

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/332153867>

Productive structure and the linkage effects in the era of global value chains: An input-output analysis

Article in *Revue D Économie Industrielle* · April 2019

CITATIONS

5

READS

206

3 authors:



Kaio Vital Costa

Federal University of Rio de Janeiro

31 PUBLICATIONS 28 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Marta Castilho

Federal University of Rio de Janeiro

61 PUBLICATIONS 273 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Martín Puchet Anyul

Universidad Nacional Autónoma de México

204 PUBLICATIONS 645 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



O Acesso das Exportações do Mercosul Ao Mercado Europeu [View project](#)



Red temática para mejorar el diálogo entre las comunidades involucradas en las políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación/Thematic network to enhance the dialogue between the communities involved in STI policy [View project](#)

Structure productive et effet d'entraînements productifs à l'ère des chaînes globales de valeur : une analyse input-output

*Productive structure and the linkage effects in the era of global value chains: an
input-output analysis*

Kaio Glauber Vital da Costa, Marta Reis Castilho et Martín Puchet Anyul



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rei/7369>

DOI : [10.4000/rei.7369](https://doi.org/10.4000/rei.7369)

ISSN : 1773-0198

Éditeur

De Boeck Supérieur

Édition imprimée

Date de publication : 15 septembre 2018

Pagination : 147-186

ISBN : 978-2-8073-9206-9

ISSN : 0154-3229

Référence électronique

Kaio Glauber Vital da Costa, Marta Reis Castilho et Martín Puchet Anyul, « Structure productive et effet d'entraînements productifs à l'ère des chaînes globales de valeur : une analyse input-output », *Revue d'économie industrielle* [En ligne], 163 | 3e trimestre 2018, mis en ligne le 01 janvier 2022, consulté le 03 juin 2022. URL : <http://journals.openedition.org/rei/7369> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rei.7369>

STRUCTURE PRODUCTIVE ET EFFET D'ENTRAÎNEMENTS PRODUCTIFS À L'ÈRE DES CHAÎNES GLOBALES DE VALEUR : UNE ANALYSE INPUT-OUTPUT¹

PRODUCTIVE STRUCTURE AND THE LINKAGE EFFECTS IN THE ERA OF GLOBAL VALUE CHAINS: AN INPUT-OUTPUT ANALYSIS

Kaio Glauber Vital da Costa, Instituto de Economia –
Universidade Federal do Rio de Janeiro
e-mail: kaio.costa@ie.ufrj.br

Marta Reis Castilho, Instituto de Economia –
Universidade Federal do Rio de Janeiro
e-mail: castilho@ie.ufrj.br

Martín Puchet Anyul, Facultad de Economía –
Universidad Nacional Autónoma de México
e-mail: anyul@unam.mx

 **Mots clés :** Structure productive, changement structurel, chaînes globales de valeur, complexité structurelle.

 **Keywords:** Productive structure, structural change, global value chains, structural complexity.

¹ Nous tenons à remercier les deux rapporteurs anonymes de cette revue pour leurs précieux commentaires, ainsi que l'éditeur de la REI, Vincent Frigant, pour sa relecture attentive. Les commentaires de Charlie Joyez ont également contribué à la version finale de l'article. La recherche menée avant et pendant l'élaboration de cet article a bénéficié du financement de la CAPES (Coordination pour le perfectionnement du personnel de l'enseignement supérieur, Gouvernement fédéral du Brésil) : Kaio Costa a reçu un financement dans le cadre du Programme national de post-doctorat (PNPD) et Marta Castilho est chercheure invitée à l'Université Complutense de Madrid dans le cadre du Programme PVEX de la même agence (Proc. 88881.172830/2018-01).

1. INTRODUCTION

Une voiture Honda est faite de 20 000 à 30 000 pièces produites par des milliers d'entreprises géographiquement dispersées. L'idée révolutionnaire d'Henry Ford, dont le rêve d'autosuffisance totale dans la production automobile fut réalisé dans son usine située au confluent des fleuves Rouge et Detroit (États-Unis), s'est avérée limitée en termes historiques (Bartelme et Gorodnichenko, 2015). Les décennies passant, l'idée d'intégrer verticalement toutes les étapes de la production s'est montrée inadaptée aux objectifs des entreprises transnationales (ETNs). Les gains de productivité sont devenus de plus en plus dépendants de la division internationale du travail entre entreprises, qui vendent des inputs intermédiaires à d'autres entreprises, générant un réseau complexe de relations commerciales.

Poussées par les diverses transformations qui eurent lieu dans les années 1980 et 2000², la fragmentation et la dispersion géographique de la production ont lié des pays de niveaux de développement distincts. Ces deux phénomènes ont engendré des relations complexes dans lesquelles le commerce international, les services complémentaires aux activités centrales des entreprises et les investissements directs étrangers (IDE) sont pratiquement indissociables. Le processus de fragmentation de la production présuppose que les ETNs s'installent dans plusieurs pays et y disséminent différentes tâches. Ces transformations dans le commerce international nous forcent à penser les transactions interindustrielles comme un ensemble de flux qui se divisent en segments localisés dans plusieurs pays. Dans ce contexte, non seulement la production tournée vers le marché domestique a nécessité une proportion toujours plus grande d'inputs

2 L'ouverture commerciale de la Chine, principalement son entrée dans l'Organisation mondiale du commerce (OMC), en 2001, et la dissolution de l'URSS, au début des années 1990, ajoutèrent des millions de personnes sur le marché du travail, avec des salaires relativement plus bas que ceux des pays développés. Ceci coïncida avec l'adoption de mesures de libéralisation commerciale sous la forme d'accords bilatéraux et régionaux, par exemple, le *Traité de libre commerce d'Amérique du Nord*, le *Marché commun du Sud* et l'ASEAN. De plus, les progrès que connurent les technologies de l'information et de la communication (TICs) impliquèrent une diminution des coûts de coordination et de transport. En conséquence, le commerce d'inputs intermédiaires s'est accru davantage que celui de biens et services finaux (Boddin, 2016).

importés, mais aussi le contenu importé des exportations augmenta au cours de ces dernières décennies.

Cette nouvelle organisation internationale de la production et des transactions des biens et services a reçu diverses appellations, telles que « division internationale du processus productif », « fragmentation du processus productif », « réseaux globaux de production et commerce » ou encore les « Chaînes Globales de Valeur (CGV) », cette dernière appellation devenant – et ce, non seulement au sein du monde académique – la dénomination la plus courante³. Ces terminologies sont issues des différents corps théoriques et, malgré la reconnaissance des apports et des limitations des différents fondements théoriques, nous adoptons la notion de CGV⁴. Ceci est motivé en grande partie par la reconnaissance de l'importance de l'apport théorique concernant la gouvernance des activités au sein des chaînes de valeur, ce qui a mis en évidence les relations de pouvoir entre les différents agents participant de telles chaînes.

Les Chaînes Globales de Valeur (CGV)⁵ sont régies, en général, par les ETNs qui coordonnent les décisions d'offre et l'assemblage de pièces et accessoires entre les divers pays, établissant entre eux des liens intersectoriels. Ce changement d'organisation de la production a été en grande partie conditionné par les stratégies microéconomiques d'internationalisation et de gestion des chaînes de valeur et de production des ETNs⁶ (Sarti et

3 Ou consensuel dès les débuts des années 2000, selon l'UNIDO (2018).

4 Smichowsky *et al.* (2016) discutent la fragilité des fondements théoriques des CGV ainsi que son usage – « most existing conceptual approaches is not explanatory and causal enough » (p. 5) –, suggérant qu'une telle fragilité a des effets sur la recherche portant sur les politiques économiques (« policy-related research »). En effet, les recommandations de politique économique – surtout celles provenant des institutions internationales – ont un caractère libéral qui ne découle pas logiquement de l'analyse basée sur les fondements des CGV.

5 Les Chaînes Globales de Valeurs sont définies par un des créateurs de l'expression et du concept comme « l'ensemble des activités menées par les firmes et les travailleurs afin d'amener un produit dès sa conception jusqu'à son utilisation » (Gereffi et Fernandez-Stark, 2016, p. 7, traduction de l'auteur). Cette expression s'est généralisée dans la littérature économique, apparaissant également dans des travaux qui utilisent des fondements théoriques et empiriques différents.

6 Ces stratégies gardent une forte connexion avec le récent processus de *financiarisation* des entreprises, qui impose des objectifs financiers de maximisation de profits

Hiratuka, 2010 ; Sarti et Hiratuka, 2017 ; Medeiros et Trebat, 2017 ; Inomata, 2017 ; Alfaro et al., 2015). Le résultat de ces stratégies fut la délocalisation d'étapes de la production des pays développés (PD) vers les pays en développement (PED), modifiant ainsi la carte mondiale de la production, des flux commerciaux et d'IDE.

Le transfert d'étapes de la production vers les PED a augmenté leur participation dans le produit industriel global (UNCTAD, 2015), reflétant la délocalisation d'une partie des activités des ETNs des pays développés récupérées par les PED. Bien que la participation de ces derniers dans la production manufacturière ait augmenté sensiblement au cours des deux dernières décennies, le résultat en termes de transformation structurelle et de développement diffère selon les pays et régions. Baldwin (2013) signale que l'insertion dans les chaînes de valeur ne garantit pas des « gains faciles » (p. 269) : si l'industrialisation est devenue plus facile et rapide, elle est aussi devenue moins « significative » (*meaningful*) en raison de sa plus faible densité et de la moindre interconnexion avec le reste de l'économie⁷. Cette industrialisation superficielle ne garantirait ni un processus soutenable de développement économique ni une amélioration des conditions de l'emploi et des revenus. Également, la position des entreprises des pays entrants peut contribuer à la capacité de ces mêmes firmes à évoluer (*upgrading*) dans les chaînes de valeur. En fait, certaines configurations peuvent même les amener à une situation où elles n'auront que des possibilités d'évolution limitée – Humpfret (2001/2004) montre que, dans certains cadres, les firmes leaders laissent peu d'espace pour que leurs fournisseurs puissent changer de position⁸.

associée, entre autres, à la réduction d'actifs et à la concentration dans les activités associées à ses « noyaux de compétence » (Milberg et Winkler, 2013).

7 Dans les termes de Baldwin, « While switching from the big push to the small nudges made it easier for some developing nations to get manufacturing jobs, it also made the result less meaningful in itself. The jobs came faster and with less intrusive industrial policy because the global value chain revolution made industry less lumpy and less interconnected domestically » (Baldwin, 2016, p. 269).

8 Lee, Szapiro et Mao (2017), par exemple, ont conduit une recherche basée sur trois études de cas. Leur motivation vient de la reconnaissance des risques associés à l'insertion dans les CGV. Selon les auteurs, « The motivation of the current study is that while joining GVC appears to be necessary for learning, the risk in being stuck in low value-added activities without making a progress toward higher tier in the value

Les différences de performances économiques entre les PED reflètent non seulement leur degré de participation dans les CGV, mais aussi la forme par laquelle les pays s'insèrent dans les CGV. L'amplitude des bénéfices qu'une économie tire de son insertion dépend en grande mesure de l'effet d'entraînement du secteur exportateur sur le reste de l'économie domestique. L'industrialisation génère d'autant plus d'effets positifs pour l'ensemble de l'économie (en termes de revenu et d'emplois) que la capacité du secteur à générer des effets d'entraînement avec l'économie domestique est importante.

En effet, la relation entre les marchés domestique et extérieur en présence des CGV est à double sens⁹ : d'une part, le marché domestique peut déterminer la forme d'intégration internationale, d'autre part, la configuration du marché domestique contribue à la diffusion des gains internationaux. Autrement dit, l'existence des chaînes domestiques ou d'un secteur productif domestique articulé peut fournir des conditions favorables à l'internationalisation des firmes en raison de leur expérience productive, de leur connaissance cumulée et de l'existence d'économies d'échelle (UNIDO, 2018). Des travaux empiriques basés sur l'analyse de l'évolution et de la performance d'un panel de pays ou sur l'analyse de cas spécifiques mettent en évidence l'importance de la connaissance et de l'apprentissage cumulés par les réseaux des firmes domestiques – tant par celles qui s'intègrent dans les réseaux internationaux que par ses fournisseurs locaux – dans la compétitivité et donc dans les conditions d'insertion dans les CGV¹⁰. En outre, une forte articulation entre les firmes opérant sur

chains exists, consequently causing the economy to fall into the so-called middle income trap (World Bank, 2010; Lee, 2013) » (Lee, Szapiro et Mao, 2017, p. 426).

