

L'empreinte carbone d'un pays comptabilise la quantité de gaz à effet de serre (GES) émise dans l'environnement pour satisfaire la demande finale intérieure d'un pays (consommation des ménages, des administrations publiques, des investissements,...). Cette définition prend en compte les biens et services consommés dans le pays, qu'ils soient produits sur le territoire ou importés de l'international, et ne comptabilise pas les émissions de GES issus de biens et services exportés.

On peut alors distinguer l'impact « direct », issu de la consommation d'un bien ou l'utilisation d'un service (par exemple le CO₂ émis par une voiture en France), de l'impact « indirect » qui mesure les émissions issues de la production d'un bien ou d'un service (par exemple le CO₂ émis pour construire la voiture en Corée du Sud).

Principe

L'analyse entrée-sortie est une **procédure comptable** qui s'appuie sur les tableaux entrées-sorties (TES) représentant des **interactions entre secteurs de l'économie**.

- TES :
- L'économie de chaque pays est **subdivisée en différents secteurs**.
 - Donnent la **production totale** d'un secteur, les **consommations intermédiaires** et la **demande finale**. Leur avantage est de comptabiliser les **impacts indirects** dans l'empreinte carbone d'un secteur.
 - C' est une **matrice** où les colonnes représentent un secteur, et les lignes les imports des autres secteurs. Donc un coefficient a_{ij} représente une transaction du secteur i vers le secteur j.

Dans l'hypothèse que l'économie est fermée, le total de la production X est égal à la somme de la consommation intermédiaire Z et de la demande finale Y :

$X = Z + Y$

L'analyse entrée - sortie

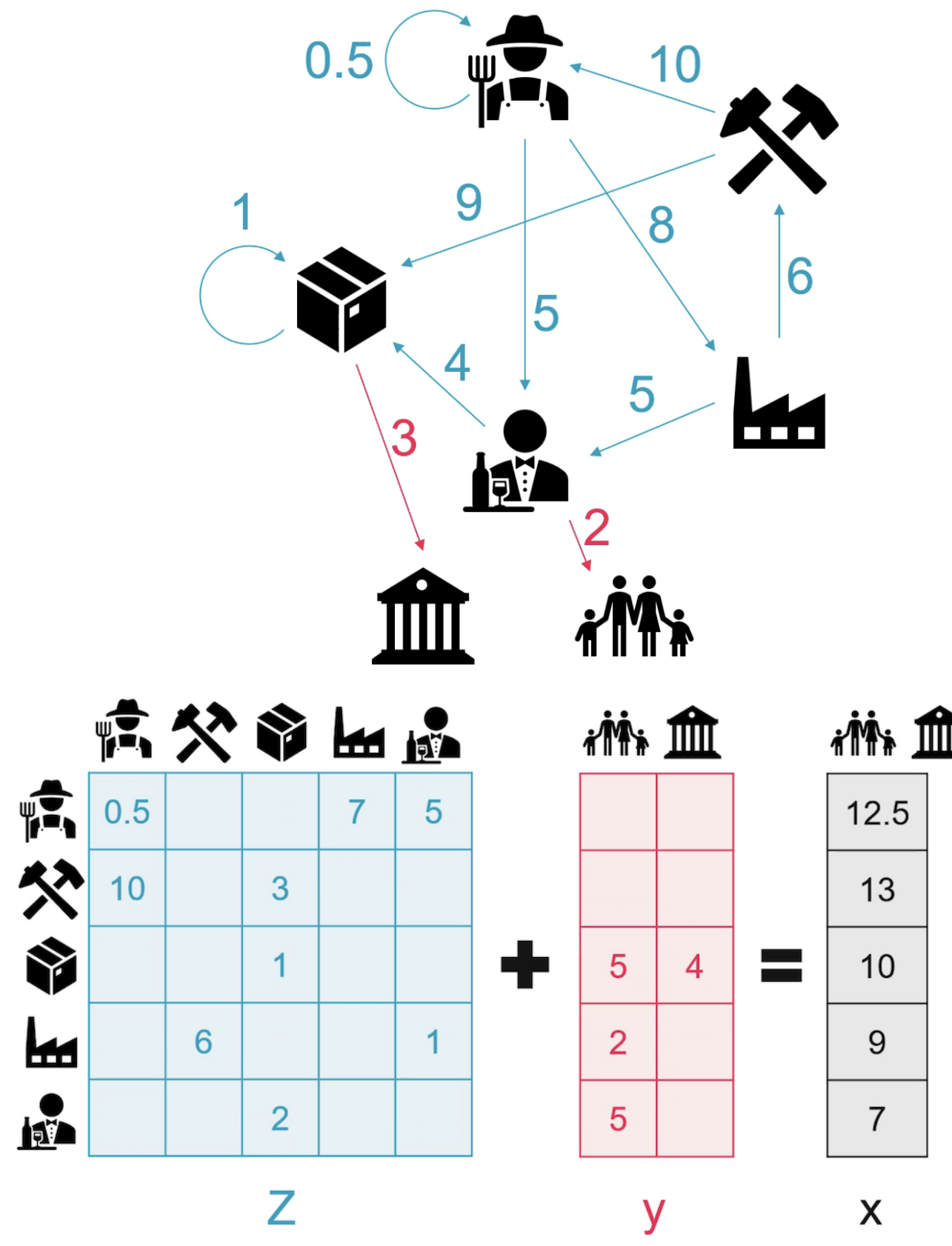
$A = Z \cdot X^{-1}$ correspond aux coefficients de **consommation intermédiaire**, elle donne le rapport pour chaque secteur entre sa production et ses imports.

