

---

# Évaluation des impacts économiques indirects selon un scénario de risque d'inondation

Ismail Saadi<sup>1</sup>, Ahmed Mustafa<sup>1</sup>, Jacques Teller<sup>1</sup>, Mario Cools<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Liège, ArGEnCo, Local Environment Management & Analysis (LEMA), Allée de la Découverte 9, Quartier Polytech 1, 4000 Liège, Belgium

Corresponding Author : ismail.saadi@ulg.ac.be

---

*RÉSUMÉ.* Dans ce papier, nous proposons un modèle intégré permettant d'évaluer les impacts économiques indirects causés par les risques d'inondation en Belgique. En tenant compte des risques d'inondation induits par l'accroissement de l'occupation du sol selon différents scénarios climatiques, les impacts économiques indirects peuvent être estimés à l'échelle microscopique en utilisant un modèle Input-Output (IO). IO est un modèle économétrique qui représente, sous forme d'une matrice Production-Consommation (P-C), les flux de marchandises et de matières premières entre les différents secteurs industriels classifiés selon la nomenclature NACE. Cette approche a donc été développée afin de décrire et comprendre, de façon plus précise, la propagation des dommages économiques d'ordre supérieur à travers l'ensemble de la structure économique. Cet outil de simulation permettra notamment d'opter pour les meilleures politiques d'aménagement du territoire dans les zones à risque.

*ABSTRACT.* In this paper, we propose an integrated framework to estimate the indirect economic impact due to flood risk in Belgium. By taking into account the land-use change and different scenarios of climate change, the economic impact can be estimated at the micro-scale level using an Input-Output (I-O) approach. I-O is an econometric model that represents the structure of an economy in the form of a Production-Consumption (P-C) matrix. From a physical point of view, it corresponds to commodity flows between different sectors classified according to the NACE code. This approach is implemented to describe and to better understand the propagation of higher order damage through the entire economic structure. This tool can be used to take strategic decisions in the case of transport and land-use policies within vulnerable areas.

*MOTS-CLÉS :* Analyse Input-Output, risques d'inondation, impact indirect.

*KEYWORDS:* Input-Output analysis, flood risk, indirect impact.

---

## 1. Introduction

Dans ce papier, l'objectif est de présenter une approche simplifiée essentiellement basée sur les travaux de Leontief [LEO 70] pour quantifier les impacts économiques indirects. En effet, la structure économique d'un pays donné peut être exprimée sous forme d'une matrice production-consommation (P-C). Chaque secteur d'activité importe des matières premières et/ou demande des services, de même qu'il génère des produits finis et/ou preste des services. Ainsi, chaque cellule de la matrice peut être assimilée à une quantité de matière exprimée en valeur monétaire (euros).

L'approche Input-Output (I-O) est très populaire auprès des économistes en raison de son efficacité et de sa flexibilité en terme d'implémentation. Elle permet notamment d'intégrer les effets environnementaux pouvant impacter l'ensemble de la structure économique de même que la relativité de son intensité [ZOU 16, YAN 16, YUA 15, ZHA 15]. L'analyse I-O peut être étendue pour couvrir plusieurs régions (MRIO) de sorte que l'information spatiale soit intégrée, à l'image des travaux de [ZHA 15].

Il existe également dans la littérature scientifique, des modèles I-O plus sophistiqués qui tiennent compte des effets dynamiques avec notamment l'intégration d'une variable temporelle [LIE 00]. En effet, l'une des principales hypothèses du modèle I-O standard repose sur l'invariabilité de la structure économique au cours du temps. Cette hypothèse est généralement valable sur des périodes plus ou moins courtes, cependant, pour des estimations d'impact s'étalant sur plusieurs années, les modèles dynamiques, bien que plus complexes à calibrer car plus gourmand en terme de données, permettent plus de réalisme.

Par ailleurs, la structure du modèle I-O est parfaitement adaptée pour être couplée avec le modèle 4-étapes qui permet d'estimer et simuler les flux de marchandises à travers un réseau de transport. Cependant, dans ce papier nous nous limiterons à l'analyse du modèle statique I-O ainsi qu'aux études des effets d'ordre supérieur suite à une perturbation d'une partie de la structure économique. Enfin, la calibration est assurée à l'aide des tables entrée-sortie publiées par le Bureau du Plan en 2010.

Dans la section "Méthodologie", nous présenterons les équations fondamentales décrivant la structure économique MRIO. Ensuite, nous exposerons la manière dont le modèle MRIO a été calibré ainsi que la définition et l'origine de chaque variable. En guise d'application, un scénario a été imaginé afin d'illustrer la façon dont se mesure un impact indirect. Sur base de ce cas test, une extension peut facilement être envisageable. Par ailleurs, une section est prévue pour présenter les résultats préliminaires. Enfin, nous établirons les principales conclusions de cette étude et les possibles pistes d'amélioration.