- 9 De manière courante, la capacité de nouer des liens avec l'économie nationale varie en fonction du niveau de participation à l'investissement étranger direct, du mode de pénétration de l'IED et de la capacité d'absorption de l'économie nationale UNIDO (2018).
- 10 Beverelli *et al.* (2016) mettent en évidence pour un panel de pays les gains de productivité et donc une position plus favorable lors de l'entrée dans les CGV découlant de l'existence des chaînes productives domestiques. L'article de Lee, Szapiro et Mao (2017), s'appuyant sur l'analyse des cas de la Corée du Sud, Taiwan et Brésil, suggère qu'une position favorable dans les chaînes globales de valeur résulte du développement de ses « propres chaînes », ce qui serait plus probable en présence d'une articulation avec des firmes domestiques. Kummritz (2015) analyse un ensemble des 50 pays et 20 secteurs et trouve des preuves d'une relation positive entre la participation

les marchés internationaux et celles purement domestiques peut amplifier les résultats découlant de la participation aux marchés internationaux et augmenter le nombre potentiel de travailleurs, de firmes et de régions bénéficiaires. Une telle articulation peut empêcher, par exemple, l'apparition des enclaves peu propagateurs de bénéfices envers le restant du pays, comme on peut l'observer dans certaines Zones Spéciales d'Exportation (Fujii-Gambero et Cervantes-Martínez, 2017 ; World Bank, 2017).

Bien qu'une littérature croissante sur les liens entre les économies domestiques et les firmes participant aux CGV fleurisse récemment, dans la plus large partie de la littérature sur l'insertion des pays dans les CGV, l'analyse des impacts provoqués par l'augmentation du contenu importé sur le niveau d'interdépendance entre les secteurs domestiques a été bien souvent négligée. Face à la diversité des formes d'insertion des économies en développement dans les CGV, il s'avère nécessaire d'étudier comment les différents modèles et capacités d'insertion des PED dans le système internationalisé de production se reflètent dans le modèle d'insertion commerciale et dans la structure productive de ces économies. Le modèle asymétrique de participation de ces économies dans les CGV permet de mettre en évidence l'existence de structures productives de différents niveaux de complexité, ce qui permet de comprendre les différents modèles d'insertion¹¹.

Si les pays en développement présentent différents modèles de participation dans les CGV, résultat à la fois des décisions microéconomiques des ETNs et de leurs stratégies de politique économique, il nous incombe de nous demander dans quelles mesures les structures productives historiquement déterminées influencent et sont influencées par les différents modèles d'insertion dans les CGV. Pour Meng *et al.* (2017), Lopez-Gonzalez, Meliciani et Savona (2016) et Beverelli *et al.* (2016), la réponse à cette question dépend du degré d'effet d'entraînement entre les secteurs domestiques au sens originellement donné par Hirschman (1961). Pour les auteurs susmentionnés, les chaînes productives domestiques constituent le fondement à partir duquel les pays s'insèrent dans les différentes étapes des CGV. En d'autres termes, les niveaux et modèles d'interdépendance entre

dans les CGV et la valeur ajoutée domestique uniquement pour les pays à moyen et haut revenu. Les pays plus pauvres bénéficieraient de *spillovers* et d'*upgrading* technologiques s'ils possédaient une plus forte capacité d'absorption technologique.

11 Chenery et Watanabe (1958), Hirschman (1961) et Syrquin (1988).

secteurs peuvent expliquer une partie significative de l'actuelle participation des PED dans les CGV.

Dans le présent article, la relation entre la structure de la production domestique et son insertion dans les CGV est analysée. En reconnaissant le double sens de cette relation, nous analysons l'évolution de trois indicateurs : tout d'abord, la part de la valeur ajoutée étrangère dans les exportations des pays afin de capter leur degré d'insertion dans les CGV, et les deux autres concernent des mesures différentes du degré d'articulation intersectorielle. L'indice global de circularité (IGC), proposé par Lantner (1972), est basé sur l'interprétation des déterminants des matrices d'inputs. Cet indicateur synthétique capture la position et l'intensité des connexions entre les secteurs, permettant d'interpréter la complexité des structures productives à partir du réseau d'interdépendances hiérarchiques entre secteurs de l'économie. Le second indicateur – la méthode de la longueur de propagation moyenne (*Average Propagation Lengths*) – mesure la taille de la chaîne de production des secteurs et donc, la distance entre secteurs. En mettant en lumière les relations entre insertion extérieure et structure productive, l'article souhaite contribuer à la discussion sur l'insertion des PED dans les CGV. De plus, en utilisant les indicateurs de complexité structurelle mentionnés, nous prétendons avancer sur le thème de la complexité des économies qui, comme le montre la section 1, est parfois approchée de façon inadéquate pour le traitement de la structure productive des économies.

L'analyse d'un panel de pays de différents niveaux de développement pour la période 1995-2011 – pour laquelle les données étaient disponibles lors de l'élaboration de cet article – permet de montrer, d'une part, la diversité des situations, ce qui met en évidence qu'il n'y a pas d'automatisme dans la relation entre ces deux aspects. Par conséquent, d'autres facteurs doivent être considérés lorsqu'on examine les effets de l'insertion dans les chaînes de valeur. Souvent, la littérature sur les CGV attire l'attention sur le caractère régional de ces chaînes (Baldwin, 2016). L'Asie, étant une des trois « Chaînes Régionales de Valeur » (avec les chaînes européenne et nord-américaine) et probablement la plus dynamique en termes commercial et manufacturier, a été objet d'un grand nombre d'études¹². L'Amérique latine y est partiellement intégrée. Si le Mexique participe activement à la chaîne nord-américaine, les autres pays de la région – en particulier

¹² Voir, par exemple, UNIDO (2018).

ceux d'Amérique du Sud – présentent des participations bien plus faibles. C'est le cas notamment du Brésil, où l'intégration dans les CGV est relativement faible – plus forte du côté des importations brésiliennes que de ses exportations. Cette distance aux CGV est souvent pointée comme un handicap pour cette économie. Dans le présent article, l'analyse des relations entre insertion dans les GCV et complexité met l'accent sur la performance mexicaine et brésilienne. Le Mexique et le Brésil sont deux pays en développement avec des parcs productifs considérables, ayant adopté des stratégies d'internationalisation assez différentes dans les années 1980 et 1990. Tandis que le premier s'est relié à son grand partenaire commercial par l'ALENA, la libéralisation commerciale au Brésil a eu une forte composante multilatérale et les relations régionales avec ses voisins du Mercosur sont bien moins développées que dans le cas Mexique-États-Unis. Malgré ces différences ainsi que celles d'insertion dans les CGV, les deux pays ont vu leur complexité structurelle se réduire au cours de la période 1995-2011. Pour les raisons déjà exposées auparavant, la relation entre insertion dans les CGV et complexité structurelle est d'un intérêt particulier pour les économies en développement. Les particularités des cas mexicains et brésiliens en termes d'insertion dans les CGV, le nombre considérable d'études existant sur les pays en développement asiatiques ainsi que la disponibilité des données nous ont amenés à mettre l'accent sur le cas de ces deux pays, tout en les comparant à des pays de tous niveaux de développement.

Outre l'introduction et la conclusion, l'article comprend quatre sections. Dans la section 2 sont revisités les principaux aspects de la littérature expliquant les différentes participations des pays dans les CGV, en cherchant à souligner l'importance de la complexité structurelle pour l'insertion externe des pays. Dans la section 3, la base de données et la méthodologie employée pour construire les indicateurs utilisés dans cette étude sont présentées. Enfin, les résultats sur les indices respectifs sont présentés dans la section 4.

2. LA COMPLEXITÉ STRUCTURELLE COMME ASPECT PARTICULIER DE L'ARTICULATION INTERINDUSTRIELLE

L'interdépendance entre les divers secteurs économiques est une des principales contributions de l'analyse input-output. Il existe diverses manières

de mesurer l'interdépendance, allant des études pionnières de Chenery et Watanabe (1958), Rasmussen (1956) et Hirschman (1961) aux modèles plus sophistiqués, comme les mesures d'interdépendance de Yan et Ames (1965), la *transactions rounds matrix* de Robinson et Markandya (1973), la mesure de cyclicité de Finn (1976) et la mesure d'auto-valeur dominante de Dietzenbacher (1992). Parmi les exemples de mesures d'interdépendance les plus récents – ce qui montre le regain d'intérêt pour ce type de recherche –, figurent la taille des chaînes productives (Romero, Dietzenbacher et Hewings, 2009)¹³ et la complexité comme mesure d'interdépendance entre les secteurs (Amaral, Dias et Lopes, 2007).

La plupart de ces études emploient le terme « complexité économique » pour désigner le résultat de la complexification croissante du réseau d'interdépendance au sein d'une économie. Sonis et Hewings (1998) la définissent comme le résultat du processus graduel (ou propriété émergente) de complexification du réseau d'interdépendance entre les secteurs et tous les possibles sous-systèmes économiques.

Du point de vue des indices de complexité basés sur les indicateurs d'interdépendance, Basu et Johnson (1994) affirment que les différentes méthodes pour fournir des indices à partir des matrices d'inputs peuvent être classifiées comme suit :

1. indices basés sur les matrices de flux interindustriels ;
2. indices basés sur des matrices booléennes¹⁴ ;
3. indices basés sur la matrice inverse de Leontief ;
4. indices basés sur des approches mixtes.

Comme l'analyse interindustrielle traite des interrelations nécessaires à la production de biens et services, la fonction primordiale de l'analyse structurelle est de suivre le cours des chaînes de biens et services d'un secteur à l'autre de la structure. Ainsi, l'intérêt de l'analyse structurelle, depuis ses premières formulations avec Leontief (1985), est la construction

13 L'APL fut initialement proposé par Harthoorn (1988) et ultérieurement modifié par Dietzenbacher, Romero et Bosma (2005) et Dietzenbacher et Romero (2007).

14 Fornari, Gomes et Hiratuka (2017) utilisent cette méthode pour calculer l'indice de densité des structures productives pour 12 pays, indice qui apparaît comme une *proxy* pour le degré de complexité structurelle de ces économies.

d'indicateurs qui permettent de comprendre l'architecture des structures productives des pays.

Dans cette approche de l'analyse structurelle, Wong (1954) propose que le déterminant de la matrice de coefficients techniques, $\Delta = (I - A)$ soit une mesure relative du volume de la production nette et de la complexité du système productif. L'approche proposée par Lantner (1972, 1974) part également de l'interprétation des déterminants matriciels, mais a pour fondement les théorèmes proposés par Bott et Mayberry (1954). À partir de l'étude des déterminants de matrices d'inputs, Lantner (1972, 1974), Gazon (1976) et Lantner et Lebert (2013, 2015) élaborent le concept de circularité structurelle. L'indice global de circularité (IGC) vise à mesurer le niveau d'interdépendance entre secteurs d'un système économique donné.

Du point de vue quantitatif, le déterminant présente l'avantage d'être un indicateur synthétique, qui montre l'arrangement interne de la structure des secteurs productifs, c'est-à-dire de la position et de l'intensité des connexions entre les secteurs. Du point de vue qualitatif, il permet d'interpréter la complexité des structures productives comme le résultat du processus graduel d'expansion du réseau d'interdépendances hiérarchiques entre secteurs de l'économie. De plus, il est possible de réaliser une analyse de décomposition structurelle à partir du calcul des déterminants, de façon à pouvoir calculer d'autres indices globaux.