Grâce à A on obtient la production totale en fonction de la demande finale : $Y = (I - A) \cdot X$

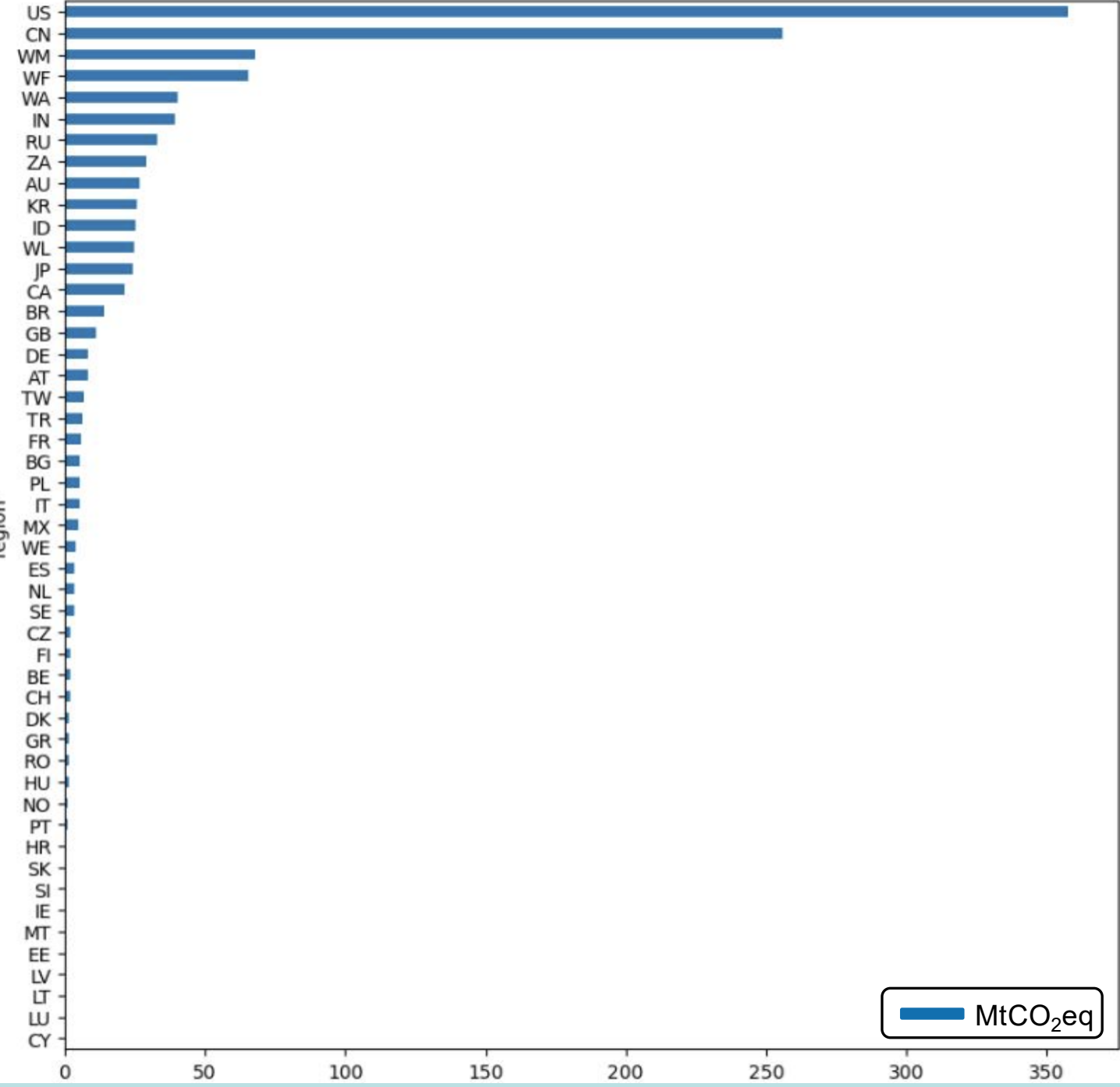
Soit $L = (I - A)^{-1}$ la **matrice de Leontief**, on a $X = L \cdot Y$. On peut alors remonter à la production primaire de chaque industrie en prenant en compte toutes les demandes, directes comme indirectes.

