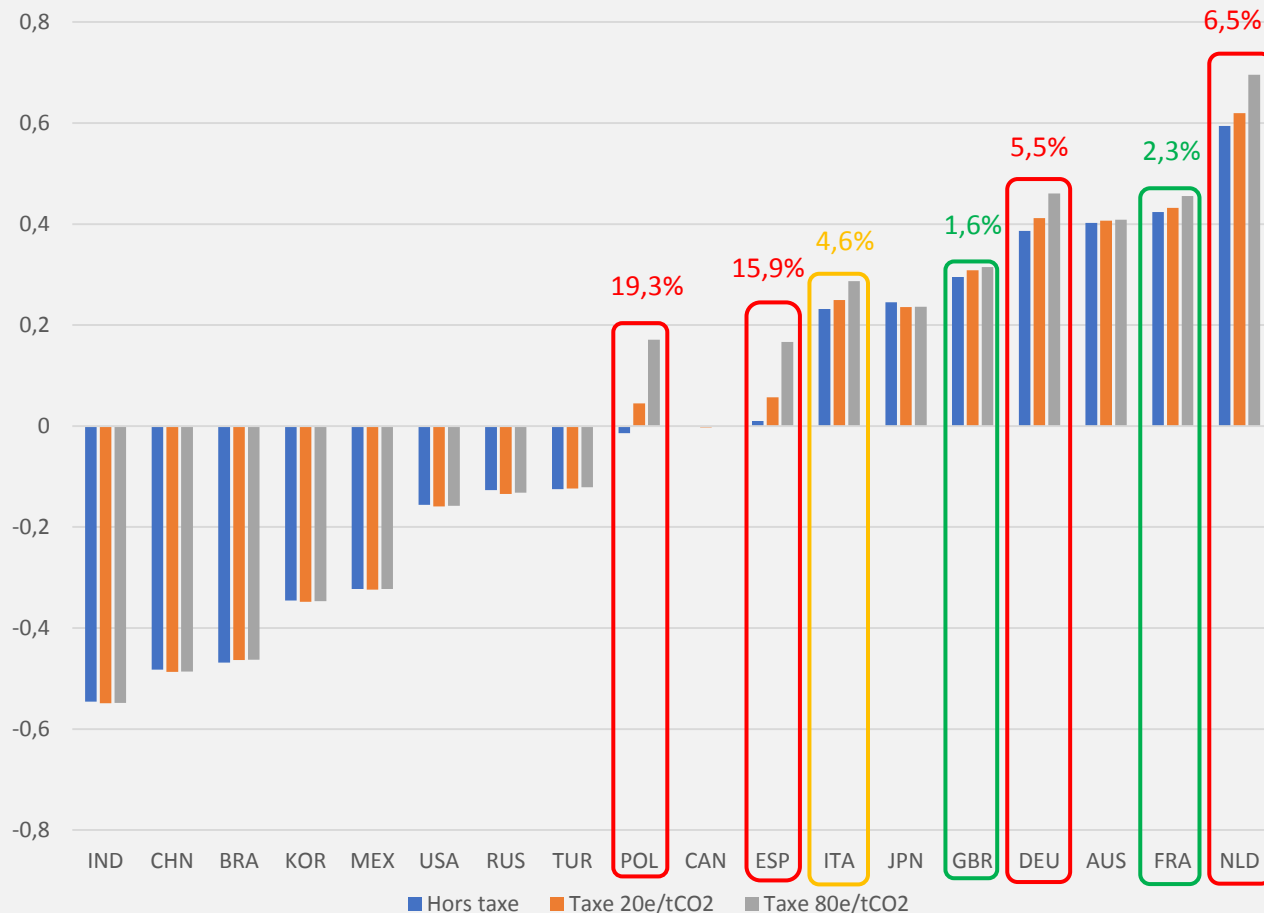
▪ Constat de la taxe à 20 €/t CO_2 à l'échelle européenne :

- ▶ Les effets sont très faibles sur les coûts de production dans la majorité des pays et branches.
- ▶ L'Espagne et la Pologne sont les principaux impactés (ie Bordigoni, 2012).
- ▶ Effet faible de ce montant de taxation en France, mitigé en Allemagne.