L'IGC est un indicateur de la quantité de circuits de rétro-alimentation existant entre les secteurs d'une économie. La présence des circuits de rétro-alimentation indique que les relations entre les secteurs productifs sont plus denses et que les secteurs sont plus intégrés entre eux. La structure productive devient plus complexe et développée à mesure que le nombre de circuits de rétro-alimentation augmente par rapport à celui de tous les circuits unissant tous les secteurs (Puchet, 1996).

Quand une structure productive devient plus complexe, au sens où chaque secteur dépend de toujours plus d'autres secteurs en tant que fournisseurs d'inputs pour sa production, la demande intermédiaire augmente proportionnellement au produit total et la génération d'effets de rétro-alimentation entre les secteurs s'accroît. Comme l'a signalé Aroche-Reyes (1993), l'IGC ne dépend pas de la taille des coefficients techniques, mais de la complexité de la structure productive, définie par la présence de circuits

de rétro-alimentation entre les secteurs. Contrairement à l'indicateur de complexité économique élaboré par Hausman *et al.* (2014), qui considère le degré d'interdépendance entre les secteurs de la structure productive pour analyser la complexité économique à partir des produits exportés par les pays, l'indice de complexité structurelle est élaboré exactement à partir de la matrice d'inputs¹⁵. Cette approche permet une meilleure compréhension de la complexité structurelle des économies, faisant la lumière sur les modèles d'interdépendance présents dans la structure productive.

3. BASE DE DONNÉES ET MÉTHODOLOGIE

Cette section résume la méthodologie sous-jacente au calcul des mesures employées pour évaluer la participation des pays dans les CGV – contenu importé présent dans les exportations –, la taille moyenne des chaînes productives et l'indice global de circularité.

Les données employées pour la construction de ces indicateurs proviennent des tableaux d'inputs mondiaux pour la période 1995-2011, qui ont été établis dans le projet *World Input-Output Database (WIOD)*¹⁶. Cette base correspond à des tableaux input-output multi-pays et résulte d'un effort d'harmonisation des statistiques nationales, ce qui explique le nombre relativement réduit des pays (40) et des secteurs (35)¹⁷. Néanmoins, les secteurs comprennent les activités extractives végétales et minérales, ainsi que les secteurs manufacturiers et les services (voir Annexes 1 et 2). Même si la désagrégation est plus faible que celle souhaitable à l'analyse de la complexité, sa couverture géographique et temporelle justifie amplement son utilisation.

15 Dans une étude réalisée sur l'économie brésilienne au cours des années 2000, Torracca (2017) montre comment la liste de produits exportés diffère du modèle observé pour la production interne. Ceci montre que le modèle de production interne peut différer de celui prévalant dans le secteur exportateur, surtout dans les économies riches en ressources naturelles et avec une complexité structurelle relativement avancée.

16 La base est présentée et accessible au lien : <http://www.wiod.org/home>.

17 Une version de la base WIOD couvrant la période 2000-2014 a été lancée en 2016. Elle présente une désagrégation sectorielle et une couverture des pays différentes de la précédente, ce qui rend impossible la compatibilité des deux versions et empêche une couverture des années 1990, période de fort essor des CGV.

3.1. Valeur ajoutée étrangère contenue dans les exportations

La mesure de commerce en valeur ajoutée implique d'allouer la valeur ajoutée au long de la CGV pour chaque producteur, pays ou région, nécessitant des matrices d'inputs avec des informations concernant tous les flux bilatéraux d'inputs intermédiaires et biens et services finaux. La disponibilité des matrices multi-pays a permis plusieurs contributions méthodologiques en termes de création d'indicateurs de commerce en valeur ajoutée, c'est-à-dire de mesures de participation dans les CGV. Certaines études récentes généralisent le concept de spécialisation verticale de Hummels, Ishii et Yi (2001) et mettent en évidence différentes dimensions du flux international de valeur ajoutée (Daudin, Riffart et Schweisguth, 2011 ; Johnson et Noguera, 2012 ; Koopman, Wang et Wei, 2014). La valeur ajoutée étrangère contenue dans les exportations fait partie de cette dernière génération d'indicateurs et peut être décomposée à niveau très détaillé en termes sectoriels.

Selon Dietzenbacher (2013), pour mesurer la spécialisation verticale, au niveau des pays, deux indicateurs doivent être employés : i) les importations nécessaires à la réalisation des exportations et ii) la valeur ajoutée nécessaire pour réaliser les exportations. Une façon de fournir une échelle relative à ces indicateurs consiste à utiliser le quotient de la valeur des importations par la valeur ajoutée sur le total des exportations de l'économie :

$$VS = \frac{s'M(I-A)^{-1}e}{s'e} \quad (1) \quad \text{et} \quad VA = \frac{w'(I-A)^{-1}e}{s'e} \quad (2)$$

où s' est un vecteur de somme, M la matrice des inputs importés, e le vecteur colonne des exportations, w' le vecteur ligne de la valeur ajoutée, $s'e$ désigne les exportations et $(I-A)^{-1}$ la matrice inverse de Leontief.

La somme de VS et VA est égale à 1, ce qui signifie que la valeur des exportations se décompose entre valeur ajoutée étrangère (correspondante aux importations nécessaires à la production des exportations) et valeur ajoutée domestique. Formellement, nous avons :

$$VS + VA = \frac{(s'M + w')(I-A)^{-1}e}{s'e} = \frac{s'(I-A)(I-A)^{-1}e}{s'e} \quad (3)$$

3.2. Les indicateurs *effet d'entraînement en amont et en aval* à partir de la méthode de la longueur de propagation moyenne (*Average Propagation Lengths*)

En général, les matrices d'inputs montrent que chaque secteur vend une certaine part de sa production à d'autres secteurs, de même qu'il consomme une autre part de cette production. Ainsi, chaque secteur établit une relation avec les autres secteurs représentés dans les matrices. La méthode *average propagation lengths* proposée par Romero, Dietzenbacher et Hewings (2009) sert à mesurer la taille de la chaîne de production des secteurs ou la distance entre secteurs.

Selon Romero, Dietzenbacher et Hewings (2009)¹⁸, les APLs mesurent (directement) les effets de la fragmentation sur la complexité structurelle des économies. D'un côté, la dispersion géographique de la production mène à une relocalisation des processus productifs pour les autres pays. Les chaînes productives qui avant étaient situées dans un unique pays sont maintenant fragmentées et s'organisent entre différents pays géographiquement dispersés. En conséquence, la complexité structurelle et les interdépendances sectorielles tendent à diminuer dans le pays qui perd une partie des chaînes productives. De l'autre côté, dans les pays qui attirent de nouvelles activités, la taille des effets indirects et la taille de la chaîne de production peuvent augmenter, puisque ces nouvelles activités ont des effets d'entraînement avec les entreprises domestiques.

De manière synthétique, lorsque l'APL est dérivée du modèle de Leontief déterminé par la demande, l'impulsion exogène se rapporte à une demande de quantité de demande finale, alors qu'elle est une poussée de prix primaire lorsque le modèle de Ghosh axé sur l'offre est utilisé. Romero, Dietzenbacher et Hewings (2009) montrent que l'APL calculée de cette façon est égale, par définition, à l'APL calculée à partir de l'inversée de Leontief¹⁹. À partir du modèle de Leontief, l'APL peut être définie comme suit :

$$APL = v_{ij} = \sum_{k=1}^N k \left[\frac{\{A^k\}_{ij}}{\sum_{i=1}^N \{A^k\}_{ij}} \right] \quad (4)$$

18 Pour une critique à la méthode, voir Oosterhaven et Bouwmeester (2013).

19 Voir l'annexe C.

Dans l'équation 4, le terme $\{A^k\}_{ij}$ indique le ij -ième élément entre les N termes de la série de Neumann de la matrice inversée de Leontief ($L = (I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \dots$). Dans la série, le coefficient technique a_{ij} de la matrice A est la quantité de l'input i indispensable pour produire une unité du produit (output) j . Les termes entre crochets dans l'équation représentent des poids pour différentes longueurs k des chaînes établies entre i et j et leur somme vaut 1 lorsqu'ils sont agrégés en k . Romero, Dietzenbacher et Hewings (2009) montrent que le numérateur de l'équation 4 peut être obtenu de la matrice $L(L - I)$, si $N \rightarrow \infty$. Comme le dénominateur peut être extrait de la matrice $(L - I)$, si $N \rightarrow \infty$, elle peut être réduite à :

$$APL = v_{ij} = \sum_{s=1}^N l_{is} \frac{(l_{sj} - \delta_{sj})}{(l_{ij} - \delta_{ij})} \quad (5)$$

N est le nombre de secteurs, l_{ij} est le ij -ième élément de la matrice inverse de Leontief et δ_{sj} est égal à 1 si $i = j$ et égal à 0 si $i \neq j$.

Quand l'on considère les distances d'un secteur aux autres secteurs dans la structure productive, on doit pondérer le poids de chaque secteur présent dans la structure. La moyenne des APLs peut être employée comme indice pour mesurer la complexité des structures productives, étant donné qu'elle mesure les effets directs et indirects d'interdépendance entre les secteurs à partir de la taille moyenne des chaînes productives. Cet indice de complexité est calculé comme suit :

$$CI = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n APL_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n FA_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n BA_j \quad (6)$$

FA et BA indiquent les indices d'enchaînements en amont (*forward linkages*) et en aval (*backward linkages*).

3.3. L'indice global de circularité

Dans un article publié en 1954, Wong affirme que le déterminant de la matrice de coefficients techniques $(I - A)$ est une mesure relative du volume de la production nette et de la complexité du système d'échanges. L'approche proposée par Lantner (1972) et Lantner et Lebert (2013, 2015) est également basée sur l'interprétation des déterminants d'une matrice

d'entrées-sorties. Le déterminant de ces matrices apparaît comme une fonction de la composition ou de l'arrangement interne de la structure, c'est-à-dire de la position et de l'intensité des relations entre les secteurs qui composent la structure productive. Cette approche permet d'aller plus loin dans la notion de complexité structurelle, vue comme résultat du processus du développement du réseau d'interdépendances entre les secteurs économiques et tous les sous-systèmes économiques possibles.

L'idée est qu'un choc exogène dans la demande finale pour le produit du secteur i se propagera à tous les secteurs, jusqu'au secteur k par exemple, de la structure productive au travers d'une série d'effets de rétro-alimentation. Dans ce sens, plus une économie devient complexe, plus les circuits de dépendance réciproques entre les secteurs le seront. Ainsi, la complexité structurelle est caractérisée principalement par les effets circulaires exercés par les influences, de l'offre et de la demande, réciproques entre les secteurs. Donc, l'IGC est une mesure du poids des relations circulaires d'une structure productive. Son amplitude relative montre que l'économie a incorporé plus de rétro-alimentation dans sa structure productive (Gracia Álvarez et Puchet, 2015).

L'IGC est donné par

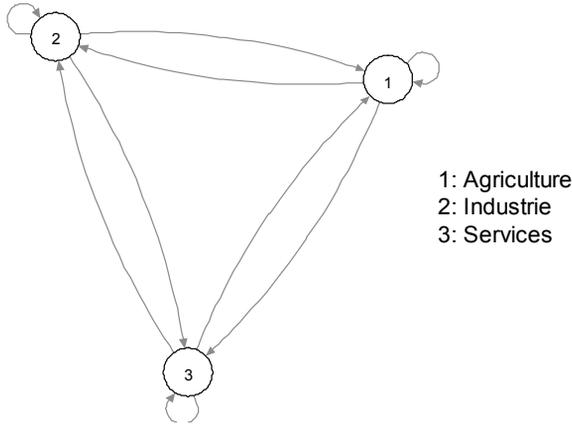
$$icg = \frac{(1 - \Delta)}{\Delta} \quad (7)$$

Où Δ est le déterminant de la matrice $(I - A)$, c'est-à-dire des coefficients techniques.

