

# Développements méthodologiques pour la modélisation hybride : conséquences pour l'analyse de la politique climatique en économie ouverte (France)

Gaëlle Le Treut

*La thèse « Methodological proposals for hybrid modelling: consequences for climate policy analysis in an open economy (France) » s'est faite sous la direction de Jean-Charles Hourcade, directeur de recherche émérite au CNRS, et dans le cadre de l'équipe IMACLIM du CIRED. Mes travaux ont bénéficié d'une bourse doctorale de l'ADEME cofinancée par EDF R&D et du soutien de la Chaire MPDD.*

La thèse s'inscrit dans la tradition des « modèles hybrides » énergie-économie-environnement capables de projeter des images futures garantissant une cohérence économique et technique. Cette cohérence est nécessaire pour l'analyse de scénarios d'atténuation du changement climatique impliquant des transformations structurelles et technologiques profondes.

*La construction d'un cadre comptable cohérent : une étape indispensable*

La principale contribution de la thèse a été le développement d'une méthode permettant une description duale de l'économie, assurant la cohérence entre le cadre économique de la comptabilité nationale, en valeur monétaire, et les statistiques physiques, en quantités, fournies par des bilans de matières ou des expertises sectorielles. Il s'agit d'une étape nécessaire pour obtenir un dialogue maîtrisé entre modèles d'ingénieurs et modèles économiques.

Partant du principe qu'il est possible de réduire les incertitudes dans la recomposition des données grâce à des contraintes d'équilibre de flux (en monnaie et en quantité), la procédure d'hybridation proposée permet de produire un cadre comptable cohérent malgré l'existence de nomenclatures

non harmonisées, de données disparates, ou simplement manquantes. Nous montrons que l'hybridation permet de décrire plus précisément le poids de l'énergie dans l'appareil productif français, ainsi que celui de certains secteurs de l'économie souvent agrégés dans les études macroéconomiques (ciment, acier). Ce cadre hybride est utilisé pour le calibrage du modèle d'équilibre général calculable IMACLIM-France.

*Les apports de l'hybridation et de la désagrégation sectorielle pour l'analyse d'une politique climatique*

Une deuxième contribution de la thèse consiste alors à montrer dans quelle mesure cette comptabilité hybride permet de renouveler la discussion des implications économiques de politiques climatiques, et plus spécifiquement de l'introduction d'une taxe carbone en France. En prenant comme fil directeur les questions clés autour de l'analyse de cette politique (impact sur la compétitivité, les revenus, l'emploi, etc.), la thèse vise surtout une contribution méthodologique. Nous montrons comment un cadre hybride permet de progresser dans le détail sectoriel du modèle et de mieux contrôler des paramètres centraux du comportement macro-économique d'ensemble :

la sensibilité du commerce international aux variations de prix relatifs, et la courbe salaire-chômage interprétée comme un indicateur du pouvoir de négociation des salaires. La thèse montre ensuite qu'il est possible de prendre en compte une hétérogénéité des régimes de formations salariales entre secteurs et de les relier à leur niveau d'exposition au commerce extérieur. Cette description permet de mieux maîtriser les conséquences de la politique sur les secteurs exposés, et, *in fine*, de mieux les accompagner dans une transition vers une économie bas-carbone. Il est alors possible, non pas de donner une valeur définitive à ces paramètres, mais d'en saisir les déterminants pour clarifier les controverses importantes dont ils font l'objet dans les débats publics.

#### *Des bilans environnementaux contrastés à l'échelle d'un pays*

Enfin, la thèse propose une méthode pour évaluer différents inventaires des émissions de CO<sub>2</sub>, tels que les émissions liées à la consommation ou les émissions incorporées dans les importations. Une application au cas de la France révèle un écart significatif entre les émissions territoriales et les émissions liées à la consommation. Au-delà d'une mise en avant du caractère « importateur net » d'émissions de la France, nous fournissons des informations originales sur les moteurs des émissions par secteur. Une articulation de cette méthode avec le modèle IMACLIM permettra de prolonger l'analyse à des politiques climatiques telles que l'ajustement d'une taxe carbone aux frontières.

**Laboratoire d'accueil :** Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED)

Le CIRED est une unité mixte de recherche CNRS-EHESS-École des Ponts ParisTech-AgroParisTech, CIRAD. Au-delà d'une dominante économique, le laboratoire adopte une approche interdisciplinaire pour travailler sur trois axes de recherche : l'articulation environnement/développement dans les domaines de l'énergie, des infrastructures et de l'usage des sols ; les enjeux environnement/développement à l'échelle globale ; la prise de décision en univers controversé sur les questions de développement durable.

Plus d'informations sur : <http://www2.centre-cired.fr/>



**Soutenance de la thèse :** La thèse a été soutenue publiquement le 9 novembre 2017 au Jardin d'Agronomie Tropicale de Paris. Le jury se composait de : Nadia Maïzi, professeur MINES ParisTech et directrice du Centre de Mathématiques Appliquées (CMA), présidente du jury ; Michel Colombier, directeur scientifique de l'Institut du Développement Durable et des Relations Internationales (IDDRI), rapporteur ; Emilio La Rovere, professeur à l'Université Fédérale de Rio de Janeiro et chercheur au Centro Clima (Brésil), rapporteur ; Stéphanie Monjon, maître de conférence et référente Responsabilité Environnementale à l'Université Paris Dauphine, examinateur ; Jean-Charles Hourcade, directeur de recherche émérite au CNRS, directeur de thèse.

La thèse et son résumé sont disponibles sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01707559/document>

**Et après la thèse ?** Gaëlle Le Treut s'apprête à faire un post-doctorat au Centro Clima, laboratoire de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro, dans le cadre d'une coopération avec le CIRED. En s'appuyant toujours sur l'outil IMACLIM, Gaëlle travaillera sur l'analyse de politiques environnementales pour une transition vers des économies bas-carbone en Amérique du Sud, en particulier en Argentine (avec la Fondation Bariloche) et au Brésil. Ses travaux devront servir de supports aux politiques nationales.