En **introduisant d'autres matrices** contenant les émissions de chaque secteur on évalue l'empreinte carbone totale d'un secteur. On retiendra par exemple la **matrice S** qui donne l'impact par euro pour chaque facteur environnemental et pour chaque secteur. L'empreinte carbone totale du secteur est alors : $D = S \cdot L \cdot Y$

Méthode



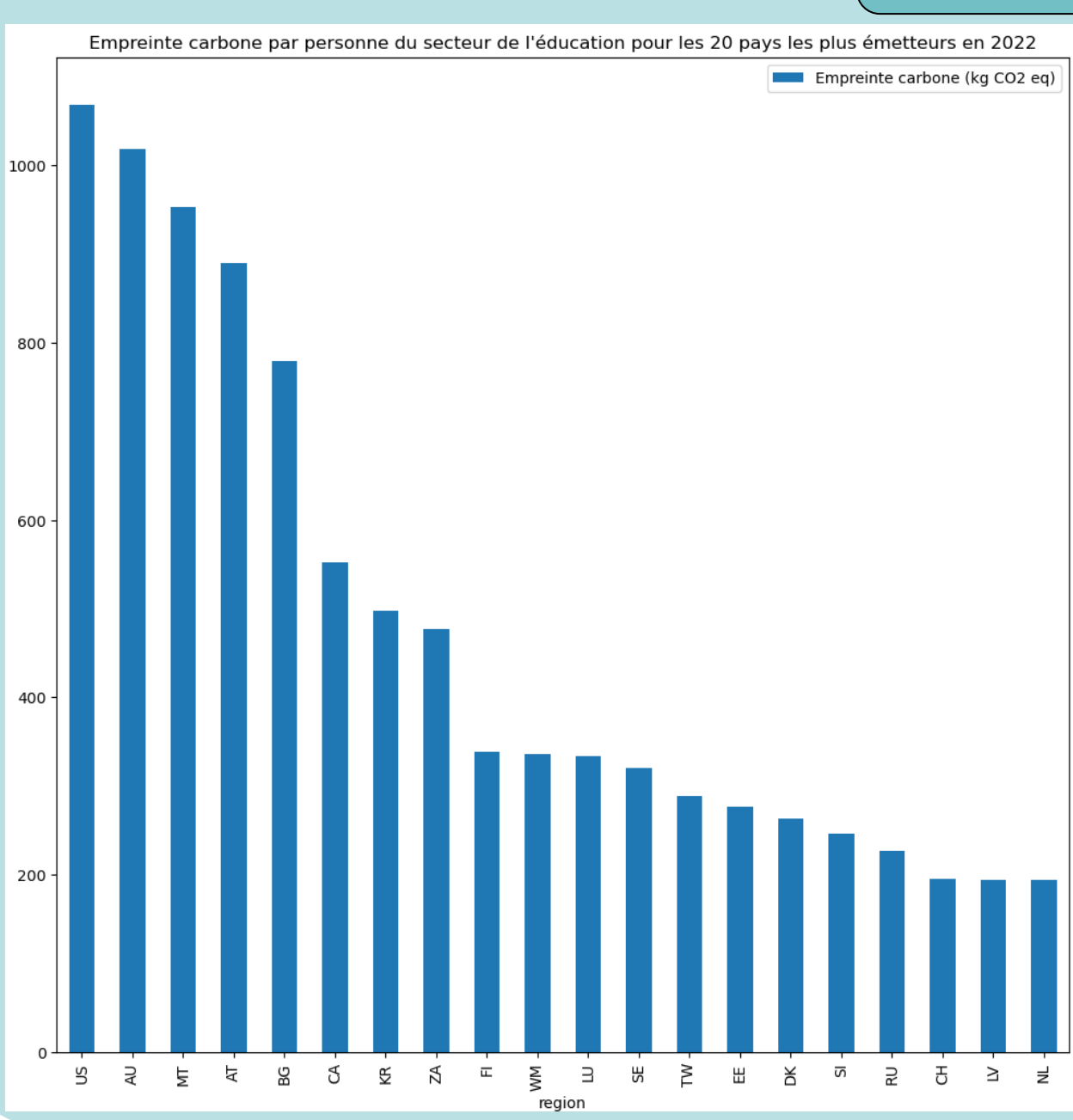
Empreinte totale par pays



→ Principaux émetteurs de GES parmi les systèmes éducatifs mondiaux

- Les **Etats-Unis** représentent l'éducation la plus coûteuse en carbone, suivis par la **Chine**.
- Les **émissions combinées** de ces deux pays représentent **autant que celles de tous les autres principaux pays émetteurs !**
- Cependant, là où l'empreinte carbone du secteur de l'éducation en Chine s'explique par une **population très importante** (1,41 milliards d'habitants), celle des USA témoigne d'un système éducatif à l'**impact environnemental inégalé**.