Considérons le réseau représentatif d'une structure productive composée des trois secteurs suivants : agriculture, industrie et services (figure 1). Comme on peut l'observer, la caractéristique principale de cette économie simplifiée est la circularité dans les flux de biens et services entre les trois secteurs. Par circularité, on entend que la demande réalisée par l'agriculture à l'industrie doit être faite au travers de la demande que l'industrie exerce sur le secteur des services. De plus, les services ont également besoin d'inputs de l'agriculture. En plus de ces effets linéaires, nous avons les effets de rétro-alimentation entre les secteurs, c'est-à-dire que l'agriculture demande de l'industrie, qui, elle, demande de l'agriculture, ceci valant également pour les autres relations. Enfin, une partie de la production des secteurs est autoconsommée dans les propres secteurs. La

complexité structurelle est liée au poids de ces relations circulaires et aux effets de rétro-alimentation dans la structure productive.

Figure 1. Réseau schématique d'une structure productive à trois secteurs



Source : élaboration propre.

La structure productive devient plus complexe à mesure que le nombre de circuits de rétro-alimentation augmente par rapport à l'ensemble des circuits unissant tous les secteurs. Le sens économique de cet indice est que le déterminant d'une structure est défini comme une combinaison des sous-structures qui composent la structure globale. La complexité d'une structure productive apparaît comme un résultat du processus de complexité graduelle du réseau d'interdépendance entre les secteurs et tous les sous-systèmes possibles.

Considérons à nouveau une économie composée de trois secteurs. Soit A la matrice représentant sa structure,

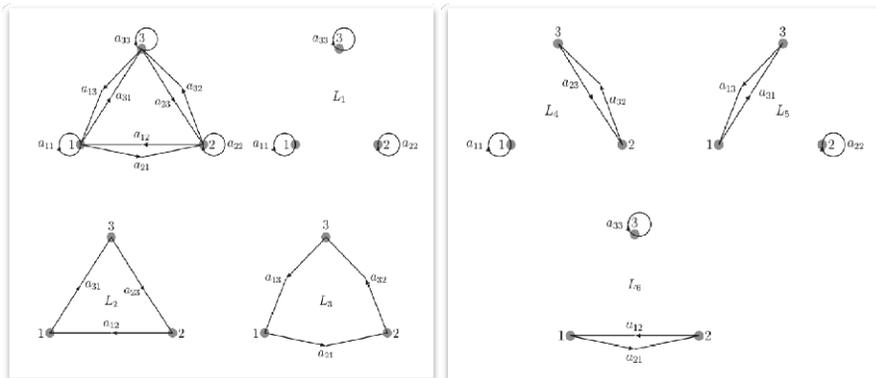
$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

Le déterminant de cette matrice est égal à :

$$\Delta = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{31}a_{23} + a_{21}a_{32}a_{13} - a_{11}a_{23}a_{32} - a_{22}a_{13}a_{31} - a_{33}a_{12}a_{21}$$

Si l'on considère que les variables a_{11} , a_{22} et a_{33} représentent l'autoconsommation des secteurs, alors que les autres variables représentent les flux intersectoriels, le déterminant de cette matrice d'ordre 3 est la somme algébrique des six produits, qui chacun a trois composants. On peut représenter graphiquement ce déterminant et analyser, au moyen d'une décomposition structurelle, comment l'influence économique se propage à toutes les sous-structures. La figure 2 illustre l'ensemble des influences économiques établies entre les trois secteurs. Les six effets L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , L_5 et L_6 sont composés par les effets intra sectoriels et intersectoriels. Chacun d'eux représente comment l'influence économique d'un certain choc exogène dans la demande finale d'un secteur se propage à tous les secteurs de l'économie²⁰. Ainsi sont connus les secteurs qui entraînent un grand nombre d'autres secteurs dans leurs relations avec le reste de l'économie. En d'autres termes, ce sont les secteurs qui transmettent les impulsions de la demande au reste de l'économie via des trajectoires qui rassemblent un nombre élevé des secteurs.

Figure 2. Décomposition structurelle d'un déterminant



Source : élaboration propre.

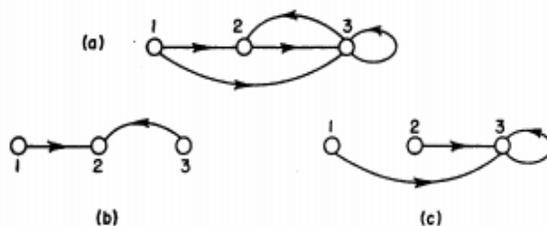
²⁰ L'indice de circularité met en évidence les effets directs et indirects présents dans une matrice d'entrées-sorties. L'effet L_1 représente l'autoconsommation des secteurs, les effets L_2 et L_3 montrent les effets de rétro-alimentation entre deux secteurs, tandis que L_4 , L_5 et L_6 montrent les effets de rétro-alimentation entre deux secteurs, médiés par l'autoconsommation des secteurs 1, 2 et 3.

Selon Lantner et Carluer (2004), cette approche a un rapport avec les analyses élaborées par Miller (1966) et Miller et Blair (2009) sur les trajectoires structurelles et les analyses de *feedback loop* élaborée par Miyazawa (1976) et Sonis et Hewings (1998 et 2001), lesquelles partent de l'étude sur le même phénomène : propriétés structurelles des matrices pour analyser la complexité structurelle des économies.

Les déterminants des matrices de coefficients techniques, Δ permettent une analyse quantitative et qualitative des aspects structurels des économies. Du point de vue quantitatif, le déterminant présente l'avantage d'être un indicateur synthétique qui montre l'arrangement interne de la structure des secteurs productifs, c'est-à-dire de la position et de l'intensité des connexions entre les secteurs. Du point de vue qualitatif, il permet d'interpréter la complexité des structures comme le résultat du processus graduel d'expansion du réseau d'interdépendances hiérarchiques entre secteurs d'une économie.

La figure 3 illustre de manière intuitive les différences entre les indices de circularité et d'APL²¹, dans le cas d'une vision simplifiée d'une économie à trois secteurs. Ceci est une version simplifiée de la figure 2, car nous excluons l'autoconsommation des secteurs 1 et 3, ainsi que certaines relations intermédiaires entre les trois secteurs. Les figures (b) et (c) représentent la complexité structurelle du point de vue de l'APL, alors que la figure (a) montre la complexité structurelle pour l'indice de circularité. Comme on peut l'observer, la figure (a) incorpore tous les effets directs et indirects présents dans l'APL, ainsi que les effets de rétro-alimentation. La principale différence entre les deux indices est que, à partir de l'IGC, nous pouvons décomposer les différents effets directs et indirects présents dans les relations entre les différents secteurs, alors que les effets ne peuvent pas être décomposés à partir de l'APL. La matrice inverse de Leontief, $(I - A)^{-1}$, montre l'effet total final des propagations intersectorielles mais ne permet pas de distinguer les effets entre activités (Miyazawa, 1966).

21 Le calcul de l'APL est effectué à partir de l'inverse de Leontief, $(I - A)^{-1}$, tandis que l'indice de circularité globale est mesuré par la matrice, $(I - A)$. L'intuition économique est que la complexité économique accrue entraînera des chaînes de production avec des effets multiplicateurs directs et indirects plus importants. Formellement, le déterminant de l'inverse de Leontief est égal à l'inverse du déterminant de la matrice $(I - A)$. Voir Balestra (1972) pour une démonstration mathématique.

Figure 3. Représentation de l'indice de circularité et de l'APL

Source : élaboration propre.

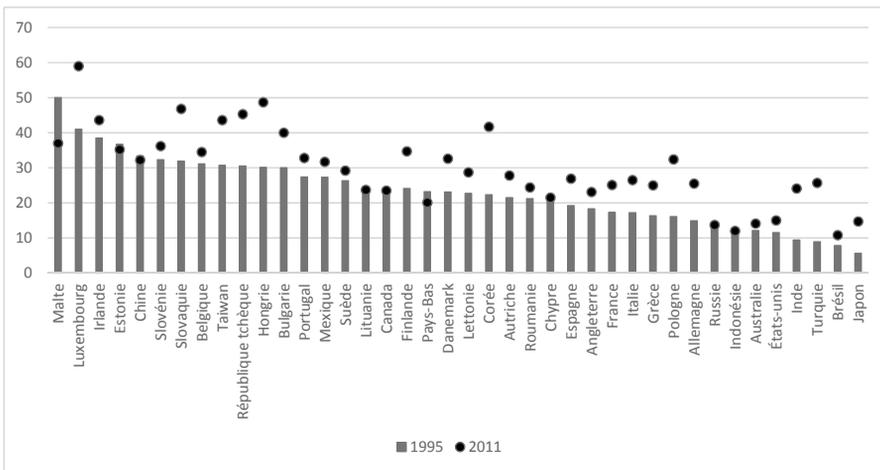
4. EFFET D'ENTRAÎNEMENT PRODUCTIF ET COMPLEXITÉ STRUCTURELLE À L'ÈRE DES CHAÎNES GLOBALES DE VALEUR

L'expansion des chaînes globales de valeur et l'approfondissement conséquent de la fragmentation productive furent deux des principales caractéristiques de l'évolution du commerce international depuis le début de la décennie 1990 (Baldwin, 2013). Contrôlée principalement par les ETNs visant une plus grande efficacité, la « révolution des CGV » (Kowalski et al., 2015) mena à la spécialisation des économies dans la réalisation d'étapes productives données. Comme résultat, les économies devinrent d'avantage interconnectées, avec d'importantes conséquences pour les politiques économiques des gouvernements.

Le graphique 1 (selon l'équation 1) ci-dessous montre la participation des pays présents dans les CGV. Les résultats montrent, dans le cas du Brésil, une variation positive entre 1995 et 2011, même si le pays possède encore une faible participation dans les CGV. Avec un niveau intermédiaire de participation dans les CGV, le Mexique – autre pays latino-américain – représente un cas de réussite d'intégration dans les CGV. Les variations positives plus importantes sont concentrées dans les pays d'Europe de l'Est, récemment intégrés à la Zone Euro : Slovaquie, République tchèque, Bulgarie, Hongrie et Pologne. Pour les pays asiatiques (Corée du Sud, Taiwan, Japon) on observe aussi une participation croissante dans les CGV, excluant le cas de la Chine, qui montre une stabilité sur l'ensemble de cette période.

L'analyse pour l'ensemble des pays développés et ceux en développement montre également que les pays de dimensions continentales et riches en ressources naturelles, comme l'Australie, le Brésil, les États-Unis, l'Indonésie et la Russie, présentent les plus faibles participations dans les CGV. Ce résultat semble signifier que la taille du pays et la structure de la production interne importent dans la détermination des pays dans les CGV, en termes de degré et positionnement (*downstream* ou *upstream*). Comme le soulignent Beverelli *et al.* (2015), l'intérêt récent dans les GVCs comme mécanisme pour le développement économique semble parfois être concentré dans les aspects globaux, sans grand souci du rôle de l'économie domestique. Cette relation est à double sens. Premièrement, il s'agit de l'influence que les caractéristiques structurelles domestiques, comme le degré d'interdépendance entre les secteurs, exercent sur la participation des pays dans les CGV. Deuxièmement, l'autre sens se réfère aux effets de la participation dans les CGV sur la structure productive des pays.

Graphique 1. Contenu en importations des exportations, pays sélectionnés (en % du total exporté)

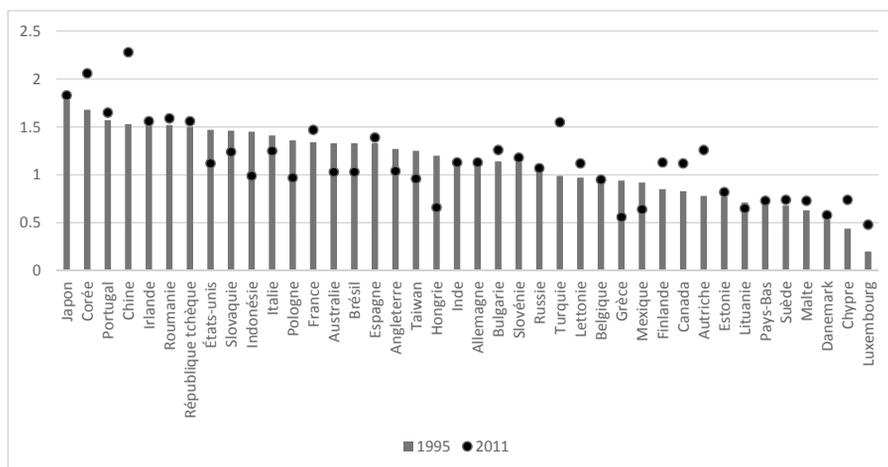


Source : élaboration propre à partir de données de la WIOD.