## 2. Méthodologie

En particulier, l'analyse I-O permet de déterminer l'effet d'une augmentation de la demande  $y$  pour n'importe quel secteur d'activité  $S$ . Dans ce cas, si la demande  $y$  augmente, le secteur  $S$  devra produire une plus grande quantité afin d'assurer les besoins exigés par  $y$ . De plus, pour que  $S$  produise une quantité supplémentaire, il convient d'adapter toutes les matières premières, produits intermédiaires et/ou services pour rendre effectif la production de  $S$ . À travers cette brève description, il est plus simple de comprendre l'intérêt d'une structure matricielle. Car elle renferme toutes les interconnexions entre les différents secteurs d'activité.

Ainsi, les produits intermédiaires émanant de chaque secteur d'activité doivent être exprimés en fonction de la demande finale (consommation) selon la relation  $x = f(y)$ .

De cette façon, toute variation de  $y$  se traduit par une variation de  $x$ . Dans un premier temps, il convient de calculer les ressources totales (matrice  $RT$ ). Chaque secteur produit une quantité

$$x_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{ij} + y_i \quad [1]$$

qui correspond tout simplement à la somme des produits intermédiaires et de la demande finale associée à ce secteur  $i$ .

Par ailleurs, si chaque élément  $z_{ij}$  est divisé par  $x_j$  (ressources totales selon  $j$ ), nous obtenons la matrice  $RT$  exprimant la structure sous forme de ressources. La manipulation permettant cette transition est définie par la relation :

$$RT_{ij} = z_{ij}/x_j \quad [2]$$

Cette forme permet de connaître la proportion de produits nécessaires à chaque secteur. En d'autres termes, il est plus simple d'identifier quel secteur nécessite d'importantes quantités de matières premières/produits intermédiaires. À partir de [2], on obtient

$$z_{ij} = RT_{ij}x_j \quad [3]$$

En introduisant [3] dans [1], il vient

$$x_i = RT_{i1}x_1 + RT_{i2}x_2 + \dots + RT_{ij}x_j + \dots + y_i \quad [4]$$

qui se traduit sous la forme matricielle suivante :

$$\mathbf{x} = \mathbf{RT} + \mathbf{y} \quad [5]$$

Pour obtenir une relation de type  $x = f(y)$ , il convient d'effectuer les manipulations suivantes :

$$\mathbf{x} = (\mathbf{1} - \mathbf{RT})^{-1}\mathbf{y} \quad [6]$$

En rebaptisant  $(\mathbf{1} - \mathbf{RT})^{-1} = \mathbf{L}$  (la matrice de Leontief), il vient

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ly} \quad [7]$$

La matrice de Leontief est fondamentale dans ce formalisme puisqu'elle permet d'évaluer tout impact initié par une quelconque perturbation. Supposons que la demande  $y$  pour un produit  $K$  diminue, il faut redéfinir  $y$  en introduisant la variation pour obtenir  $y'$ . Ainsi, en effectuant la manipulation suivante, nous comprenons comment chaque secteur doit adapter sa production pour satisfaire cette nouvelle demande :

$$\mathbf{x}_{NEW} = \mathbf{Ly}_{NEW} \quad [8]$$

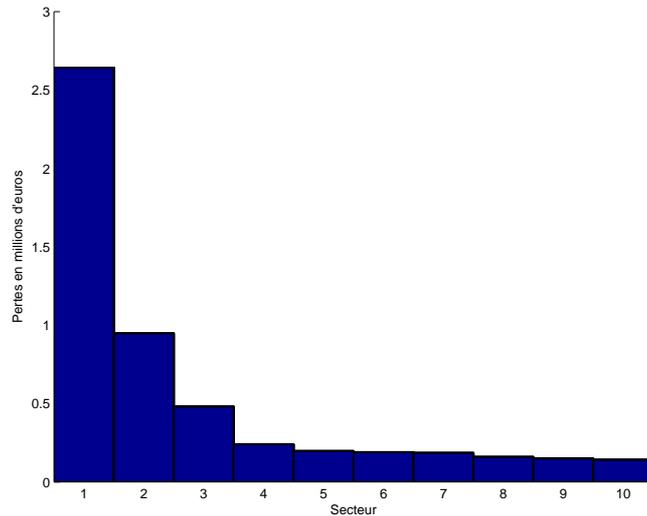
Quant à la variation, elle est traduite par

$$\Delta\mathbf{x} = \mathbf{x}_{NEW} - \mathbf{x} \quad [9]$$

### 3. Application

En Belgique, la structure économique est classifiée selon 97 catégories (code NACE). La catégorie 31 comporte les activités liées aux transports terrestres. Dans la théorie des systèmes de transport, l'offre (réseau de transport) et la demande (besoins en déplacement) se rejoignent pour former un équilibre stable [DIO 11], à l'image de la théorie de l'offre et de la demande en économie. Ainsi, une perturbation au niveau du réseau de transport va inévitablement provoquer un changement dans la demande et notamment des annulations de déplacements.

