

OFFRE DE THÈSE EN ECONOMIE DE L'ENVIRONNEMENT

Intégration des externalités environnementales et sanitaires et des effets économiques indirects du recyclage dans un modèle dynamique d'équilibre général pour étudier le recyclage des minéraux

Type de contrat : Thèse (2025 – 2028)

Localisation : Verneuil-en-Halatte (60) à 40 mn au nord de Paris.

Accès : Une navette privée et gratuite assurant la liaison entre la gare de Creil et notre site est à votre disposition.

Télétravail : 100 jours par an

Contacts pour plus d'informations : jean-marc.brignon@ineris.fr ; fizainef@univ-smb.fr ; g.lafforgue@tbs-education.fr

CONTEXTE

L'Ineris (Institut national de l'environnement industriel et des risques), qui compte environ 500 collaborateurs, est un organisme national français de premier plan, placé sous la tutelle du ministère de l'Environnement. Sa mission principale est de mener des études et des recherches pour prévenir les risques que les activités économiques font peser sur la sécurité des personnes et des biens.

Rejoindre l'Ineris, c'est l'opportunité de mettre en œuvre et de développer ses compétences au travers de missions de recherche, d'accompagnement et d'expertise pour le compte des pouvoirs publics et de l'industrie.

Le doctorat sera hébergé au sein de l'unité Ineris EDEN (Economie et Décision pour l'Environnement), qui développe et met en œuvre des méthodes d'aide à la décision pour la gestion des risques, incluant l'analyse coûts/bénéfices, les méthodes multicritères, dans divers contextes de problématiques environnementales (priorisation des produits chimiques, évaluation économique de problèmes environnementaux complexes impliquant des produits chimiques, pollution de l'air et changement climatique).

CONTEXTE ET MOTIVATIONS DU DOCTORAT

Les motivations pour développer des activités de recyclage sont généralement doubles. Premièrement, le recyclage permet d'atténuer diverses contraintes liées à l'utilisation de ressources non renouvelables, telles que la rareté, les contraintes imposées par l'atténuation du changement climatique et les politiques environnementales, en particulier lorsque l'extraction de ces ressources a une empreinte carbone élevée ou présente des risques environnementaux importants. De plus, le recyclage réduit la production de déchets, lesquels

peuvent entraîner une dégradation environnementale locale ou généralisée. La gestion des déchets est souvent coûteuse, voire impossible pour la société, et peut également causer des dommages irréversibles.

D'autre part, notamment en ce qui concerne les ressources minérales, le recyclage peut engendrer de nouvelles expositions, émissions et risques associés à ces minéraux. Les avancées technologiques pourraient permettre l'utilisation de nouveaux produits chimiques ou matériaux moins dangereux. De plus, les procédés de recyclage nécessitent de l'énergie et peuvent également contribuer aux émissions de gaz à effet de serre. Il existe également un risque d'effet rebond : l'augmentation du recyclage entraîne une hausse de la demande en minéraux, ce qui peut avoir des impacts environnementaux négatifs et contribuer à l'épuisement des ressources minérales secondaires (issues du recyclage).

Par conséquent, il est essentiel de prendre en compte les compromis potentiels entre les coûts et les avantages du recyclage lors de la modélisation de l'économie circulaire des minéraux, et plus généralement dans la modélisation économique. Cela permettra de prendre de meilleures décisions concernant les politiques de recyclage des minéraux. L'approche holistique du recyclage a reçu peu d'attention dans la recherche. Lafforgue et Lorang (2022) ont exploré cette question dans un cadre théorique, tandis que Brignon (2021) s'est concentré sur les additifs dans les plastiques. Cependant, les compromis associés au recyclage des minéraux ne semblent pas avoir été étudiés à ce jour.

L'objectif de cette thèse est de développer un modèle dynamique d'équilibre général répondant à cette problématique. Ce modèle sera également conçu pour explorer des questions normatives, telles que l'identification des meilleures politiques de recyclage à mettre en œuvre, en fonction des contraintes économiques en vigueur.

La thèse s'inscrit dans un projet visant à rendre opérationnel, à des fins d'aide à la décision, le concept de valeurs de référence du sous-sol afin de quantifier le niveau durable d'exploitation du sous-sol et la valeur de référence des métaux stratégiques, les externalités qu'il couvre et son utilisation dans les évaluations socio-économiques, en particulier pour les technologies décarbonées utilisant ces métaux comme matières premières. Un autre objectif est de développer une vision globale et économiquement étayée des cycles des ressources minérales et des analyses dynamiques des flux de matières liés à la transition énergétique afin de quantifier la quantité de chaque ressource minérale susceptible d'être extraite, de circuler dans la technosphère (y compris via le recyclage) et finalement d'être rejetée dans l'environnement à l'avenir.

OBJECTIF ET PHASES DU THÈME DE DOCTORAT

Plusieurs questions scientifiques seront étudiées dans le cadre de cette thèse :

- Modélisation dynamique des minéraux extraits, utilisés et contenus dans les déchets en fonction de scénarios illustrant les politiques d'incitations environnementales et de recyclage
- Estimation des externalités environnementales et sanitaires et des effets secondaires du recyclage
- Couplage de la modélisation dynamique des flux de matières des minéraux et des matériaux incorporant des minéraux dans le contexte du recyclage avec le calcul des externalités et avec la modélisation de l'équilibre économique général.

