

## Research Paper

---

# Structures et dynamiques productives au Maroc : Un nouveau regard par la théorie des réseaux

Par Ali Elguellab et Elhadj Ezzahid

RP - 04/24

Dans ce rapport, nous proposons d'utiliser une nouvelle approche pour analyser les structures productives au Maroc. Nous appliquons les outils de la théorie des réseaux aux tableaux des échanges inter-industriels de l'économie marocaine. Nos résultats montrent que le réseau national de production présente des caractéristiques intuitives dans le sens qu'elles sont liées aux processus de production. La structure de ce réseau peut être représentée sous la forme d'un papillon, avec les branches en amont d'un côté et les branches en aval de l'autre, reliées par un nœud composé de branches très connectées qui offrent des produits de base. Au sein de cette structure, nous avons mis en lumière deux clusters qui se distinguent clairement : le premier concerne les produits agricoles et alimentaires, tandis que le second est associé à l'écosystème de la construction. En comparaison avec un échantillon étendu de pays, le réseau de production au Maroc se révèle peu dense et peu polarisé. Les branches d'activités y sont, en effet, moins asymétriques en termes de centralité, en particulier au cours de la période récente.

## *À propos de Policy Center for the New South*

Le Policy Center for the New South (PCNS) est un think tank marocain dont la mission est de contribuer à l'amélioration des politiques publiques, aussi bien économiques que sociales et internationales, qui concernent le Maroc et l'Afrique, parties intégrantes du Sud global.

Le PCNS défend le concept d'un « nouveau Sud » ouvert, responsable et entreprenant ; un Sud qui définit ses propres narratifs, ainsi que les cartes mentales autour des bassins de la Méditerranée et de l'Atlantique Sud, dans le cadre d'un rapport décomplexé avec le reste du monde. Le think tank se propose d'accompagner, par ses travaux, l'élaboration des politiques publiques en Afrique, et de donner la parole aux experts du Sud sur les évolutions géopolitiques qui les concernent. Ce positionnement, axé sur le dialogue et les partenariats, consiste à cultiver une expertise et une excellence africaines, à même de contribuer au diagnostic et aux solutions des défis africains.

A ce titre, le PCNS mobilise des chercheurs, publie leurs travaux et capitalise sur un réseau de partenaires de renom, issus de tous les continents. Le PCNS organise tout au long de l'année une série de rencontres de formats et de niveaux différents, dont les plus importantes sont les conférences internationales annuelles « The Atlantic Dialogues » et « African Peace and Security Annual Conference » (APSACO).

Enfin, le think tank développe une communauté de jeunes leaders à travers le programme Atlantic Dialogues Emerging Leaders (ADEL). Cet espace de coopération et de mise en relation d'une nouvelle génération de décideurs et d'entrepreneurs, est déjà fort de plus de 300 membres. Le PCNS contribue ainsi au dialogue intergénérationnel et à l'émergence des leaders de demain.

### **Policy Center for the New South**

Mohammed VI Polytechnic University, Rocade Rabat-Salé, 11103

Email : [contact@policycenter.ma](mailto:contact@policycenter.ma)

Phone : +212 (0) 537 54 04 04 / Fax : +212 (0) 537 71 31 54

Website : [www.policycenter.ma](http://www.policycenter.ma)

# RESEARCH PAPER

## Structures et dynamiques productives au Maroc : Un nouveau regard par la théorie des réseaux

Ali Elguellab<sup>1</sup>

PhD, Université Mohammed V, Rabat

Elhadj Ezzahid

Professeur d'économie, Université Mohammed V, Rabat.



1. Les auteurs tiennent à remercier les évaluateurs anonymes ainsi que le PCNS, l'éditeur, pour leurs commentaires et remarques fructueuses. Nous apprécions aussi le travail du « Laboratoire de l'Économie de développement » ayant permis l'examen et la formulation de remarques pertinentes sur une ancienne version de ce papier. *In fine*, l'ultime responsabilité pour toute erreur ou omission est d'exclusif des auteurs.

## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	5
<b>2. Réseau de production et échanges inter-industriels</b> .....	6
<b>2.1. Terminologie et concepts</b> .....	6
<b>2.2. Caractéristiques holistiques des réseaux de production</b> .....	8
<b>2.4. Mesures de positionnement dans le réseau</b> .....	13
<b>2.5. Segmentation, communautés et hiérarchies</b> .....	14
<b>3. Caractéristiques du réseau de production marocain</b> .....	17
<b>3.1. Données utilisées</b> .....	17
<b>3.2. Configuration holistique</b> .....	18
<b>3.3. Profil sectoriel</b> .....	21
<b>3.4. Composantes internes</b> .....	26
<b>3.5. Quelle dynamique ?</b> .....	30
<b>4. Discussion</b> .....	32
<b>5. Conclusion</b> .....	36
Références .....	37
Annexe 1. Figures supplémentaires.....	40
Annexe 2. Nomenclature des branches et secteurs adoptés (2014, 27 branches, HCP) .....	42
Annexe 3. Nomenclature commune de passage.....	43
Annexe 4. Pays de la base de données de l'OCDE et classes de pays .....	46
Annexe 5. Cartographie des branches d'activité.....	47