Avant d'effectuer les calculs, il convient de procéder à une répartition temporelle des flux de matière car les tableaux E-S du Bureau du Plan sont définis annuellement. Supposons donc que l'activité 31 est suspendue durant une semaine (hypothèse 1), tous les flux seront donc divisés par 48. En effet, les inondations peuvent durer un certain moment empêchant le fonctionnement normal des activités à proximité immédiate, de même que les activités indirectement connectées à celles touchées en zone inondée. De plus, il faut veiller à faire de même avec la demande pour déboucher sur une demande hebdomadaire  $y_{hebdomadaire}$ . Il s'agit bien évidemment d'une estimation moyenne. Il se peut que certaines périodes soient plus actives économiquement que d'autres et vice versa. Par ailleurs, la Figure 1 présente les 10 premiers secteurs touchés par la variation de la demande. À partir du quatrième secteur, les pertes continuent à diminuer mais beaucoup plus lentement.



**Figure 1.** *Pertes économiques par secteur d'activité*

Dans cette étude de cas, on se propose d'évaluer les impacts dans le cas où l'activité « Transports terrestres » subit une baisse de 5% (hypothèse 2). Les résultats indiquent qu'en moyenne, les pertes totales (sur une semaine) s'élèvent à 7,55 millions d'euros. Le secteur le plus touché est naturellement celui des « Transports terrestres » avec 2.64 millions d'euros car moins de services sont proposés en raison de la baisse de la demande. Ensuite, vient le secteur de « l'entreposage et services auxiliaires des transports » avec une perte s'élevant approximativement à 947.000 euros. Le reste des pertes est présenté dans la Figure 1.

#### 4. Conclusions

Dans ce papier, nous avons présenté une approche I-O pour simuler la structure économique en Belgique. Ce procédé a permis d'évaluer les variations dans la production totale et sectorielle suite à l'introduction d'une perturbation au niveau de la demande. Comme prévu, les variations sont négatives car les quantités/services nécessaires auprès du consommateur ont diminué. L'analyse I-O présente la particularité de capter l'ensemble des effets d'ordre supérieur en utilisant la matrice de Leontief  $L$ .

Dans l'avenir, l'extension du modèle permettra d'introduire des perturbations plus complexes. En effet, au-delà du secteur "Transports routiers", d'autres secteurs sont concernés comme le commerce de détail. Les pertes sont donc beaucoup plus importantes que celles estimées dans cette application.

Par ailleurs, l'intégration d'une variable spatiale permettra d'identifier précisément quels secteurs sont concernés par la perturbation. De plus, le couplage avec le modèle de transport permettra également de mettre à jour les flux de marchandises au moment de la perturbation. Dans ce cas, non seulement la demande variera, mais également les interconnexions entre secteurs d'activités. Car en réalité, tout flux de marchandise est assuré par des moyens de transport. Pour y parvenir, il convient d'abord d'identifier les cellules potentiellement affectées par un éventuel impact, ensuite en désagrégeant le flux en question à l'aide du modèle « transport », il sera possible d'identifier les déplacements affectés. Autrement, sans ce couplage il est très difficile d'estimer les pertes de manière réaliste.

## Remerciements

Cette recherche a été menée grâce aux Actions de Recherche Concertées (ARC) ainsi que le Fond Spécial pour la Recherche, financés par la Fédération Wallonie-Bruxelles.

## Bibliographie

### 5. Bibliographie

- [DIO 11] DE DIOS ORTÚZAR J., WILLUMSEN L. G., *Modelling transport*, John Wiley & Sons, 2011.
- [LEO 70] LEONTIEF W., « Environmental repercussions and the economic structure : an input-output approach », *The review of economics and statistics*, p. 262–271, JSTOR, 1970.
- [LIE 00] LIEW C. J., « The dynamic variable input-output model : An advancement from the Leontief dynamic input-output model », *The Annals of Regional Science*, vol. 34, n° 4, p. 591–614, Springer, 2000.
- [YAN 16] YAN J., ZHAO T., KANG J., « Sensitivity analysis of technology and supply change for CO 2 emission intensity of energy-intensive industries based on input-output model », *Applied Energy*, vol. 171, p. 456–467, Elsevier, 2016.
- [YUA 15] YUAN R., ZHAO T., « Changes in CO 2 emissions from China's energy-intensive industries : A subsystem input-output decomposition analysis », *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, 2015.
- [ZHA 15] ZHANG Y., ZHENG H., YANG Z., SU M., LIU G., LI Y., « Multi-regional input-output model and ecological network analysis for regional embodied energy accounting in China », *Energy Policy*, vol. 86, p. 651–663, Elsevier, 2015.
- [ZOU 16] ZOU Q., LIU X., « Economic effects analysis of seawater desalination in China with input-output technology », *Desalination*, vol. 380, p. 18–28, Elsevier, 2016.