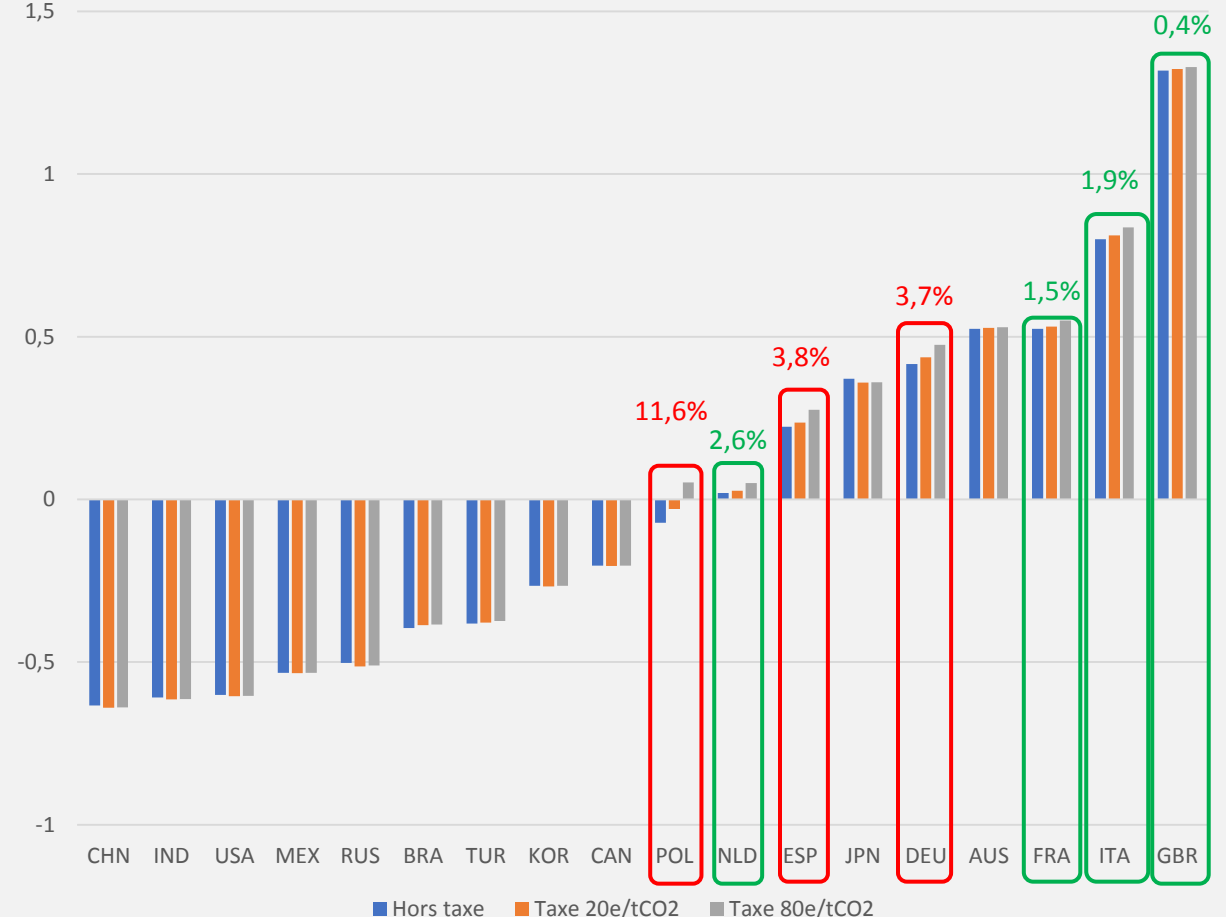
Analyse des résultats

- **Taxation au niveau européen – Aggravation d'une compétitivité déjà défailante.**

Distance au coût unitaire global moyen (*ante* choc) -
Branche Autres Industries Manufacturières



Distance au coût unitaire global moyen (*ante* choc) -
Branche Industrie Manufacturière