Empreinte totale par personne



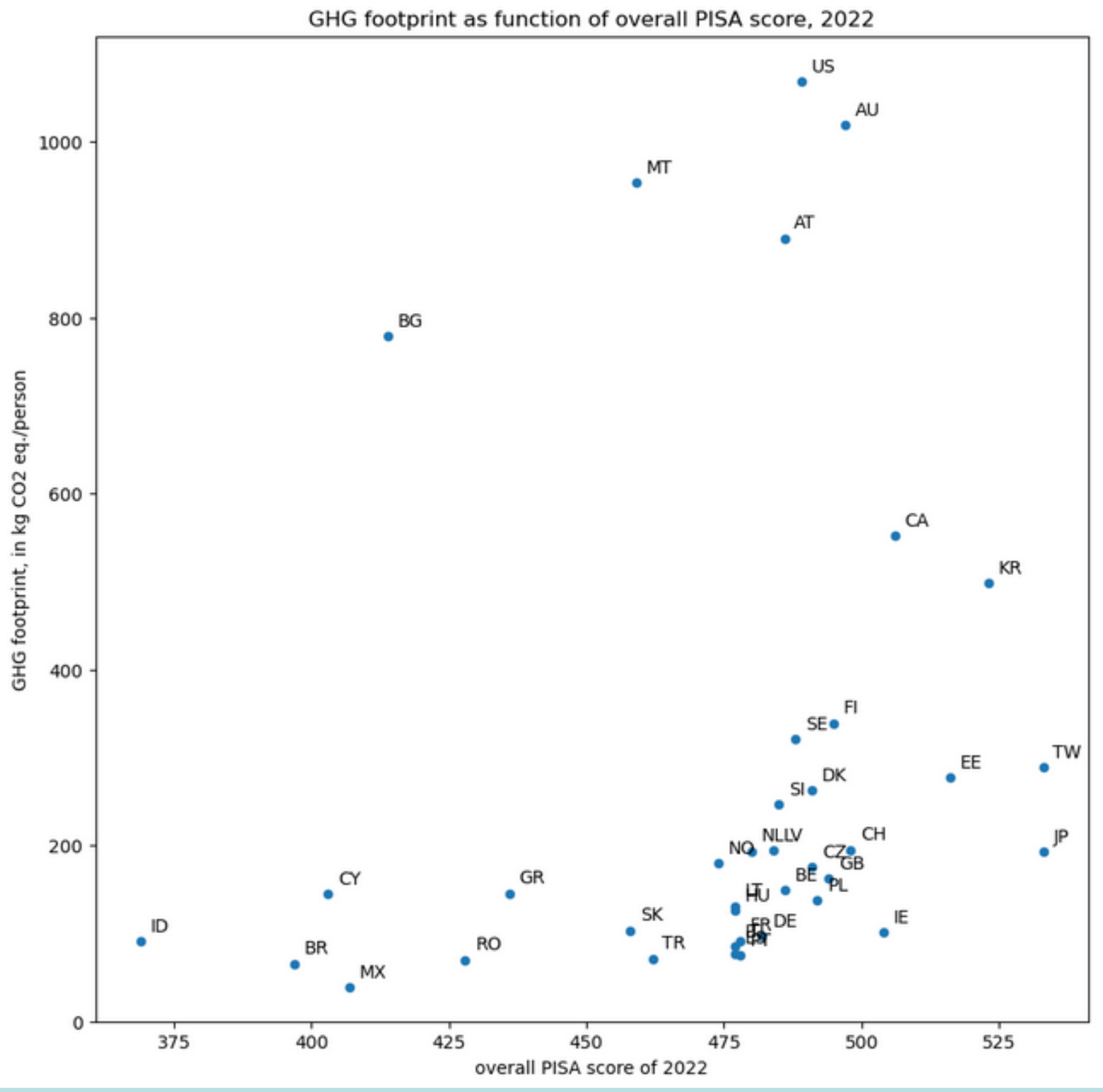
→ Emissions de gaz à effet de serre, mais cette fois-ci par personne, en kgCO₂eq, du secteur de l'éducation de chaque pays.

- Les Etats-Unis sont toujours en tête, bien que l'on ait maintenant pris en compte l'effet d'échelle dû aux différentes tailles de population. Toutefois, le pays est suivi de prêt par d'autres pays alors qu'il apparaissait nettement comme le plus gros pollueur mondial dans le secteur de l'éducation.
- Du point de vue des plus gros émetteurs de GES dans l'éducation, tous les continents sont touchés : on retrouve notamment l'Australie (2e), Malte (3e), la Corée du Sud (7e) suivie de près par l'Afrique du Sud (8e).
- Il y a tout de même un facteur 5 entre le premier et vingtième pays en ce qui concerne les émissions.

Empreinte par rapport à la performance

On observe une **légère corrélation croissante** entre le score PISA et les émissions de CO₂, mais celle-ci reste faible.