Le graphique 2 (selon l'équation 7) présente l'évolution de l'IGC des pays entre 1995 et 2011, période marquée par l'avancée de la fragmentation internationale de la production. Notons que sur 40 pays, 25 ont progressé en termes de complexité structurelle et 15 ont reculé, présentant des chutes dans le poids des relations circulaires dans leurs structures productives.

Ces résultats éclairent le débat sur la relation entre l'approfondissement de la fragmentation productive et les effets dans les structures productives des divers pays impliqués dans les CGV.

Graphique 2. Indice global de circularité (1995 et 2011)



Source : élaboration propre à partir de données de la WIOD.

L'intérêt récent pour les CGV en tant que mécanisme de développement économique semble avoir focalisé la plupart des études dans les aspects commerciaux sans considérer l'importance de la complexité des structures productives pour une participation plus dynamique dans les CGV. Dans un cadre de fragmentation productive croissante et de plus grande pénétration d'intrants intermédiaires importés, la complexité structurelle dépend de la création de liens entre les nouvelles entreprises qui s'installent dans le pays et les entreprises domestiques. Dans le cas de pays qui ont perdu en complexité structurelle, comme c'est le cas du Brésil et du Mexique, il est possible que cette chute soit liée à l'absence de liens entre les entreprises entrantes et les entreprises domestiques déjà installées.

Soulignons que les trois grandes économies asiatiques ont gagné en termes de complexité structurelle, en même temps qu'elles ont augmenté leur degré de participation dans les CGV. Ces résultats suggèrent que les secteurs respectifs de ces pays ont commencé à consommer davantage d'intrants importés pour réaliser leurs productions sans diminuer la complexité de leurs structures productives. Ce comportement des pays asiatiques diffère

de celui observé pour les deux pays latino-américains et pour les États Unis, ce qui indique que la complexité structurelle dépend de la forme avec laquelle l'importation d'intrants intermédiaires s'articule avec la production locale : soit il y a substitution, soit un type quelconque de complémentarité qui génère des liens avec la production domestique.

Dans le graphique 3²², nous relierons le degré de spécialisation verticale et l'IGC à une date donnée (2011). L'objectif est double : i) placer les pays développés et ceux en développement sous une plus grande perspective et ii) progresser dans l'analyse de la relation entre commerce extérieur et complexité structurelle. Ce graphique met en évidence une relation non linéaire entre les deux variables, ce qui indique qu'un plus grand contenu importé dans les exportations ne diminue pas forcément la complexité structurelle des économies. Autrement dit, avoir des relations circulaires plus complexes n'implique pas forcément, *per se*, un poids moindre des importations dans les exportations.

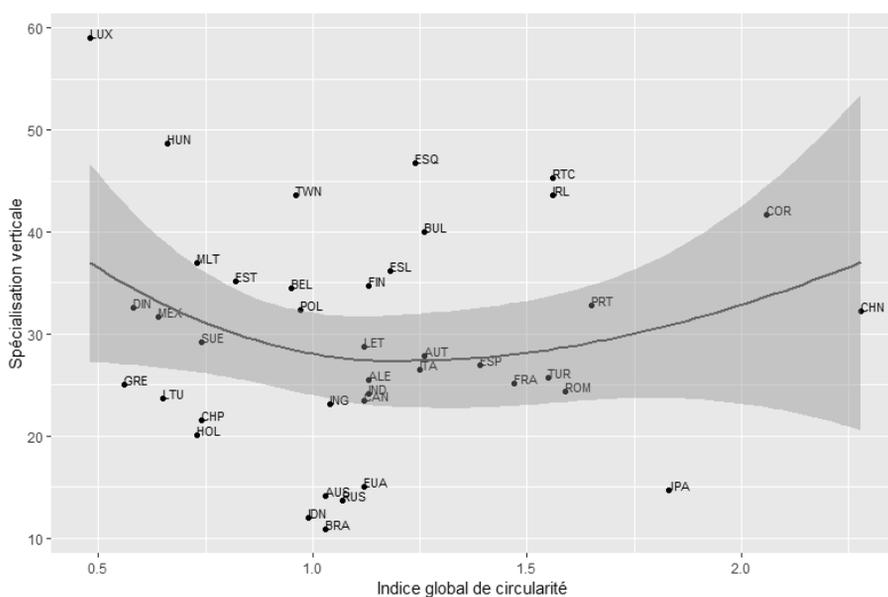
Ces résultats indiquent l'existence de différents groupes de pays, selon leur spécialisation verticale et leur complexité structurelle. Dans le graphique 3, la ligne verticale met en évidence deux modèles distincts. Les pays situés du côté gauche sont caractérisés par un plus faible poids des relations circulaires avec des niveaux relativement élevés de spécialisation verticale. Du côté droit de la ligne, se trouvent les pays montrant une relation positive entre les deux variables, c'est-à-dire pour lesquels plus la spécialisation verticale est forte, plus le poids des relations circulaires est grand.

Comme nous pouvons l'observer, les deux pays latino-américains sont situés dans des zones du graphique différentes. Le Mexique (MEX) est situé dans la partie descendante de la courbe, indiquant que le poids des

22 L'ajustement de la courbe a été fait à partir de la fonction *locally estimated scatterplot smoothing* (loess), qui est une méthode de lissage des courbes à partir d'une régression par des minimum carrés ordinaires pondérés localement. L'ajustement au point x est effectué en utilisant des points dans un voisinage de x , pondérés par leurs distances à x . La fonction loess est une fonction d'ajustement polynomiale, dans laquelle l'ajustement de la courbe est contenu dans l'intervalle $[0, \infty]$. Plus la valeur affectée au réglage est élevée, plus d'informations seront utilisées pour ajuster la courbe. L'intervalle de confiance est de 5 %. L'avantage de cette méthode par rapport à d'autres, telles que les « smoothing Splines » ou la « simple Local Linear Regression », est son application plus flexible.

relations circulaires est bas, alors qu'il présente une forte participation dans les CGV. Quant au Brésil (BRA) il se retrouve dans un groupe extrêmement spécifique, avec les États Unis (EUA), l'Australie (AUS), la Russie (RUS) et l'Indonésie (IDN), pays caractérisés par une dimension continentale et par une abondance en ressources naturelles. Ce sont des pays qui présentent un niveau de complexité structurelle relativement élevé et une faible participation dans les CGV. Quant à la Chine (CHN), elle semble former un autre groupe avec la Corée du Sud (COR) et le Japon (JAP), caractérisés par une complexité de leurs structures productives élevée et une participation dans les CGV également forte.

Graphique 3. Indice global de circularité et spécialisation verticale, 2011



Notes : les valeurs sont en échelle logarithmique.

Source : élaboration propre la partir de données de la WIOD.

Les résultats sont importants dans la mesure où ils montrent une relation non linéaire entre l'indice global de circularité et la participation dans les CGV. Par exemple, la Chine et le Mexique, bien qu'à des niveaux différents de développement économique, ont des niveaux de participation dans les CGV relativement similaires. Les relations circulaires présentent, pourtant, des poids différents dans leurs structures productives.

Ceci indique, d'un côté, que les structures productives de pays comme la Chine et la Corée du Sud, par exemple, demandent une grande quantité d'inputs intermédiaires importés sans causer de pertes significatives du poids des relations circulaires. D'un autre côté, au Mexique, par exemple, une plus grande participation dans les CGV a lieu au détriment des relations circulaires dans leur structure productive. En d'autres termes, les importations d'inputs intermédiaires affectent de façon inégale les relations circulaires dans les structures productives respectives.

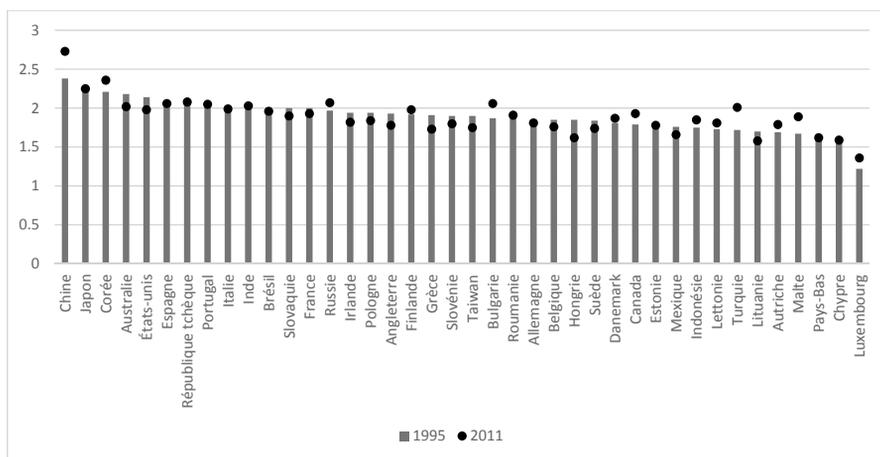
La littérature concernant les CGV explique rarement les impacts de la fragmentation productive croissante sur la complexité des structures productives. Cependant, on peut supposer qu'une des conséquences de cette dispersion géographique des processus productifs soit un changement dans la structure d'interdépendance entre les secteurs domestiques (Romero, Dietzenbacher et Hewings, 2009). Le calcul de l'APL met en évidence si la taille des chaînes productives des pays tend à diminuer ou à augmenter avec l'avancée de la fragmentation productive.

Il est nécessaire de distinguer deux effets distincts de l'accroissement de la fragmentation des processus productifs. Le premier concerne les pays qui augmentent la complexité de leurs structures productives à partir de l'attraction des ETNs qui s'établissent dans ces pays et créent des liens avec les secteurs domestiques. Dans ce contexte, le processus d'externalisation de certaines tâches ou activités pourrait provoquer une augmentation des *effets d'entraînement* entre l'industrie et les activités de services. Ce processus pourrait être renforcé par un effet indirect de la fragmentation, c'est-à-dire une augmentation de la demande pour des services intermédiaires. Le second effet concerne les pays qui perdent certaines étapes des processus productifs, provoquant alors des pertes de relations dans les chaînes productives de ces pays.

Ce double effet de la fragmentation productive est important et a eu des impacts différents sur les pays développés et ceux en développement. L'impact différencié est perçu également à l'intérieur des deux groupes de pays, indiquant comment la participation dans les CGV et la fragmentation productive ont eu des impacts différents sur l'ensemble des PDs et PEDs. Comme dans le cas de l'indice global de circularité, la Chine a également connu la plus grande variation positive pour l'APL, ce qui indique que le processus de délocalisation de certaines tâches productives pour ce pays a

entraîné une augmentation de sa complexité structurelle (voir graphique 4 et l'équation 6). Dans le cas des deux pays latino-américains, le Brésil et le Mexique, on observe une chute des APL, résultat qui confirme l'idée que les deux ont connu une période de perte de complexité structurelle²³.

Graphique 4. « Average propagation lengths » (1995 et 2011)



Source : élaboration propre à partir des données de la WIOD.

