

Exploration de l'Économie Française avec des Tables Emploi-Ressource en unités Biophysiques

Alexandre BORTHOMIEU¹, Jean-Yves COURTONNE¹, Vincent JOST², Emmanuel KRIEGER¹, Guillaume MANDIL¹, Mathieu MANGEOT¹, Peter STURM¹

¹ Équipe STEEP, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRIA, Grenoble INP, LJK, Grenoble, France

² Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G-SCOP, Grenoble, France

Mots-clés : *comptabilité environnementale, ecological economics, réconciliation de données.*

1 Exemples de scénarios prospectifs

Pour éclairer les questions environnementales que posent nos sociétés modernes, de nombreux scénarios prospectifs ont été développés. Certains se caractérisent par une modélisation à très grande échelle (mondiale) comme Earth4All¹ inspiré de Limits to Growth [2] et des limites planétaires de Rockström *et al.* ou RCP et SSP, les scénarios développés et utilisés par le GIEC. D'autres sont développés pour avoir une échelle plus réduite et locale : AMS scénario climat-énergie-air du gouvernement français, Transition2050 scénario de l'ADEME pour la neutralité carbone en 2050, le Plan de Transformation de l'Économie Française (PTEF) réalisé par le ShiftProject, *négaWatt* scénario du secteur énergie en France ou encore *Afterres2050* scénario du secteur de l'alimentation et de l'agriculture en France. L'intérêt de ces scénarios est de représenter l'évolution possible des économies considérées en utilisant des équations «simples» (même si profondément impactantes). Le scénario de l'association *négaWatt*, qui fait l'hypothèse du démantèlement des centrales nucléaires et d'une utilisation quasi nulle d'énergies fossiles ainsi qu'une diminution drastique de l'énergie totale mobilisée dans l'économie, peut être représenté pour les années 2015 et 2050 grâce à des diagrammes de Sankey qui tracent les flux de l'économie étudiée. Cette méthode de visualisation des flux de matières et d'énergie est notamment utilisée dans le domaine de la compatibilité environnementale. Elle correspond d'ailleurs à la principale sortie de nos outils de modélisation. Cela nous permet d'explorer de nouvelles organisations de nos sociétés à partir de scénarios existants.

2 Croisement d'unités

L'exemple du scénario *négaWatt* nous permet d'introduire un aspect qui nous semble indispensable dans la construction d'une représentation complète et précise d'une économie donnée. *négaWatt* fournit un scénario très détaillé sur l'ensemble du secteur français de l'énergie. Cependant, il est nécessaire de déterminer si un tel scénario est physiquement réalisable. Pour ce faire, la prise en compte d'autres secteurs de l'économie (non abordé par le scénario) et leur lien avec le secteur déjà renseigné doit être réalisé. Nous allons développer une comptabilité énergie-matière qui va permettre de tracer les flux de l'économie avec à la fois le prisme de l'énergie et celui de la matière. D'autre part, nous avons développé une méthodologie qui nous permet de prendre en compte d'autres unités moins intuitives comme les surfaces aux sols ou le temps de travail humain.

Selon le courant de pensée "ecological economics", nous pouvons ainsi décrire les limitations biophysiques aux processus économiques et à leur réorganisation.

1. <https://www.earth4all.life/>

3 Croisement de filières

Comme nous venons de le mentionner, il est important de croiser les unités et cela implique bien souvent un croisement de filières. Plusieurs unités peuvent apparaître au sein d'une même filière et plusieurs filières sont indispensables pour décrire le lien énergie-matière.

Ces combinaisons de filières nous permettent de comprendre les différents enjeux que pose l'économie sur les ressources utilisées. En effet, en décrivant les différentes filières qui utilisent une ressource donnée, il est possible de mettre en évidence le phénomène de concurrence de ressources pour ces filières. Une autre possibilité, tout aussi essentielle dans nos sociétés très demandeuses en énergies fossiles, est de pouvoir déterminer les dépendances de chaque secteur aux ressources étudiées.

Ainsi, nos méthodologies nous permettent d'obtenir une description de notre économie dans le présent et de pouvoir envisager, *via* des paramètres, des organisations futures pour lesquelles la comptabilité biophysique proposée permettrait de quantifier les pressions environnementales et la comparaison vis-à-vis des limites planétaires.

Plus de références concernant la description multi-unités et multi-filières sont disponibles dans [1].

4 Exploration de la réconciliation

Les données nécessaires à la description complète de l'économie sont en trop grande quantité et parfois inaccessibles ou inexistantes. C'est pour cela que nous avons développé des outils mathématiques qui nous permettent de calculer ou d'approcher les données manquantes.

Ainsi, un processus de réconciliation est utilisé pour préciser ou rendre cohérentes les données récoltées. Il consiste à minimiser une fonction quadratique convexe sous-contraintes linéaires, ce qui peut être résolu avec un solveur commercial.

$$\min \sum_i \alpha_i (x_i - \hat{x}_i)^2 \quad (1)$$

$$\text{s.c. } Ax \leq b \quad (2)$$

Ici, x_i sont les valeurs calculées et \hat{x}_i sont les données d'entrée. La somme porte sur les variables i mesurées dans la réalité. Cet outil permet donc de pallier le manque de données ainsi que d'assurer la cohérence de la description (à travers la satisfaction de contraintes, telle que la conservation de masse dans chacun des processus).

5 Exploration de la réduction d'intervalle

L'objectif (1) est strictement convexe sur le sous-espace des variables mesurées. Donc si toutes les variables sont mesurées, l'optimum est unique. Mais lorsqu'il y a des variables non-mesurées, on cherche à déterminer l'intervalle des valeurs possibles pour chaque variable permettant de garder la valeur minimum dans l'objectif (1).

Cela peut être déterminé par deux programmes linéaires par variable non-mesurée par exemple.

Références

- [1] Alexandre Borthomieu, Jean-Yves Courtonne, Vincent Jost, Emmanuel Krieger, Guillaume Mandil, Mathieu Mangeot, and Peter Sturm. Exploring the French economy with physical supply-use tables. In *14th ISIE SEM Conference : Transforming socio-economic metabolism in times of multiple crises*, Vienne, Austria, September 2022.
- [2] Donella H Meadows, Dennis L Meadows, Joergen Randers, and William W Behrens III. The limits to growth. *Club of Rome*, 1972.