À l'issue de la thèse, un modèle dynamique des minéraux extraits, utilisés et contenus dans les déchets aura été construit, intégrant les externalités environnementales et sanitaires ainsi que

les effets secondaires du recyclage. Ce modèle sera développé pour certains minéraux et certaines technologies énergétiques à faible empreinte carbone au cours de la thèse, mais, sous réserve de données, il sera applicable à d'autres.

Une version de la modélisation d'équilibre général intégrant ces technologies énergétiques décarbonées, les flux de matières minérales impliqués et ses externalités sera développée.

Les résultats du doctorat permettront d'améliorer la modélisation économique utile à la gestion des ressources minérales dans le cadre de la transition énergétique et de concevoir des politiques visant à promouvoir l'économie circulaire et à améliorer la gestion des déchets.

La chronologie du doctorat suivra les étapes suivantes :

1. Sélection de minéraux et leurs utilisations dans les technologies étudiés dans le cadre du doctorat.
2. La revue des bases de données disponibles et la collecte de données sur les consommations et usages des minéraux dans un contexte de transition énergétique et écologique pour les technologies incluses dans le périmètre de la thèse à l'étape 1.
3. Élaboration d'un scénario global de la structure du déploiement technologique et des chaînes d'approvisionnement industrielles associées, y compris les filières de recyclage. Des scénarios de consommation de minéraux et de capacités de recyclage seront définis.
4. Développement d'une analyse dynamique des flux de matières (MFA, Material Flow Analysis) pour les minéraux, incluant l'extraction, l'utilisation, le recyclage et la fin de vie, pour le périmètre défini à l'étape 1. Le calcul des externalités environnementales et sanitaires associées aux procédés et utilisations inclus dans les flux de matières sera également développé dans le modèle MFA. Les contraintes techniques ou de recyclage seront prises en compte dans le modèle (substituabilité entre matières premières vierges et matières recyclées, dégradation de la qualité à chaque nouvelle itération de recyclage).
5. Élaboration d'un cadre de modélisation intégré, intégrant les chaînes d'approvisionnement et industrielles élaborées à l'étape 4, et couplant la modélisation économique d'équilibre général à l'AFM, incluant les externalités. Ce cadre de modélisation devrait permettre de décrire les résultats économiques de la production et de l'utilisation des minéraux du champ d'application 1, ainsi que les externalités associées.
6. Définition et simulation, interprétation de scénarios avec le modèle développé à l'étape 5.

COLLABORATION

Le/La doctorant(e) sera recruté(e) et basé(e) à l'INERIS. L'encadrant à l'INERIS sera Jean-Marc Brignon, responsable de l'unité EDEN. L'INERIS sera responsable des aspects liés à la modélisation des flux de matières et au calcul des externalités environnementales.

Le Directeur de Thèse sera le Dr Florian Fizaine de l'IREGE (Institut de Recherche en Gestion et en Économie) Université Savoie Mont Blanc. L'IREGE apportera des compétences générales en matière de gestion des matières minérales critiques et d'économie de l'environnement

Le co-directeur de thèse sera le Pr. Gilles Lafforgue de Toulouse Business School (et chercheur associé à Toulouse School of Economics). TBS sera responsable de la modélisation macroéconomique, et de son application aux problématiques énergétiques et environnementales.

Des réunions régulières seront organisées entre l'Ineris, l'IREGE et le TBS.

PROFIL

Le/La doctorant(e) est titulaire d'un Master 2 en économie ou d'un diplôme d'ingénieur, avec des compétences en économie de l'environnement et une expérience en modélisation économique. Il/elle s'intéresse aux sciences de l'environnement et souhaite vivement travailler dans le contexte d'une transition énergétique durable.

INFORMATIONS GENERALES

Date de démarrage de la thèse : début octobre 2025 et durée 3 ans

18 RTT en plus de 31 congés payés annuels

Horaires variables

Restaurant d'entreprise

Notre offre d'emploi est ouverte à tous ; nous visons à intégrer nos nouveaux talents dans un environnement de travail inclusif.

CANDIDATURE

Le dossier de candidature doit comprendre : un curriculum vitae, des copies des certificats pour chaque diplôme universitaire et des notes obtenues, une lettre décrivant votre motivation et votre intérêt à travailler sur le sujet proposé, ainsi que toutes lettres de recommandation de vos enseignants et/ou superviseurs.

Pour plus d'informations et candidatures :

fizainef@univ-smb.fr

g.lafforgue@tbs-education.fr

Jean-marc.brignon@ineris.fr

REFERENCES

Brignon, J.-M. (2021). Costs and benefits of recycling PVC contaminated with the legacy hazardous plasticizer DEHP. In *Waste Management and Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy* (Vol. 39, Issue 9, pp. 1185–1192). SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/0734242x211006755>

Lafforgue, G., & Lorang, E. (2022). Recycling under environmental, climate and resource constraints. In *Resource and Energy Economics* (Vol. 67, p. 101278). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2021.101278>