À empreinte carbone comparable, les **performances éducatives peuvent varier fortement** selon les pays. Certains pays obtiennent de **bons scores PISA avec de faibles émissions**, montrant une bonne efficacité éducative. À l'inverse, des pays comme les États-Unis ou l'Australie ont une **empreinte carbone très élevée** sans obtenir de meilleurs résultats PISA.



Ces pays ont des performances éducatives similaires à celles de pays européens, mais avec des **émissions nettement supérieures**. Les pays européens apparaissent ainsi comme **plus efficaces sur le plan éducatif au regard de l'empreinte carbone**, contrairement aux États-Unis.

Conclusion

Nous souhaitons faire remarquer que le projet initial était de comparer les **méthodes input-output et ACV** (davantage axée sur les émissions « physiques ») mais ce n'était pas envisageable car l'éducation est un secteur très dématérialisé, il était donc discutable d'utiliser cet outil. Cela permet de mettre en évidence que les méthodes de calculs ne sont pas parfaites, mais **des modèles** et que les services présents quotidiennement on une **empreinte carbone non négligeable**.

Nos graphes présentent **quelques limites**, il aurait été plus judicieux de calculer l'**empreinte carbone de l'éducation par étudiant** plutôt que par personne pour obtenir uniquement la population concernée. De plus, **Malte** semble avoir une éducation extrêmement carbonée mais cela est sans doute une aberration due à la faible population.

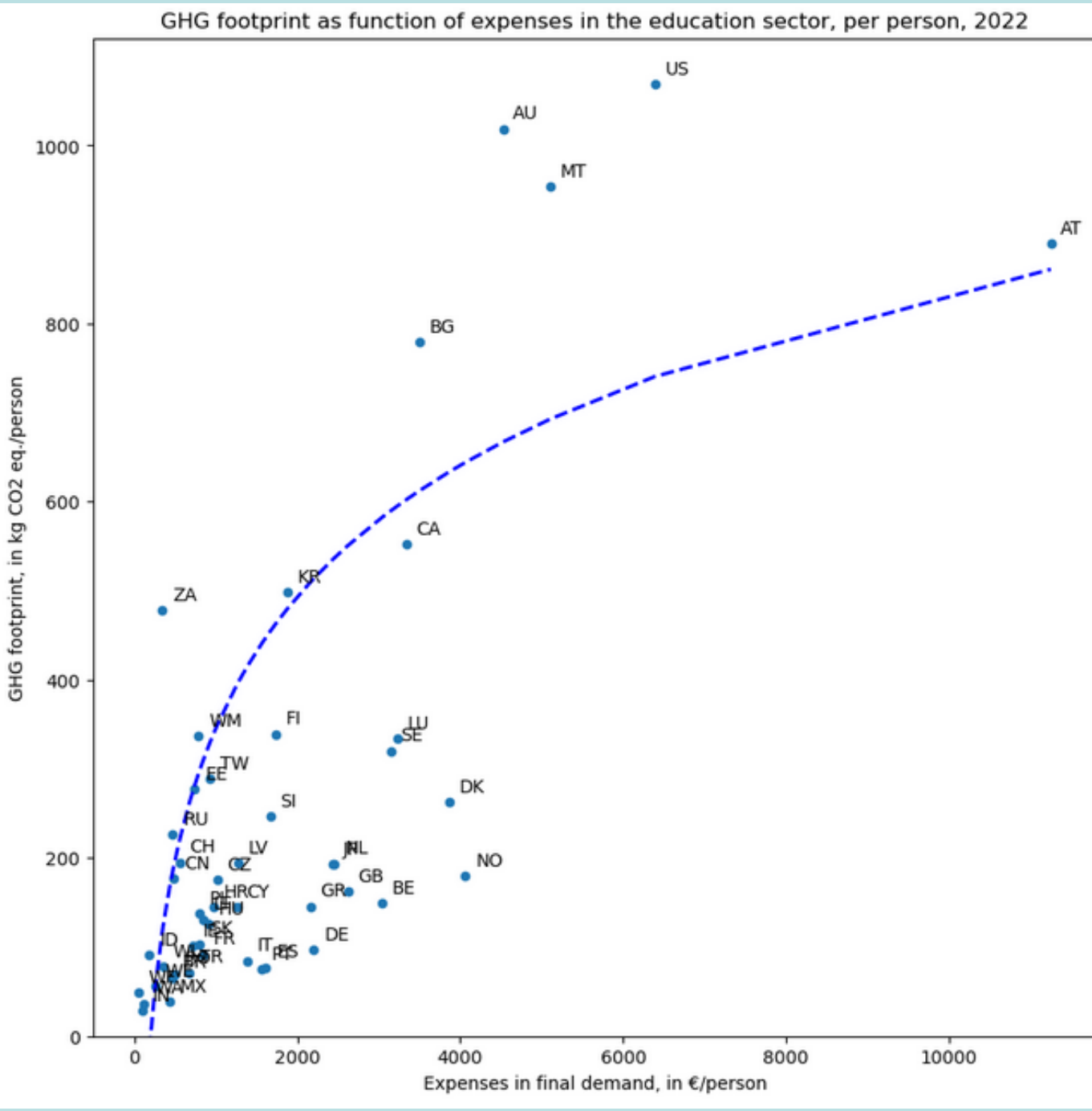
On a donc vu qu'émettre des GES semble être corrélé à la **réussite de l'éducation**, notamment car **ces émissions peuvent être reliées aux dépenses** mises en jeu. Cependant, certains pays obtiennent de très bons résultats malgré des émissions carbone raisonnables, ce qui montrent que **des politiques écologiques ou certains modèles éducatifs peuvent être efficaces**.