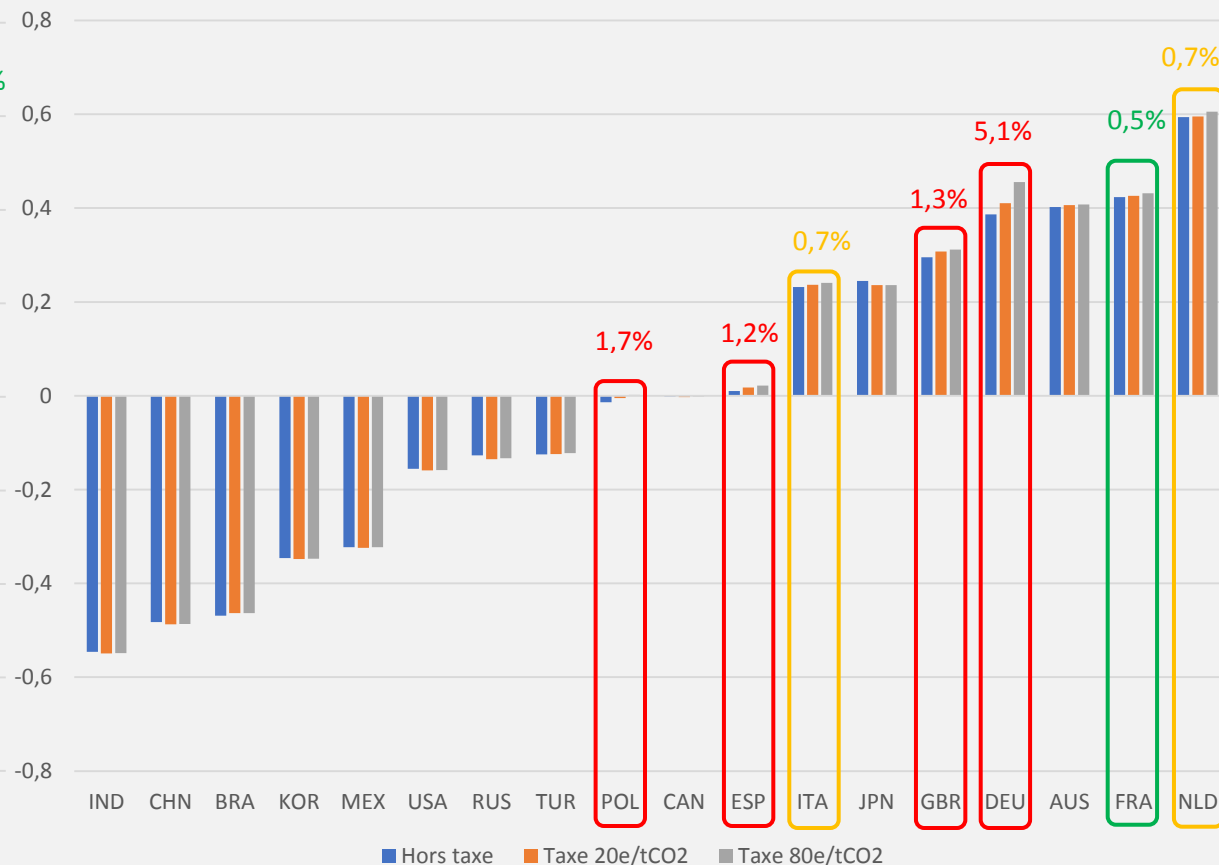