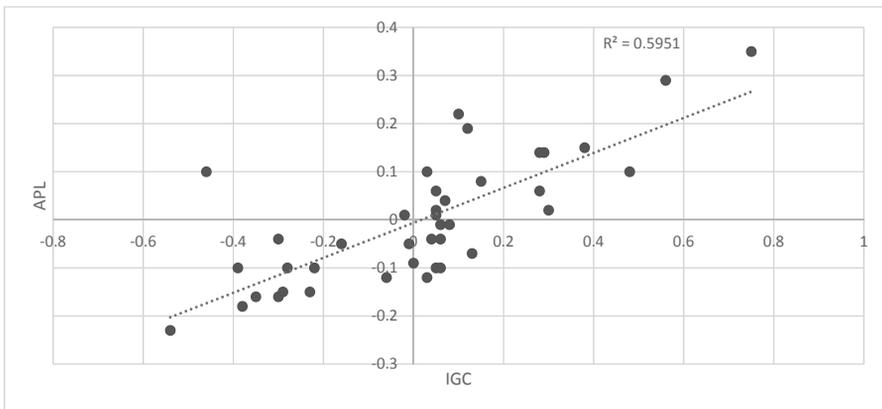
L'analyse d'ensemble de l'IGC et de l'APL permet de comprendre comment les structures productives respectives des pays se sont comportées dans un contexte de fragmentation productive. D'un côté, à partir de l'APL, il est possible de montrer la taille moyenne des chaînes productives ou encore combien de temps est nécessaire pour qu'un choc exogène dans la demande finale d'un produit donné ne se propage à tous les secteurs de l'économie, sans considérer le poids des relations circulaires ou de rétro-alimentation entre les secteurs. Pour l'IGC, d'un autre côté, cela révèle le poids des relations circulaires présentes dans les structures productives, c'est-à-dire des effets de rétro-alimentation. Dans ce sens, plus l'économie est complexe

23 Nassif, Teixeira et Rocha (2015) montrent comment, du point de vue des *effets d'entraînement en amont et en aval*, calculés à partir des matrices domestiques (IBGE), la densité de la structure productive a connu une chute durant les années 1990, mais aussi une hausse au long des années 2000. Dans le cas particulier de l'industrie de transformation, il y a eu une densification des *effets d'entraînement* dans la majorité des secteurs. Ces résultats suggèrent le besoin d'approfondir les études sur le phénomène de désindustrialisation.

du point de vue de ses relations circulaires, plus ses chaînes productives (d'APL) seront grandes.

La relation positive indique que les pays présentant une plus grande complexité de ses structures productives présenteront également des chaînes productives plus importantes (graphique 5). Cela revient à dire que plus le poids des relations circulaires est grand, moins vite le choc exogène dans la demande finale d'un certain secteur se propagera à l'ensemble des secteurs de l'économie. En d'autres termes, des structures productives plus complexes signifient une demande plus grande d'inputs intermédiaires (domestiques et importés) en proportion du produit total.

Graphique 5. Variation de l'indice global de circularité et du *average propagation lengths* (2011)



Source : élaboration propre à partir de données de la WIOD.

Nous avons, finalement, procédé à l'analyse conjointe des trois variables exprimant la spécialisation verticale et la complexité structurelle à la fin de la période (2011) afin de voir si, selon ces caractéristiques, il est possible d'identifier des regroupements de pays présentant des caractéristiques similaires. L'analyse de clusters présentée au graphique 6 regroupe et hiérarchise les pays selon leur similarité entre les trois indices utilisés (spécialisation verticale, IGC et APL) ²⁴. Être similaire dans ces groupes

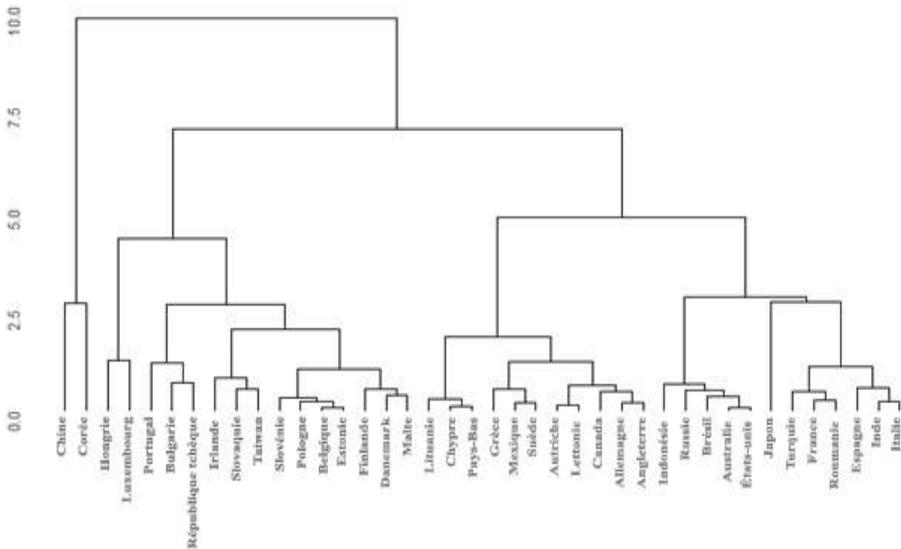
²⁴ Pour l'analyse des *clusters*, nous avons utilisé deux *procédures*. D'abord la matrice des distances euclidiennes a été calculée, définissant la similarité entre les deux

indique uniquement la proximité entre pays à partir de ces trois caractéristiques. L'idée de proximité utilise, alors, la notion de distance statistique (euclidienne) pour regrouper les pays en *clusters*. Étant donnée la paire de variables « spécialisation verticale » et « indice global de circularité », le graphique 6 classe les pays selon la proximité statistique entre les deux variables pour les différents pays. La lecture s'effectue dans le sens trigonométrique, la Corée du Sud et la Chine étant plus similaires que, par exemple, la Turquie et le Portugal dont la distance est visible par leur positionnement (éloigné) dans le dendrogramme.

Les résultats révèlent l'absence des comportements similaires entre les pays et, en particulier, entre les pays en développement. Ces derniers pays sont groupés en différents *clusters*, dans la plupart des cas mélangés à des pays développés. Le Brésil, de façon similaire au groupement qui ressort du graphique 3, figure parmi d'autres pays de dimension continentale présentant une faible spécialisation verticale et une complexité structurelle modérée. Ce groupement comprend aussi bien des pays développés (Australie et EUA) que des pays en développement (Indonésie et Russie) et leur proximité en termes de spécialisation verticale et de complexité structurelle suggère l'importance d'autres caractéristiques communes à toutes ces économies – en l'occurrence, la taille (souvent associée au degré d'ouverture des pays) et l'abondance des ressources naturelles. Quant au Mexique, il figure parmi des pays de niveau de développement plus élevé (Suède et Grèce) qui présentent des niveaux similaires de spécialisation verticale, bien qu'avec une forte hétérogénéité de niveau de complexité structurelle. Dans le cas de la Chine et de la Corée du Sud, la proximité des caractéristiques en termes de spécialisation verticale et de complexité était déjà mise en évidence dans le graphique 3, où les deux économies montraient des indicateurs élevés pour les deux variables.

éléments. À partir de cette matrice, les *clusters* hiérarchisés ont été élaborés à partir de la méthode de Ward (en utilisant la méthode Ward.D2 fournit dans le programme « *ape* », du logiciel R). Dans la méthode de Ward, la distance correspond à la somme des carrés entre des distances les deux groupements.

Graphique 6. Regroupement des pays selon la similarité entre les indices de spécialisation verticale, IGC et APL, 2011



Source : élaboration propre à partir de données de la WIOD.

D'autres travaux montrent la diversité des modèles d'intégration dans le CGV. Smichowsky *et al.* (2018) mettent en évidence, à partir d'une analyse en composantes principales, les différents modèles de développement associé aux CGV. Le rapport sur les GVC et le développement de l'UNCTAD (2013) montrent également les diverses trajectoires des pays en termes d'insertion dans les CGV. Bien que cette étude porte sur la relation entre les croissances de la participation dans les CGV et de la valeur ajoutée domestique des exportations (cette augmentation contribuerait positivement pour le développement des pays), la diversité des situations suggère elle aussi que l'intensification de l'insertion dans les CGV peut produire différentes conséquences économiques selon les économies.

5. CONCLUSIONS

La relation entre la complexité des structures productives et la participation des pays dans les chaînes globales de valeur est un aspect important pour comprendre les enjeux en termes de développement économique d'une telle participation. Comme souligné auparavant, l'existence d'une

structure productive complexe dans le sens utilisé dans cet article peut être un facteur à la fois démultiplicateur et diffuseur des gains associés à la participation des firmes dans les chaînes internationales pour le restant de l'économie. La complexité structurelle d'une économie résulte de l'intensité des connexions entre les secteurs. Elle peut, d'une part, fournir des conditions favorables pour l'internationalisation des firmes, en raison de l'expérience productive préalable et de la connaissance accumulée par ladite firme et par ses partenaires domestiques ainsi que de l'existence d'économies d'échelle. D'autre part, l'existence d'un réseau de fournisseurs domestiques des firmes intégrées dans des chaînes internationales peut contribuer à diffuser les gains potentiels d'une telle participation à un plus grand nombre des travailleurs, firmes et régions. Cet aspect a été bien souvent négligé dans la littérature sur les effets d'intégration des pays dans les CGV. Souvent, les recommandations de politiques économiques des agences internationales – adressées surtout aux pays en développement – assument que l'intensification des relations entre les firmes participant aux chaînes et ses partenaires internationaux est une condition suffisante pour que les pays desdites firmes profitent d'une telle participation. Les bénéfices résultant d'une spécialisation verticale croissante de l'économie ne dépendraient pas de la *forme* par laquelle les pays s'insèrent dans les CGV et l'existence d'un parc productif domestique n'aurait aucune importance pour la performance des firmes et des pays visant l'intégration dans les CGV.

Ces questions sont d'autant plus importantes pour les pays en développement de niveau intermédiaire, qui possèdent des parcs productifs relativement développés. Une stratégie d'insertion dans les CGV devrait prendre en compte aussi bien les potentiels apports au développement des parcs productifs existant que les éventuels effets d'une spécialisation verticale croissante sur la croissance, l'emploi et la cohésion régionale de ces économies.

En reconnaissant le double sens de la relation entre la structure productive domestique et l'insertion dans les CGV, cet article analyse la relation entre la complexité des structures productives et la participation des pays développés et ceux en développement dans les chaînes globales de valeur et de production. Il prétend également contribuer, du point de vue méthodologique et empirique, à la littérature sur la complexité des structures de commerce extérieur et de production des pays à partir de l'application de

l'Indice Global de Circularité. Cet indice mesure le poids des relations circulaires ou des effets de rétro-alimentation entre les secteurs. L'apport de cet indice par rapport à, par exemple, différentes versions d'indices d'*effets d'entraînement en amont et en aval*, est d'être suffisamment synthétique tout en considérant l'ensemble du réseau d'interactions, directes et indirectes, entre les secteurs, ainsi que l'autoconsommation de ceux-ci.

Depuis le début des années 1990, les mouvements de fragmentation des processus productifs et de formation de réseaux globaux (et régionaux) de valeur et de production se sont intensifiés parmi les pays développés et en développement. Cette globalisation de la production causa la délocalisation d'activités industrielles et de certains types de services des pays développés envers les pays en développement, notamment les pays asiatiques, favorisant une plus grande interdépendance entre les structures productives de ces pays et, par conséquent, un changement dans les flux de commerce international. Cette réorganisation globale de la production toucha, à différents niveaux, le degré de complexité structurelle des économies.

