

Projet N°14

Parlons recyclage !

Le recyclage est un procédé de **traitement des déchets** et de **réintroduction des matériaux dans le cycle de production** d'autres produits.  
Trois problèmes principaux apparaissent: **l'usage dispersif**, **l'accessibilité** aux déchets et le **rendement** lors du processus de recyclage.

Mais voyons, à quoi bon recycler ?

Avantages du recyclage des métaux :

- Réduire le volume des déchets et leur pollution
- Éviter l'extraction des ressources naturelles ce qui réduit l'impact environnemental de l'extraction
- Créer des emplois localement

Comment rend-on le cuivre utilisable ?

2 étapes dans la transformation du cuivre suite à son extraction ou lors du recyclage :

- la **fusion** (« smelting ») : **chauffage** du cuivre à une température de 1200 °C
- **l'affinage** (« refining ») : **purification** du mélange de concentrés cuivreux issus des mines et de déchets de qualité moindre

L'utilisation de ces procédés pour le recyclage n'a pas toujours de **valeur ajoutée** intéressante en France → les **exportations de déchets métalliques** sont plus importantes que les importations correspondantes : 179 kt contre 55 kt pour le cuivre en 2019

Un exemple : le cuivre

Le cuivre en quelques chiffres

- **Réserves actuelles** (gisements découverts et jugés rentables, 2019) : environ **830 Mt**
- **Ressources mondiales** (réserves et gisements potentiels pas encore exploités en 2019) : **2 000 Mt**
- **2/3 des 550 millions de tonnes de cuivre produites depuis 1900 sont encore utilisées**
- **Besoin croissant** de cuivre : + **250 %** depuis 1960 (5 à 18 millions de tonnes)
- **Production minière** de cuivre dans le monde (2019) : **20,5 Mt**
- **41,5%** du cuivre utilisé en Europe **provient du recyclage** (ce qui représente entre 2 et 3 millions de tonnes)



Pourquoi recycler le cuivre en particulier ?

- La transition énergétique entraînera un **besoin croissant de cuivre**
- **Économie de 31 m³ d'eau** et de 300 kg eqCO<sub>2</sub> par tonne de cuivre recyclé (soit environ **40 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an dans le monde**)
- Recyclage du cuivre nécessite jusqu'à 85 % moins d'énergie que la production primaire → **économie de 100 millions de MWh d'énergie électrique par an dans le monde**
- **Épuisement des ressources**: en fonction des modélisations, le **pic d'extraction serait atteint avant la fin du siècle**
- Relation exponentielle inverse entre la concentration de cuivre et l'impact environnemental lié à son extraction : **à l'avenir, l'extraction traditionnelle sera de plus en plus coûteuse en énergie.**

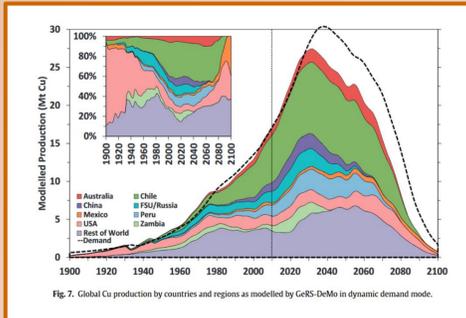


Fig. 7. Global Cu production by countries and regions as modelled by GeRS-DeMo in dynamic demand mode.

Northey, S., et al. « Modelling Future Copper Ore Grade Decline Based on a Detailed Assessment of Copper Resources and Mining ». *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 83, février 2014, p. 190-201. ScienceDirect

Ce n'est pas si simple...

Procédé de récupération en fonction de l'objet :

**Câble électrique** : granulation, tamisage et fonderie

**Carte électronique** :

**Procédé mécanique** :

**Micronisation** : broyage puis séparation par différence de densité, récupération de seulement 90% des métaux

**Procédé chimique** :

**Pyro-métallurgie** : broyage et pyrolyse, **très énergivore** (fours chauffés à 500 degrés)

**Hydrométallurgie** : dissolution avec acides, dégage dioxines et furanes (**gaz nocifs** pour l'environnement)

**Nanofils de cuivre dans les chaussettes** :

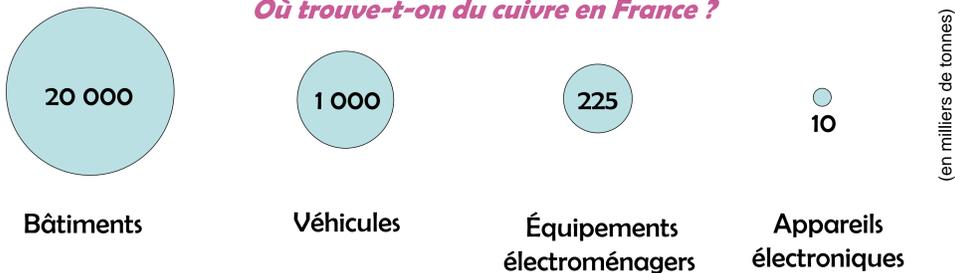
Utilisés pour limiter le développement de bactéries. C'est un usage dispersif dans lequel le **cuivre ne peut pas être récupéré**

Différence de recyclabilité selon les produits (usage dispersif ou non)

Quelle part de la demande française en cuivre peut être satisfaite à partir du recyclage des objets en fin de vie sur le territoire national ?  
La France pourrait-elle même devenir autonome en cuivre ?

