



**HAL**  
open science

## Ressources, déchets et climat : essais sur l'économie du recyclage

Etienne Lorang

► **To cite this version:**

Etienne Lorang. Ressources, déchets et climat : essais sur l'économie du recyclage. INRAE Sciences Sociales, 2021, 4-5/2021 (7), 2 p. hal-03800859

**HAL Id: hal-03800859**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03800859v1>**

Submitted on 6 Oct 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Ressources, déchets et climat : essais sur l'économie du recyclage

**Etienne Lorang**

UMR BETA, Université de Lorraine, Université de Strasbourg, Agro Paris Tech, CNRS, INRAE, Nancy, France et Chaire Économie du Climat, Université Paris-Dauphine, Paris, France. [etiennelorang@gmail.com](mailto:etiennelorang@gmail.com)

**D**ans ces travaux, nous examinons les arbitrages entre recyclage et extraction, de façon générique puis dans deux cas appliqués, la pâte à papier et les batteries de véhicules électriques. À cette fin, sont combinées des approches théoriques de l'économie des ressources ainsi que des approches de simulation et de prospective utilisant des données calibrées. Les résultats montrent que quand on s'intéresse à l'économie du recyclage, il est nécessaire de prendre en compte les différentes externalités liées à l'extraction, la transformation et la consommation de ressources. Cela inclut l'épuisement des stocks naturels, les impacts environnementaux de l'accumulation des déchets et les émissions de gaz à effet de serre.

## Une approche théorique de l'économie du recyclage

Avec les difficultés de développement de marchés et d'industries spécifiques, les intrants recyclés luttent pour concurrencer les intrants ordinaires dans la production, en particulier lorsque des taux de recyclage élevés entraînent des coûts importants. Cependant, la prise en compte des coûts sociaux liés à l'extraction des ressources, leur utilisation et leur fin de vie pourrait modifier le choix entre extraction et recyclage. Nous avons construit un modèle qui représente la boucle de recyclage d'un secteur industriel contraint par l'accès aux ressources, l'accumulation de déchets et le changement climatique.

Le cycle de vie complet d'un bien est modélisé afin de prendre en compte les déchets et les émissions de gaz à effet de serre (GES) provenant à la fois de sa production, à partir de matériaux vierges ou recyclés, et de sa consommation. Le planificateur social choisit les quantités de ressources (vierges ou recyclées) et la part de déchets à valoriser.

Les trajectoires optimales d'utilisation des ressources et de recyclage des déchets sont le résultat d'un arbitrage entre les coûts privés et les différents coûts sociaux. Bien que le recyclage soit généralement, et à juste titre, considéré comme une opportunité de réduire les déchets et l'impact de la consommation sur les ressources primaires, il faut également considérer les éventuelles conséquences environnementales négatives du recyclage et discuter des compromis qui en découlent. Le recyclage est en effet également une source d'émissions de GES, bien que dans la plupart des cas, elles soient plus faibles que pour les ressources extraites.

Le taux de recyclage à travers le temps peut prendre la forme d'un U inversé. Le recyclage est bénéfique à deux égards : il allège le coût de l'accumulation des déchets et permet de produire à partir d'un intrant recyclé. Cela montre la dualité de l'activité de tri des déchets : un objectif pratique de réduction du coût de l'accumulation de déchets et un objectif spéculatif par l'utilisation potentielle d'intrants recyclés à l'avenir. Lorsque le recyclage est trop coûteux, une phase où le taux de recyclage est nul peut avoir lieu (bien qu'il soit toujours possible de produire à partir des matériaux recyclés déjà stockés).

Afin d'atteindre une trajectoire optimale de l'économie, il est donc nécessaire de combiner des taxes environnementales (taxe carbone et taxe sur les déchets) : lorsque recycler émet moins qu'extraire, recyclage et baisse des émissions vont dans le même sens. L'introduction d'un marché pour les déchets est également essentiel, afin d'intérioriser leur valeur économique intrinsèque.

## La filière papier/carton : un cas limite de la synergie entre développement du recyclage et lutte contre le changement climatique

Les papiers et cartons recyclés, associés à la cellulose de bois, sont intégrés au processus de fabrication de la pâte à papier. Afin d'analyser l'effet du recyclage dans ce secteur, il faut prendre en compte : (i) la possibilité de substituer de la matière vierge par du recyclé ;

(ii) les émissions (positives ou négatives) dans la filière bois tout entière et sur plusieurs décennies pour respecter les dynamiques du secteur ; (iii) la séquestration carbone de la forêt et la substitution des produits forestiers. Ce résultat est obtenu à l'aide d'un modèle bioéconomique d'évaluation intégrée du secteur forestier français. Les résultats dépendent fortement des hypothèses concernant la substituable, à la fois technique et économique, entre les pâtes à papier recyclées et vierges, alors que les études existantes ne tranchent pas sur la question de savoir si c'est la substitution ou la complémentarité qui prévaut. Empiriquement, les élasticités semblent être faibles et dépendent de l'utilisation finale du produit en papier ou en carton et montrent une légère tendance à la complémentarité avec le temps, expliquée par l'intégration du recyclage dans les processus de production comme un intrant à part fixe, en fonction de la qualité de papier/carton recherchée.