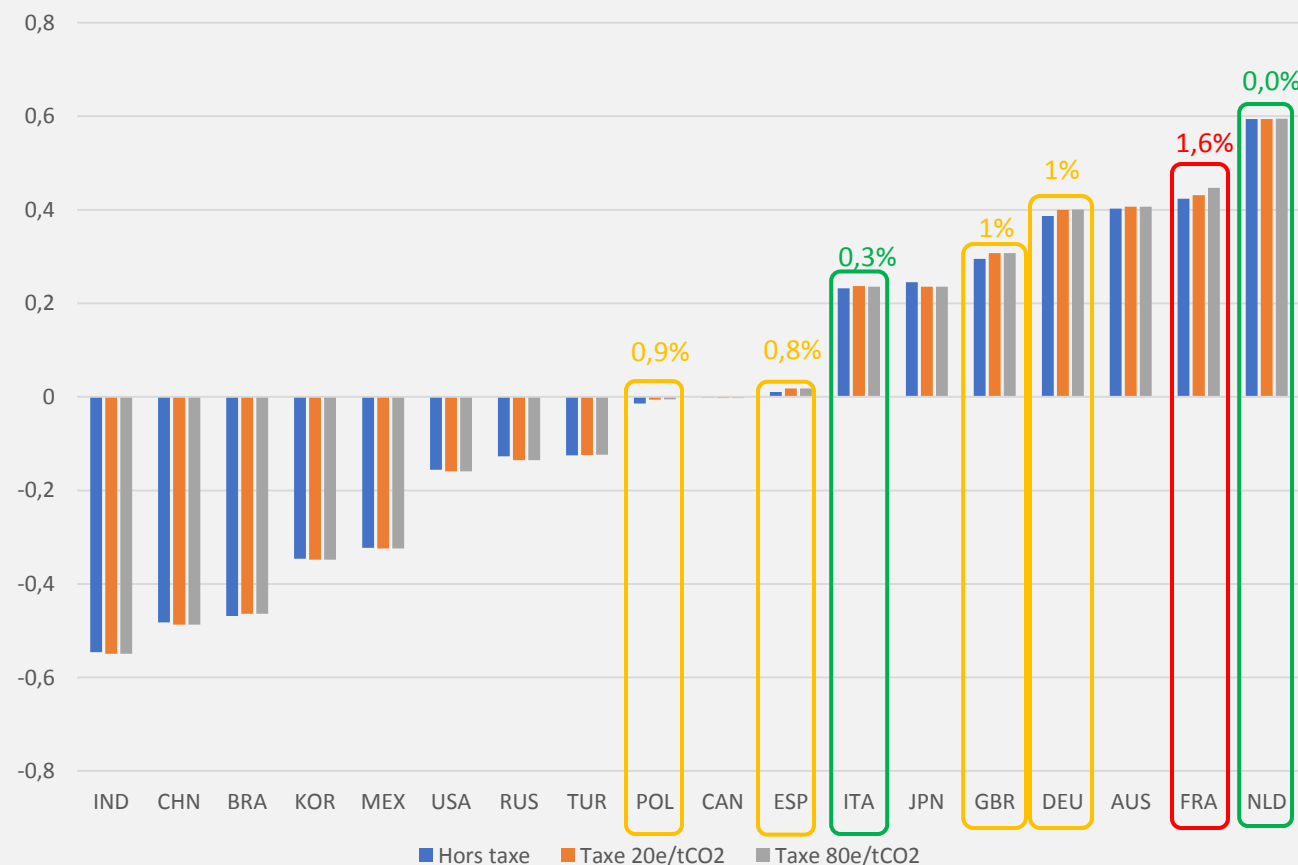
Analyse des résultats