Suite à l'internationalisation de la production, résultèrent des performances asymétriques entre les pays en termes de performances industrielles des pays ainsi que de gains et pertes de complexité structurelle. Parmi les pays en développement, une nette différence entre les modèles asiatiques et latino-américains est remarquée. D'un côté, le Brésil et le Mexique connaissent une hausse du degré de participation dans les chaînes globales de valeur et une chute de leur complexité structurelle. D'un autre côté, des pays comme la Chine, la Corée du Sud et le Japon connaissent une hausse de leurs participations dans les chaînes globales de valeur ainsi qu'une augmentation de leurs complexités structurelles. Ces résultats mettent en évidence des modèles distincts d'articulation entre le secteur externe et la structure productive interne de ces pays. Les résultats concernant l'économie des États-Unis révèlent également un modèle similaire à celui du Brésil ou du Mexique, au sens où il y a eu une augmentation de sa participation dans les chaînes de valeur et une chute dans la complexité de sa structure productive. Un modèle semblable caractérise aussi les pays d'Europe de l'Est, qui connaissent à la fois une augmentation significative de leur insertion dans les chaînes globales de valeur et une diminution de leurs complexités structurelles, à l'exception du cas de la République tchèque et de la Lettonie, deux pays marqués par une hausse non seulement de leur participation dans les chaînes de valeur mais aussi

de leur complexité structurelle. De manière générale, nous mettons en évidence une relation non linéaire entre le niveau de participation dans les chaînes globales de valeur et le degré de complexité des structures productives. Même au sein des pays asiatiques, on a pu mettre en évidence l'existence de différents modèles de participation dans les chaînes de valeur et de complexité structurelle. Contrairement aux trois pays mentionnés ci-dessus, Taiwan et l'Indonésie ont accru leurs participations dans les chaînes de valeur, mais ont diminué la complexité structurelle de leurs économies (dans le cas de l'Indonésie, les résultats diffèrent selon les indicateurs de complexité). L'Inde, quant à elle, a connu une hausse significative de son insertion dans les chaînes de valeur tout en maintenant un degré de complexité structurelle stable.

Parallèlement, l'analyse du degré de spécialisation verticale et de complexité à la fin de la période analysée (2011) met en évidence la diversité des comportements entre les pays vis-à-vis de ces caractéristiques. Du croisement de l'indicateur de spécialisation verticale avec l'ICG ainsi que de l'analyse de cluster des trois variables, il ressort qu'il n'y a pas d'homogénéité entre les pays de niveaux similaires de développement, ce qui suggère que d'autres caractéristiques telles que la taille économique, la disponibilité des ressources naturelles ou même l'adoption des politiques de développement actives, sont passibles d'influencer la performance des pays.

Bien que l'analyse de la relation entre intégration verticale et complexité structurelle des économies nécessite d'être approfondie en termes analytiques et empiriques, les présents résultats mettent en évidence l'inexistence d'une relation systématique entre l'intégration dans les CGV et la complexité structurelle des économies. Cela suggère qu'il n'y pas d'« automatisme » dans la relation entre insertion internationale et complexité des économies. Étant donné que l'existence d'une structure productive plus sophistiquée est à la fois requise pour une bonne insertion dans le CGV et à la fois nécessaire pour une meilleure répartition et diffusion des gains de l'internationalisation de la production, les présents résultats contribuent à « dénaturiser » la relation bénéfique immédiate entre spécialisation et développement économique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALFARO, L., ANTRÀS, P., CHOR, D., CONCONI, P. (2015), « Internalizing global value chains: A firm-level analysis », *NBER Working Paper*, n° 21582, September.
- ANTRÀS, P. (2015), *Global production: firms, contracts and trade structure*, Princeton, Princeton University Press.
- AMARAL, J. F., DIAS, J., LOPES, J. C. (2007), « Complexity as interdependence in input-output systems », *Environment and Planning A*, vol. 39, n° 7, pp. 1770-1782.
- AROCHE, F. (1993), *Economic structures in Brazil, Mexico, and South Korea: an input-output application*, thèse de doctorat en sciences économiques, Queen Mary and Westfield College, University of London.
- BALDWIN, R. (2013), « Trade and industrialization after globalization's second unbundling: how building and joining a supply chain are different and why it matters », in *Globalization in an age of crisis: Multilateral economic cooperation in the twenty-first century*, Chicago, University of Chicago Press.
- BALDWIN, R. (2016), *The great convergence: Information Technology and the New Globalization*, Harvard, Harvard University Press.
- BALESTRA, P. (1972), *Calcul matriciel pour économistes*, Albeuve, Suisse, Castella.
- BARTELME, D., GORODNICHENKO, Y. (2015), « Linkages and development », *NBER Working Paper*, n° 21251, June.
- BASU, R., JOHNSON, T. G. (1996), « The development of a measure of intersectoral connectedness by using structural path analysis », *Environment and Planning A*, vol. 28, n° 4, pp. 709-730.
- BEVERELLI, C., KOOPMAN, R. B., KUMMRITZ, V., NEUMUELLER, S. (2015), « Domestic Foundations of Global Value Chains », *Paper presented at the International Workshop on GVC Development Held in China Development Forum*, Beijing.
- BODDIN, D. (2016), « The role of newly industrialized economies in global value chains », *IMF Working Paper*, n° 16, October.
- BOTT, R., MAYBERRY, J. P. (1954), « Matrices and trees », in O. Morgenstern (Ed.), *Economic activity analysis*, New York, Wiley.
- CASTILHO, M., PUCHET, M. (2012), « Commercial integration and the structure of trade flow in Latin America », in L. Punzo, C. A. Feijó, M. Puchet (Eds.), *Beyond the global crisis: structural adjustments and regional integration in Europe and Latin America*, London, Routledge.
- CHENERY, H., WATANABE, T. (1958), « International comparisons of the structure of production », *Econometrica*, vol. 26, n° 4, pp. 487-521.
- DAUDIN, G., RIFFLART, C., SCHWEISGUTH, D. (2011), « Who produces for whom in the world economy? », *Canadian Journal of Economics*, vol. 44, n° 4, pp. 1403-1437.
- DIETZENBACHER, E. (1992), « The measurement of interindustry linkages: key sectors in the Netherlands », *Economic Modelling*, vol. 9, n° 4, pp. 419-437.
- DIETZENBACHER, E., ROMERO, I., BOSMA, N. S. (2005), « Using average propagation lengths to identify production chains in the Andalusian economy », *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 23, n° 2, pp. 405-422.
- DIETZENBACHER, E., ROMERO, I. (2007), « Production chains in an interregional framework: Identification by means of average propagation lengths », *International Regional Science Review*, vol. 30, n° 4, pp. 362-383.

- DIETZENBACHER, E., LOS, B., STEHRER, R., TIMMER, M., DE VRIES, G. (2013). « The construction of world input-output tables in the WIOD project », *Economic Systems Research*, vol. 25, n° 1, pp. 71-98.
- DIETZENBACHER, E. (2013), « Fragmentation in an Inter-Country Input-Output Framework », *Working Paper Series WIOD*, n° 5. Disponible sur https://www.ioia.org/conferences/18th/papers/files/199_20100429101_Sdnepaper2010-04-29.pdf.
- FINN, J. T. (1976), « Measures of ecosystem structure and function derived from analysis of flows », *Journal of theoretical Biology*, vol. 56, n° 2, pp. 363-380.
- FORNARI, V. C., GOMES, R., HIRATUKA, C. (2017), « Mudanças recentes nas relações intersetoriais: um exame das atividades de serviço e industriais », *Revista Brasileira de Inovação*, vol. 16, n° 1, pp. 157-188.
- FUJII-GAMBERO, G., CERVANTES-MARTÍNEZ, R. (2017), « The weak linkages between processing exports and the internal economy: The Mexican case », *Economic Systems Research*, vol. 29, n° 4, pp. 528-540.
- GARCÍA ÁLVAREZ, M. G., PUCHET, M. (2015), « Apertura comercial, grado de integración y estructura de los bloques económicos: el caso de México-Estados Unidos, 1970-2009 », in A. Puyana (Ed.), *Paradojas de la globalización y el desarrollo latinoamericano*, Ciudad de México, FLACSO.
- GAZON, J. (1976), *Transmission de l'influence économique : une approche structurale*, Paris, Sirey.
- GEREFFI, G., FERNANDEZ-STARK, K. (2016), *Global Value Chain Analysis: A Primer*, Durham, Duke University.
- HARTHOORN, R. (1988), *On the Integrity of Data and Methods in the Static Open Leontief Model*, thèse de doctorat en sciences économiques, Enschede, University of Twente, Faculty of Public Administration and Public Policy, Chapter IV: « On the Adjustment of Tables with Lagrange Multipliers », pp. 225-251.
- HAUSMANN, R., HIDALGO, C. A., BUSTOS, S., COSCIA, M., SIMOES, A., YILDIRIM, M. A. (2014), *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. Boston, MIT Press.
- HIDALGO, C., HAUSMANN, R. (2009), « The building blocks of economic complexity », *Proceedings of the national academy of sciences*, vol. 106, n° 26, pp. 10570-10575.
- HIRSCHMAN, A. (1961), *La estrategia de desarrollo económico*, México, Fondo de Cultura Económica.
- HUMMELS, D., ISHII, J., YI, K. M. (2001), « The Nature and Growth of Vertical Specialization in World Trade », *Journal of International Economics*, vol. 1, n° 54, pp. 75-96.
- INOMATA, S. (2017), « Analytical framework for global value chains: an overview », in World Bank (Ed.), *Global Value Chain Development Report 2017: Measuring and analyzing the impact of GVCs on economic development*. New York, World Bank.
- JOHNSON, R. C., NOGUERA, G. (2012), « Accounting for intermediates: Production sharing and trade in value added », *Journal of International Economics*, vol. 86, n° 2, pp. 224-236.
- KOOPMAN, R., WANG, Z., WEI, S.-J. (2014), « Tracing value-added and double counting in gross exports », *American Economic Review*, vol. 104, n° 2, pp. 459-494.
- KOWALSKI, P., GONZALEZ, J. L., RAGOSSIS, A., UGARTE, C. (2015), « Participation of developing countries in Global Value Chains: Implications for trade and trade-related policies », *OECD Trade Policy Papers*, n° 179.
- KUMMRITZ, V. (2015), « Global value chains: Benefiting the domestic economy? », *Graduate Institute of International and Development Studies, Working Paper N° HEIDW-Po2*. Disponible sur http://repec.graduateinstitute.ch/pdfs/Working_papers/HEIDW-Po2-2015.pdf.

- LANTNER, R. (1972), « L'analyse de la dominance économique », *Revue d'économie politique*, vol. 82, n° 2, pp. 216-283.
- LANTNER, R. (1974), *Théorie de la dominance économique*, Paris, Dunod.
- LANTNER, R., LEBERT, D. (2013), « Dominance, dependence and interdependence in linear structures: a theoretical model and an application to the international trade », Documents de travail du Centre d'Economie de la Sorbonne, n° 43, May. Disponible sur <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00825477/file/13043.pdf>.
- LANTNER, R., LEBERT, D. (2015), « Dominance et amplification des influences dans les structures linéaires », *Économie appliquée*, vol. 68, n° 3, pp. 143-165.
- LANTNER, R., CARLUER, F. (2004), « Spatial dominance: a new approach to the estimation of interconnectedness in regional input-output tables », *Annals of Regional Science*, vol. 38, n° 3, pp. 451-467.
- LEE, K., SZAPIRO, M., MAO, Z. (2018), « From global value chains (GVC) to innovation systems for local value chains and knowledge creation », *The European Journal of Development Research*, vol. 30, n° 3, pp. 424-441.
- LEONTIEF, W. (1985), *Análisis económico input-output*, Barcelona, Ediciones Orbis.
- LOPEZ-GONZALEZ, J. L., MELICIANI, V., SAVONA, M. (2016), « When Linder Meets Hirschman. Inter-Industry Linkages and GVCs in Services », *ISI growth Working Paper*, n° 1, January. Disponible sur http://www.isigrowth.eu/wp-content/uploads/2016/01/working_paper_2016_1.pdf.
- MEDEIROS, C., TREBAT, N. (2017), « Finance, trade, and income distribution in global value chains: implications for developing economies and Latin America », *Instituto de Economia. Texto para Discussão*, n° 2, August. Disponible sur http://www.ie.ufrj.br/images/eventos/seminario_agosto_2017/texto2208_13870.pdf.
- MENG, B., FANG, Y., GUO, J., ZHANG, Y. (2017), « Measuring China's domestic production networks through Trade in Value-added perspectives », *Economic Systems Research*, vol. 29, n° 1, pp. 48-65.
- MILBERG, W., WINKLER, D. (2013), *Outsourcing economics: global value chains in capitalist development*, New York, Cambridge University Press.
- MILLER, R. (1966), « Interregional feedback effects in input-output models: some preliminary results », *Regional Science*, vol. 17, n° 1, pp. 105-125.
- MILLER, R. E., BLAIR, P. D. (2009), *Input-output analysis: foundations and extensions*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- MIYAZAWA, K. (1966), « Internal and external matrix multipliers in the input-output model », *Hitotsubashi Journal of Economics*, vol. 7, n° 1, pp. 38-55.
- MIYAZAWA, K. (1976), *Input-output analysis and the structure of income distribution*, New York, Springer.
- NASSIF, L., TEIXEIRA, L., ROCHA, F. (2015), « Houve redução do impacto da indústria na economia brasileira no período 1996-2009? Uma análise das matrizes insumo-produto », *Economia e Sociedade*, vol. 24, n° 2, pp. 355-378.
- OOSTERHAVEN, J., BOUWMEESTER, M. C. (2013), « The average propagation length: conflicting macro, intra-industry, and interindustry conclusions », *International Regional Science Review*, vol. 36, n° 4, pp. 481-491.
- PUCHET, M. (1996), « Análisis de la integración económica: aspectos del caso EUA-México », in L. Bizzozero, M. Vaillant (Eds.), *La inserción Internacional del Mercosur: ¿Mirando al Sur o Mirando al Norte?*, Montevideo, Arca.