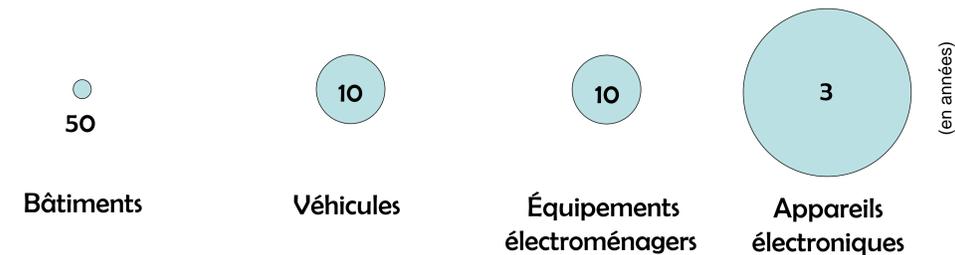
**Constat** : la France possède un **stock de cuivre important** sur son territoire  
**Objectif** : établir **deux scénarios** du recyclage et de la consommation en France pour les 30 prochaines années. Pour chaque scénario, déterminer si **le recyclage permettrait de répondre à la demande toujours croissante.**

Où trouve-t-on du cuivre en France ?



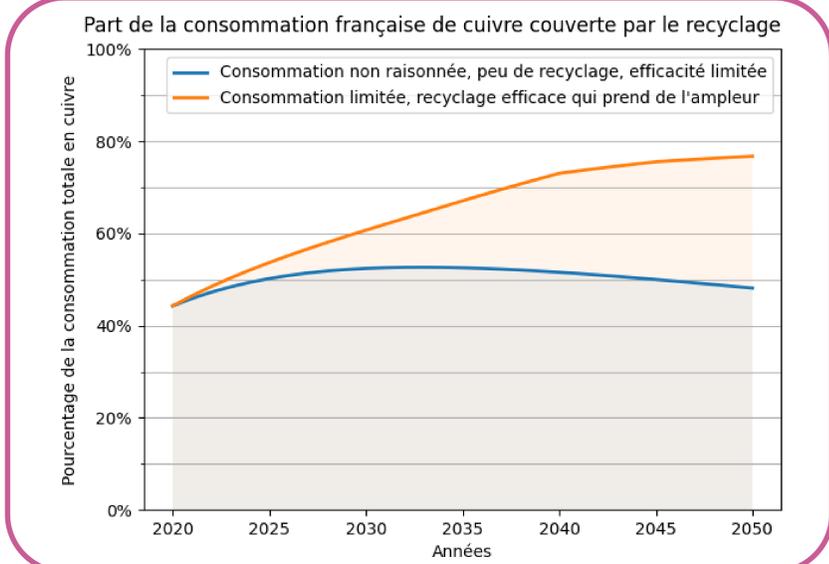
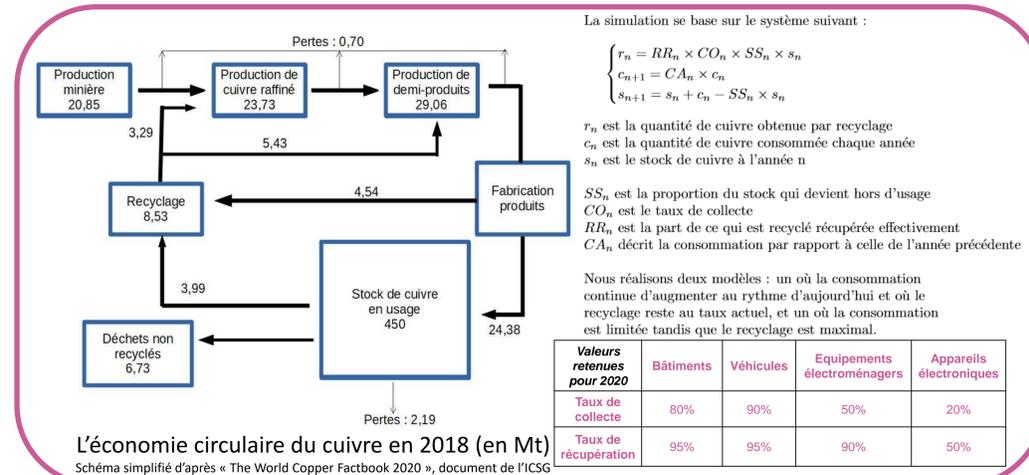
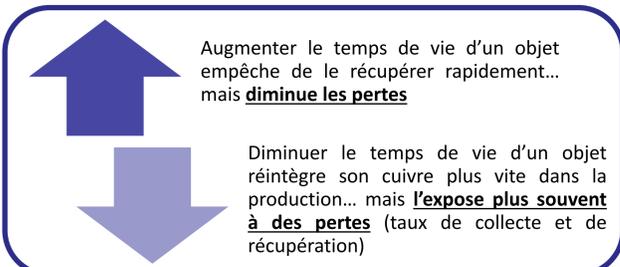
Pour chacun de ces secteurs, quels facteurs prendre en compte ?

**Le temps de vie de l'objet** : quantifie la **vitesse de retour** du cuivre dans la production



**Le taux de collecte** : un objet en fin de vie ou hors d'usage n'est pas nécessairement **apporté au recyclage ou collecté.**

**Le taux de récupération** : même si un objet est recyclé, on ne peut pas récupérer la **totalité du cuivre qu'il contient.**



La **plus grande marge de manœuvre** se trouve dans le **taux de collecte** de produits qui ne représentent pas la part la plus importante des réserves de cuivre recyclable (par exemple, les appareils électroniques).  
Même dans le cas le plus optimiste, **le cuivre recyclé ne parviendra pas à satisfaire la demande en France.**  
Cependant, les choix en terme de consommation et de recyclage pourront aboutir à un **écart décroissant entre la demande et l'approvisionnement en recyclage**, ce qui permettra de **s'adapter** à une diminution de la quantité de cuivre extractible.