▪ **Taxation au niveau français** – Peu d'effet sur les coûts des partenaires européens.

▪ **Taxation au niveau allemand** – Effets variables sur les coûts des partenaires européens.

Distance au coût unitaire global moyen suite à une taxe sur la France (*ante choc*)- Branche Autres Industries Manufacturières

Distance au coût unitaire global moyen suite à une taxe sur l'Allemagne (*ante choc*)- Branche Autres Industries Manufacturières



Conclusion et perspectives de recherche

- ▶ Mesure de l'effet total (direct et indirect) d'un choc sur le prix des énergies au niveau international.
 - Substitution entre facteurs de production.
 - Diffusion du choc dans le temps.
- ▶ Une taxation à l'échelle européenne entraîne de fortes disparités entre pays, ces disparités sont différentes d'une branche à l'autre.
- ▶ La diffusion de la taxe unilatérale affecte de façon plus ou moins prononcée tous les pays Européens.
- ▶ Une modulation des effets de la taxe par secteur amène à la question du recyclage de la taxe et du bouclage macroéconomique du modèle.
 - ▶ Perspective de recherche.

Rexecode

Economix

 **Université
Paris Nanterre**



Merci pour votre attention

Questions

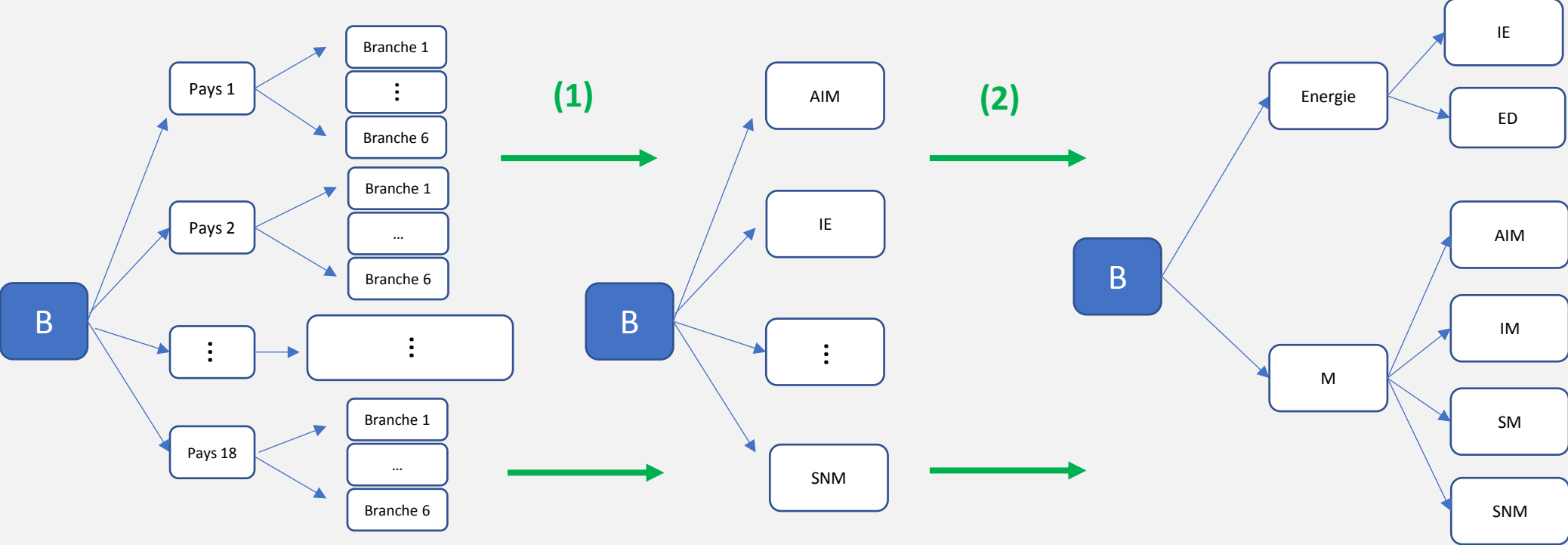
Les autres approches

Choix méthodologique	Forces	Faiblesse	Etudes	Résultats
Equations de gravité	Dimension internationale	Pas de prise en compte de la chaîne de valeur. Relations seulement bilatérales	Sato et Dechezlepretre (2013) - Bordigoni (2012)	Si le rapport des prix varie de 1% -> le rapport des exportations varie de 0,1-0,2%
Analyse input-output	Energie indirecte	Pas de substitution des facteurs	Bordigoni et al. (2012), Mongelli et al. (2009)	Taxe carbone a peu d'effets sur la compétitivité
MEGC	Vision globale	Mise en œuvre	Aldy et Pizer (2011)	Taxe carbone de 15\$ entraîne une perte de compétitivité de 1,3%
Fonction économétrique	Rapidité, nombreux facteurs, disponibilité des données	Pas de prise en compte des effets indirects – Pas de vision systémique	Fontagné et al. (2013)	Hausse de 10% du prix de l'énergie entraîne 1,9% de baisse de la valeur des exportations

Evolution des coefficients techniques au sein d'une branche j (modèle à 6 branches) (1)

Préparation des données d'une branche et présentation de l'arborescence

- Calcul des 6 indices de prix internationaux pour chaque pays. (1)
- Agrégation des indices de prix -> Fonction LG -> Prix énergie et prix consommations intermédiaires. (2)