Empreinte par rapport aux dépenses

On remarque tout d'abord une **corrélation croissante entre les dépenses et les émissions de CO₂**; si, en théorie, une dépense plus élevée **pourrait se traduire par des initiatives plus écoresponsables**, ce n'est a priori pas le cas, et les dépenses **se traduisent plutôt par une empreinte carbone plus importante**. Ceci peut s'expliquer si l'on considère que les dépenses élevées servent à offrir davantage de services et d'infrastructures.

Toutefois, la relation entre dépenses et émissions **n'est pas linéaire** et dépend fortement des pays. Cela montre qu'il **existe des économies plus ou moins carbonées**.

Par exemple, la **Grèce et l'Allemagne** ont un budget et une empreinte carbone **équivalents** mais l'Allemagne est **loin devant au classement PISA**. **Taiwan émet 2 fois plus** de GES pour un budget plus faible mais dispose d'un des **meilleurs systèmes éducatifs** au monde.



Empreinte par rapport au nombre de prix Nobel

Les **États-Unis** représentent toujours le **plus gros émetteur de carbone** par personne, mais leur performance est nettement meilleure en termes d'éducation élitiste que généralisée.

En termes d'efficacité, les pays européens tels que la Grande-Bretagne, l'Allemagne et la France sont assez performants, **tout en ayant une empreinte carbone plutôt faible (facteur 40 comparé aux États-Unis)**.

On remarque aussi une **très grande plage d'émission de GES** pour les pays n'ayant qu'un seul prix Nobel : il n'y a **pas de relation claire** entre le nombre de prix Nobel et l'empreinte carbone.

La taille de la population influence le nombre de Nobel reçus mais agit surtout sur l'empreinte carbone totale, donc ce paramètre **ne nous préoccupe pas** et explique les fortes émissions de la Chine malgré peu de prix.

Les résultats doivent être pris **avec précaution** car comme tous les pays n'ont pas commencé intensivement la recherche en même temps, il aurait été plus précis de comparer le nombre de Nobel à l'**empreinte carbone cumulée** depuis 1901 ou depuis le début des financements pour la recherche.