Dans l'ensemble, l'impact d'une augmentation de l'utilisation de papier/carton recyclé sur la séquestration nette totale est positif lorsque les intrants vierges et recyclés sont des substituts forts ; très faible lorsque ce sont des substituts faibles ; et négatif lorsque ce sont des compléments. Les effets relatifs sont faibles (entre 0,4 % et 0,8 % de séquestration supplémentaire dans le secteur en cas de substitution forte, un scénario très optimiste selon la littérature économétrique). Comme une faible complémentarité entre le papier vierge et le papier recyclé semble être une hypothèse plus valide, l'idée suggérant que le recyclage et l'économie circulaire sont une bonne solution contre le réchauffement climatique doit être prise avec précaution. Dans cette situation, une augmentation de l'utilisation du recyclage ne s'accompagne pas d'une économie des ressources en bois.

### Recyclage et développement de l'électromobilité

Les impacts industriels et environnementaux de la fabrication des batteries lithium-ion, les composants centraux des véhicules électriques, sont controversés. Le problème de la gestion de la fin de vie des batteries ajouté à une potentielle rareté de certains métaux, fait apparaître le recyclage des batteries usagées comme une solution intéressante. C'est pourquoi, la Commission européenne souhaite introduire des seuils minimaux de métaux recyclés (nickel, cobalt et lithium) dans les batteries lithium-ion.

A l'aide d'un modèle de flux de matériaux prenant en compte les changements technologiques du secteur et les hypothèses d'évolution de la demande de l'Agence internationale de l'énergie, nous montrons que les seuils proposés sont peu crédibles car trop élevés pour être atteignables, et qu'ils sont très sensibles à la durée de vie des batteries. Par exemple, un scénario dans lequel serait développée la seconde vie des batteries, c'est-à-dire leur réutilisation pour d'autres usages comme le stockage stationnaire, réduirait considérablement le potentiel de contenu recyclé.

Deux recommandations de politiques découlent de ces résultats. Premièrement, un abaissement des seuils est nécessaire pour améliorer la crédibilité de la réglementation. Bien que les objectifs puissent être modifiés à l'avenir, les acteurs industriels des secteurs

(fabricants de batteries et de voitures, industrie du recyclage) ont besoin d'une réglementation lisible et crédible sur la durée aujourd'hui pour faire les bons investissements et les bons choix technologiques. Deuxièmement, la réglementation devrait intégrer d'autres objectifs sur la durée de vie des batteries. En effet, le développement d'un secteur durable ne doit pas reposer uniquement sur des objectifs de recyclage et de contenu recyclé. De plus, fixer uniquement des objectifs de contenus recyclés élevés pourrait inciter à réduire la durée de vie des batteries, car une durée de vie plus courte permettrait une circulation plus rapide des matériaux dans l'économie, augmentant ainsi l'utilisation potentielle de matériaux recyclés.

### Concilier analyse économique du recyclage et durabilité

Le recyclage, et plus généralement le concept d'économie circulaire, sont censés être un moyen de suivre une trajectoire de développement durable. Cependant, l'économie de la durabilité est également liée aux questions d'équité en termes de consommation et d'impacts environnementaux. Sur ce sujet, la littérature sur le recyclage ne s'appuie pas sur un critère durable pour définir des trajectoires économiques optimales, mais, dans sa grande majorité, sur celui d'utilité escomptée : un critère qui favorise les générations actuelles au détriment de celles à venir.

Pour explorer le thème du recyclage dans un cadre de modélisation durable, on utilise un modèle de croissance néoclassique avec ressources et déchets résolu avec le critère du maximin. Le maximin est défini comme le plus haut niveau d'utilité qui peut être maintenu à l'infini.

Ce modèle simple complexifie l'analyse d'un niveau minimal de consommation durable. Des règles plus complexes de gestion des ressources sont reflétées par une nouvelle règle de Hartwick pour l'investissement qui dépend maintenant de l'accumulation des déchets et de l'utilisation du recyclage dans la production. Sous des hypothèses spécifiques, les résultats de ce modèle relativisent l'idée que le recyclage puisse permettre des trajectoires durables dans le cadre de la durabilité forte. Ce modèle est un premier pas vers l'étude du recyclage à l'aide des outils de l'économie de la durabilité qui met en évidence la façon dont les règles optimales d'investissement sont modifiées.

### Pour en savoir plus :

**Lafforgue G. et Lorang E. (2022).** Recycling under environmental, climate and resource constraints. *Resource and Energy Economics*, 67, 101278.

**Hoarau Q. et Lorang E. (2022).** An assessment of the European regulation on battery recycling for electric vehicles. *Energy Policy*, 162, 112770.

**Lorang E., Lobianco A. et Delacote P. (2022).** Increasing Paper and Cardboard Recycling: Impacts on the Forest Sector and Carbon Emissions. *Environmental Modeling & Assessment*, on line first, 1-12.

**Lorang E. (2022).** The resource, waste and climate conundrum: Essays on the economics of recycling. Thèse de doctorat de l'Université de Lorraine.