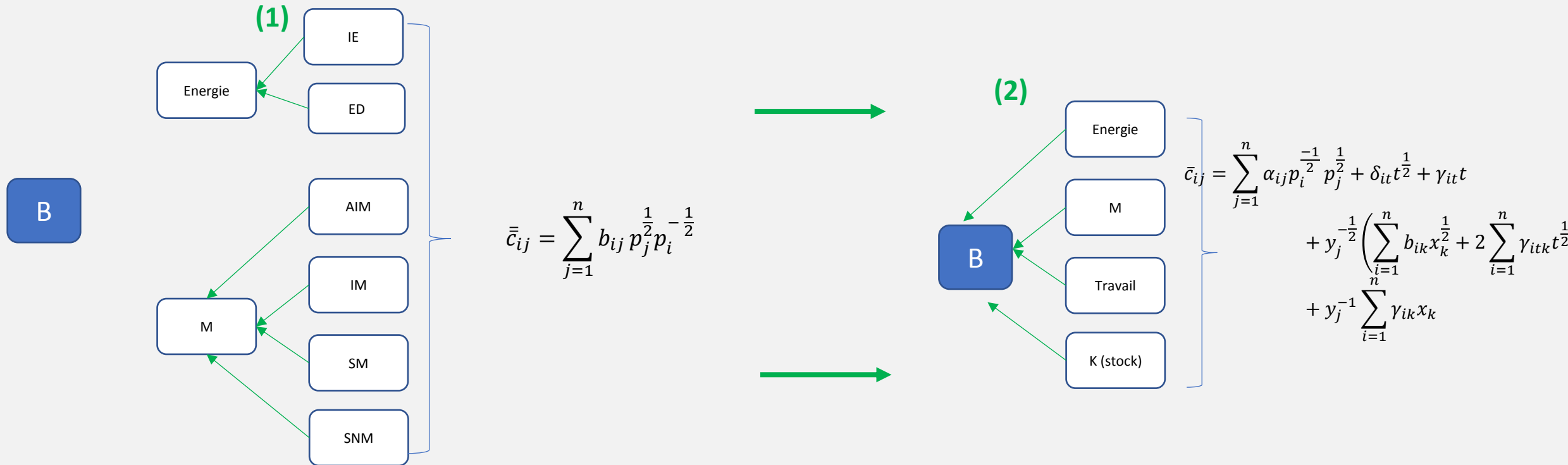
$$(1) \tilde{p}_{i,t}^m = \prod_{c=1}^M p_{i,t}^{c w_{i,t}^{mc}}$$

$$(2) P_1(p^0, p^1; x^0, x^1) = \left(\sum_{i=1}^n (p_i^1/p_i^0)^{\frac{1}{2}} M_i^0 \right) \left(\sum_{k=1}^n (p_k^0/p_k^1)^{-\frac{1}{2}} M_k^1 \right)^{-1}$$

Evolution des coefficients techniques au sein d'une branche j (modèle à 6 branches) (2)

Estimations des données :

- Estimation des coefficients techniques des fonctions de prix (coût moyen). (1)
- Estimation des coefficients techniques des 4 facteurs de production. (2)



$$(1) C_{agreg}(y, p_i, p_j) = y_{agreg} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} p_i^{\frac{1}{2}} p_j^{\frac{1}{2}}$$

$$(2) G_j = y_j \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} p_i^{\frac{1}{2}} p_j^{\frac{1}{2}} + \sum_{i=1}^n \delta_{it} p_i t^{\frac{1}{2}} + \sum_{i=1}^n p_i \gamma_{it} t \right) + y_j^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{i=1}^n b_{ik} p_i x_k^{\frac{1}{2}} + 2 \sum_{i=1}^n \gamma_{itk} p_i t^{\frac{1}{2}} x_k^{\frac{1}{2}} \right) + \sum_{i=1}^n p_i \gamma_{ik} x_k$$

Evolution des coefficients techniques au sein d'une branche j (modèle à 6 branches) (3)

Calculs des coefficients techniques, pays m

- Les coefficients techniques internationaux se calculent de la forme : $c_{ij} = \bar{c}_{ij} \cdot \bar{\bar{c}}_{ij}$
- c_{ij} est donc le coefficient technique de la demande de la branche j à la branche i en unités physiques avec les prix internationaux.
- Pour obtenir les coefficients techniques appropriés avec pays d'origine c : $c_{ij}^c = c_{ij} * w_{i,t}^{mc} * \frac{\tilde{p}_{i,t}^m}{p_i^c}$

Environmental accounts :
Données sur l'utilisation d'énergie
et émissions d'équivalent CO2 par
branche et type d'énergie.

WIOD – TES - 40 pays &
35 branches – unité : \$

WIOD SEA : comptes sociaux
économiques : indices de prix et de
volumes, totaux des TES. Données
en monnaie nationale.

Benchmark (GGDC) : Prix relatifs des
secteurs de WIOD en 2005. Pour
différents niveaux d'agrégations
possibles.

Les différentes approches de l'AIO

