

Lutter contre les changements climatiques en retirant du CO₂ de l'atmosphère : perspectives de l'économie industrielle et des jeux coopératifs

Emma Jagu Schippers

Le rapport du GIEC de 2022 l'exprime clairement : éliminer du CO₂ de l'atmosphère à grande échelle avant la fin du siècle est essentiel pour espérer limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C. Les méthodes d'élimination du CO₂ (ou *carbon dioxide removal* en anglais) consistent à renforcer les puits de carbone naturels ou à extraire chimiquement le CO₂ de l'atmosphère pour le stocker durablement. L'exemple le mieux connu est sûrement celui de l'afforestation, mais les risques d'incendies (entre autres) rendent le stockage de carbone dans les arbres incertain. Ainsi, un intérêt grandissant est porté depuis quelques années aux méthodes d'élimination du CO₂ qui permettent un stockage de carbone permanent (i.e., à l'échelle du millénaire).

Au cours de ma thèse, je me suis penchée tout particulièrement sur les procédés de bio-énergie avec captage et stockage du carbone (BECCS). À travers ces procédés, du CO₂ est retiré de l'atmosphère grâce à la croissance de la biomasse, puis réémis lors de l'étape de gazéification ou de combustion de la production de bio-énergie. Le captage et stockage du CO₂ (CCS) permet ensuite de capter chimiquement le CO₂ réémis pour le stocker de façon permanente dans des sites géologiques. Les procédés BECCS peuvent ainsi éliminer du CO₂ de l'atmosphère tout en produisant de l'énergie.

Bien que les procédés BECCS et d'autres méthodes d'élimination du CO₂ soient déjà techniquement réalisables, un changement d'échelle considérable est encore nécessaire

pour atteindre les projections du GIEC. L'identification des obstacles socio-économiques au déploiement des méthodes d'élimination du CO₂ est donc un défi de recherche essentiel. En particulier, les obstacles liés aux interactions stratégiques et aux problèmes de coordination au sein des chaînes de valeur sont souvent négligés. J'ai donc cherché à identifier et modéliser ces obstacles afin de proposer des perspectives utiles aux politiques publiques naissantes concernant l'élimination du CO₂.

Dans un premier chapitre, une revue systématique de la littérature concernant les BECCS révèle que la question de la coordination est régulièrement mentionnée, mais fait rarement l'objet de modélisations. Les enjeux de coordination concernent l'approvisionnement en biomasse, le déploiement d'infrastructures de CO₂, et la coopération internationale. Dans les chapitres suivants, j'approfondis deux de ces questions : le déploiement d'infrastructures de transport de CO₂ et la formation de coalitions interrégionales pour réduire les coûts globaux des émissions négatives.

Dans le cas du déploiement des infrastructures de transport de CO₂, je souligne que les projets BECCS risquent d'être exclus des projets de construction de pipelines en raison de leur manque actuel d'incitations économiques par rapport aux projets CCS dans les sites utilisant des combustibles fossiles. Ce risque d'exclusion a d'importantes implications politiques, puisqu'une planification prospective des infrastructures apparaît nécessaire pour garantir l'inclusion des BECCS.

Dans le chapitre sur la coopération inter-régionale, le cas de la Chine, du Brésil, des États-Unis et de l'Union européenne est étudié. La formation d'accords multilatéraux réduit significativement le coût du déploiement des méthodes d'élimination du CO₂. Cependant, ces accords ne peuvent être formés que si une répartition équitable et mutuellement

acceptable des coûts et des bénéfices peut être réalisée. La théorie des jeux coopératifs est particulièrement bien adaptée à l'examen de tels problèmes de partage des gains, et ce dernier chapitre en tire des principes généraux afin de garantir que les accords interrégionaux puissent se concrétiser.

Laboratoires d'accueil :

Laboratoire Génie Industriel (LGI), CentraleSupélec, Université Paris-Saclay

La thématique de recherche du LGI est la modélisation et l'analyse (simulation, optimisation) des systèmes industriels sur les aspects techniques et organisationnels. Plus particulièrement, l'équipe «Économie Durable» se focalise sur les enjeux économiques des innovations, avec un accent particulier sur les éco-innovations et la transition écologique, pour les deux secteurs critiques de la mobilité et de l'énergie.



Pour plus d'informations : <http://lgi.centralesupelec.fr/>.

Chaire CarMa, IFP School

Les thématiques de recherche de la chaire CarMa sont dédiées à la gestion du carbone, et traitent des aspects sociétaux, environnementaux, ou encore économiques et techniques liés aux technologies d'émissions négatives de dioxyde de carbone, en vue de leur possible déploiement à grande échelle à l'horizon 2050.



Plus d'informations : <https://www.carma-chair.com/>.

Soutenance de la thèse : La thèse a été soutenue le 10 novembre 2022 à l'Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, devant le jury composé de : Anna Creti, professeure, Université Paris Dauphine (rapporteuse); Steven A. Gabriel, professeur, Université de Maryland (rapporteur); Philippe Quirion, directeur de recherche CNRS, CIRED (examinateur); Niall Mac Dowell, Professeur, Imperial College (examinateur); Yannick Perez, Professeur, CentraleSupélec (président); Pascal Da Costa, Professeur, CentraleSupélec (directeur de thèse); Olivier Massol, Professeur, IFP School (co-directeur de thèse).

Et après la thèse? Emma Jagu Schippers est chercheuse postdoctorale au sein du Laboratoire Génie Industriel de CentraleSupélec. Elle continue de travailler sur le sujet des émissions négatives à travers la Chaire Armand Peugeot, et est rentrée au comité directeur de l'Association des Économistes de l'Énergie.