- PUCHET, M., SOLÍS, V. (2013), « Análisis estructural de la industrialización de México y las cadenas globales de valor », Taller de Análisis de Insumo-producto. Article non publié.
- RASMUSSEN, P. N. (1957), *Studies in Intersectoral Relations*, Amsterdam, North-Holland.
- ROBINSON, S., MARKANDYA, A. (1973), « Complexity and adjustment in input-output systems », *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 35, n° 2, pp. 119-134.
- ROMERO, I., DIETZENBACHER, E. HEWINGS, G. (2009), « Fragmentation and complexity: analyzing structural change in the Chicago regional economy », *Revista de Economía Mundial*, n° 23, pp. 263-282.
- SARTI, F., HIRATUKA, C. (2010), « Indústria mundial: mudanças e tendências recentes », *Texto para discussão: Instituto de Economia, UNICAMP*, n° 290, December. Disponible sur <http://www.eco.unicamp.br/docprod/downarq.php?id=1816&tp=a>.
- SARTI, F., HIRATUKA, C. (2017), « Desempenho recente da indústria brasileira no contexto de mudanças estruturais domésticas e globais », Instituto de Economia, UNICAMP, n° 186, April. Disponible sur <http://www.eco.unicamp.br/docprod/downarq.php?id=3510&tp=a>.
- SONIS, M., HEWINGS, G. (1998), « Economic complexity as network complication: Multiregional input-output structural path analysis », *The Annals of Regional Science*, vol. 32, n° 3, pp. 407-436.
- SONIS, M., HEWINGS, G. (2001), « Feedbacks in input-output systems: impacts, loops and hierarchies », in M. Lahr, E. Dietzenbacher (Eds.), *Input-output analysis: frontiers and extensions*, London, Palgrave.
- SMICHOWSKI, B., DURAND, D. KNAUSS, S. (2016), « Uneven development patterns in global value chains: An empirical inquiry based on a conceptualization of GVCs as a specific form of the division of labor », Centre d'Économie de l'Université de Paris Nord, n° 6. Disponible sur <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01368948/document>.
- SYRQUIN, M. (1988), « Patterns of structural change », in H. Chenery, T. N. Srinivasan (Eds.), *Handbook of development economics*, vol. 1, Amsterdam, North Holland, pp. 203-273.
- TORRACCA, J. (2017), *Coevolução das estruturas de produção e comércio exterior da indústria brasileira: convergência ou desarticulação?*, thèse de doctorat, Rio de Janeiro, Université Fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ).
- UNCTAD (2015), *Global value chains and south-south trade: economic cooperation and integration among developing countries*. Geneva, United Nations Conference on Trade and Development.
- UNCTAD (2018), *Global value chains and industrial development: lessons from China, South-East and South Asia*, Geneva, United Nations Conference on Trade and Development.
- UNIDO (2018), *Global value chains and industrial development: lessons from China, South-East and South Asia*, Vienna, United Nations Industrial Development Organization.
- WONG, Y. K. (1954), « Some mathematical concepts for linear economic models », in O. Morgenstern (Ed.), *Economic Activity Analysis*, New York, Wiley.
- WORLD BANK (2017), *Special economic zones: an operational review of their impacts*. Washington, DC, World Bank.
- YAN, C., AMES, E. (1965), « Economic Interrelatedness », *The Review of Economic Studies*, vol. 32, n° 4, pp. 290-310.

ANNEXE A

Liste des secteurs

Agriculture, chasse, foresterie et pêche
Mines et carrières
Aliments, boissons et tabac
Textiles et produits textiles
Cuir et chaussures
Bois et produits en bois et en liège
Pâte à papier, papier, imprimerie et édition
Coke, pétrole raffiné et combustible nucléaire
Chimiques et produits chimiques
Caoutchouc et plastiques
Autres minéraux non métalliques
Métaux de base et métal fabriqué
Machines non spécifiées
Équipement électrique et optique
Équipement de transport
Fabrication non spécifiée et le recyclage
Électricité, gaz et eau
Construction
Vente, entretien et réparation de véhicules à moteur et de motocycles; Vente au détail de carburant
Commerce de gros et commerce de commissions, sauf automobiles et motocycles
Commerce de détail, à l'exception des véhicules automobiles et des motocycles; Réparation d'articles ménagers
Hôtels et restaurants
Transport intérieur
Transport de l'eau
Transport aérien
Autres activités de transport de soutien et auxiliaires; Activités des agences de voyages
Poste et télécommunications
Intermédiation financière
Activités immobilières
Location de machines et équipement et autres activités commerciales
Administration publique et défense; Sécurité sociale obligatoire
L'éducation
Santé et travail social
Autres services communautaires, sociaux et personnels
Ménages privés avec personnes occupées

ANNEXE B**Liste de pays**

ALE	Allemagne	HUN	Hongrie
AUS	Autriche	IND	Inde
AUT	Australie	IDN	Indonésie
BEL	Belgique	ING	Angleterre
BRA	Brésil	IRL	Irlande
BUL	Bulgarie	ITA	Italie
CAN	Canada	JPA	Japon
CHN	Chine	LET	Lettonie
CHP	Chypre	LTU	Lituanie
COR	Corée	LUX	Luxembourg
DIN	Danemark	MLT	Malte
ESQ	Slovaquie	MEX	Mexique
ESL	Slovénie	POL	Pologne
ESP	Espagne	PRT	Portugal
EST	Estonie	RTC	République tchèque
EUA	États-Unis	ROM	Roumanie
FIN	Finlande	RUS	Russie
FRA	France	SUE	Suède
GRE	Grèce	TWN	Taiwan
HOL	Pays-Bas	TUR	Turquie

ANNEXE C

Soit z_{ij} , un élément quelconque de la matrice Z (la matrice des flux intersectoriels) représentant la vente d'inputs intermédiaires domestiques du secteur i au secteur j . L'élément f_i du vecteur colonne f dénote la demande finale pour les biens et services produits par le secteur i . L'élément r_i du vecteur ligne r fournit les inputs primaires (coûts du travail, dépréciation du capital, excédent opérationnel brut et importations). Les deux équations fournissent :

$$x = Zs + f \quad (1)$$

$$x' = s'Z + r' \quad (2)$$

Où x' est le vecteur ligne de la valeur brute de la production pour chaque secteur et s' , un vecteur colonne composée uniquement de 1.

Du point de vue des effets d'entraînement en amont, nous définissons les coefficients techniques par $a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j}$. Le coefficient a_{ij} indique l'input du secteur i nécessaire à la production du secteur j . Ce coefficient reflète également l'effet d'entraînement en amont ou la dépendance du secteur j envers les inputs du secteur i . En utilisant les coefficients techniques, le système de l'équation 4 peut être réécrit sous la forme :

$$x = Ax + f \quad (3)$$

Et la solution comme :

$$x = (I - A)^{-1}f = Lf \quad (4)$$

Où $L = (I - A)^{-1}$ est la matrice inverse de Leontief. Si les coefficients techniques sont constants, une augmentation de Δf de la demande finale nécessite que la production augmente de $\Delta x = L(\Delta f)$. Comme nous le montrons ci-dessous, l'élément l_{ij} fournit le produit (extra) du secteur i nécessaire pour satisfaire un accroissement (extra) de la demande finale du secteur j . Le développement en série de l'inverse de Leontief, $L = (I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \dots$ peut être réécrite comme $\Delta x = L(\Delta f) =$

$(I + A + A^2 + A^3 + \dots)\Delta f$. L'augmentation totale dans la production du secteur i , due à l'augmentation de la demande finale du secteur j ($i \neq j$) fournit :

$$\Delta x_i = l_{ij} = a_{ij} + \sum_k a_{ik} a_{kj} + \sum_k \sum_m a_{ik} a_{km} a_{mj} + \dots \quad (5)$$

Le premier terme de droite de l'équation montre l'effet direct, alors que les autres correspondent aux effets indirects. Par exemple, $a_{ik} a_{kj}$ reflète l'effet indirect, à deux stades, qui a lieu au travers du secteur k . Ainsi, l'augmentation dans la demande finale du secteur j impliquera une augmentation de la production du secteur k de a_{kj} , lequel nécessite des inputs (et une production supplémentaire) extras du secteur i . Ceci est valable pour chaque secteur k , de telle façon que $\sum_k a_{ik} a_{kj}$ génère des effets indirects entre les secteurs i et j . Dans le cas $i = j$, l'effet initial doit également être inclus, car la demande finale supplémentaire doit, premièrement, être produite pour autoconsommation des secteurs. Dans ce cas, l'équation 5 devient :

$$\Delta x_i = l_{ij} = 1 + a_{ij} + \sum_k a_{jk} a_{kj} + \sum_k \sum_m a_{jk} a_{km} a_{mj} + \dots \quad (6)$$

Ainsi, l'on peut construire l'APL entre les secteurs i et j . Si la demande finale du secteur j augmente, le produit du secteur i est altéré de $\Delta x_i = l_{ij}$.

De l'équation 5, on tire que la participation $\frac{a_{ij}}{l_{ij}}$ nécessite un stade e

étape, la participation $\frac{\sum_k a_{jk} a_{kj}}{l_{ij}}$ nécessite deux stades, la participation

$\frac{\sum_k \sum_m a_{ik} a_{km} a_{mj}}{l_{ij}}$ trois stades et ainsi de suite. Le nombre moyen de stades

dans l'augmentation dans la demande finale du secteur j pour affecter le produit du secteur i est

$$APL = \Delta x_i = v_{ij} = \frac{(1 \times a_{ij} + 2 \times \sum_k a_{jk} a_{kj} + 3 \times \sum_k \sum_m a_{jk} a_{km} a_{mj})}{l_{ij}} \quad (7)$$

Quand $i = j$, on peut appliquer un raisonnement similaire. Une augmentation d'une unité monétaire dans la demande finale du secteur j implique une augmentation du produit de ce secteur de $\Delta x_j - 1 = l_{ij} - 1$. Résulte de l'équation 8 que :

$$APL = \Delta x_i = v_{ij} = \frac{(1 \times a_{ij} + 2 \times \sum_k a_{jk} a_{kj} + 3 \times \sum_k \sum_m a_{jk} a_{km} a_{mj})}{(l_{ij} - 1)} \quad (8)$$

Comme le numérateur dans les équations 7 et 8 est donné par les éléments (i, j) et (j, j) de la matrice $H = 1 \times A + 2 \times A^2 + 3 \times A^3 + \dots = \sum_{t=1}^{\infty} tA^t$, si l'on multiplie H par $(I - A)$, on obtient $(I - A)H = A + A^2 + A^3 + \dots = L - I$. Donc, $H = L(L - I)$.