## 1. Introduction

L'analyse des structures productives est fondamentale, à la fois pour le diagnostic conjoncturel et pour les enjeux de développement économique. Cette analyse est effectuée le plus souvent en recourant aux outils de l'analyse input-output. Une littérature récente a toutefois introduit une autre boîte à outils en mettant à contribution la théorie des réseaux (Acemoglu et al., 2016, 2012; Carvalho, 2014; Carvalho and Tahbaz-Salehi, 2019; Grassi and Sauvagnat, 2019). Cette nouvelle approche a permis d'éclairer de manière différente mais complémentaire les questionnements portant sur ces structures.

L'appréhension des structures productives sous forme de « réseau de production » s'est révélée capable de mieux analyser et prendre en considération les connexions existantes entre les secteurs d'une économie. Les outils issus de l'analyse input-output, malgré leur richesse et utilité, se résument globalement à des mesures décrivant individuellement les secteurs de l'économie. Le prisme du réseau de production produit certes d'autres indicateurs sectoriels mais il dépasse ce cadre en offrant, entre autres, la possibilité de caractérisations holistiques et de modularité.

Plusieurs faits stylisés ont été mis en lumière grâce à cette nouvelle littérature. Dans ce sillage, Carvalho et Tahbaz-Salehi (2019) soulignent que le réseau de production américain est de type « petit monde », ce qui veut dire que les secteurs sont relativement peu connectés directement entre eux que via des secteurs de type hub. Les secteurs sont très hétérogènes en termes de centralité, avec un petit nombre de hubs. Blöchl et al. (2011), Fadinger et al. (2016) ainsi que McNerney et al. (2013) documentent à partir des données de la base STAN de l'OCDE que, conformément aux modèles des États-Unis, les distributions des degrés de dépassement et des centralités sectorielles sont très hétérogènes dans un large éventail de pays, impliquant la nature *scale-free* des réseaux de production. Les secteurs dominants en matière de centralité sont différents d'un pays à l'autre (Blöchl et al., 2011). Ce résultat a cependant été contredit par d'autres travaux selon lesquels les "technologies" utilisées pour produire des biens et des services dans chaque secteur sont généralement assez similaires en fonction des pays, malgré les particularités observées entre les pays (Alatrisme-Contreras, 2015; Grassi et Sauvagnat, 2019). Des configurations communes ont été relevées, dans ce sens, comme le cas du lien agriculture, alimentation et tourisme. Par ailleurs, Pinto (2021) documente deux faits principaux : dans les pays dont le réseau de production est plus diversifié, d'une part, les parts de marché sont moins concentrées et, d'autre part, la volatilité de la croissance du PIB est plus faible.

Pour l'économie du Maroc, il n'y a pas encore d'analyses détaillées visant à étudier en profondeur son réseau de production. Deux études ont approché cet objectif mais d'une manière indirecte et résiduelle. Ouifak (2021) a utilisé le tableau régional des entrées-sorties (IIOM-MOR), développé par Haddad et al. (2017), pour identifier les secteurs les plus centraux dans différentes régions du Maroc. De son côté, Haddad et al. (2023), en recourant à l'approche du réseau de production, s'est intéressé à l'étude du positionnement du secteur du raffinage dans l'économie marocaine. Au final, ces études se sont principalement concentrées sur les mesures de centralité et n'ont pas dressé un tableau de bord complet et détaillé du réseau de production marocain. En effet, le premier s'est limité à la mesure de la centralité en se concentrant exclusivement sur le plan régional. Le deuxième article, de par même son objectif, s'est focalisé sur un seul secteur de ce réseau.

C'est dans ce contexte que ce papier vise à mettre en évidence l'anatomie détaillée du réseau de production au Maroc. Nous nous intéressons à analyser à la fois sa nature holistique, ses structures internes homogènes, ainsi que le profil de ses secteurs. Pour ce faire, nous avons mobilisé plusieurs sources de données, notamment les tableaux publiés par les comptes nationaux du Maroc d'un côté et, de l'autre, les tableaux publiés par l'OCDE portant sur un échantillon de 66 pays.

L'investigation menée a permis de dégager plusieurs conclusions. En premier lieu, le réseau national de production présente des caractéristiques techniques intuitivement liées aux processus de production. Sa structure peut être représentée sous la forme d'un papillon, avec les branches en amont d'un côté et les branches en aval de l'autre, reliées par un nœud composé de branches très connectées qui offrent des produits de base. Au sein de cette structure, deux clusters sont clairement identifiables : le premier concerne les produits agricoles et alimentaires, tandis que le second est lié à l'écosystème de la construction. En plus de ces éléments intuitifs, le réseau de production se révèle peu dense et peu polarisé par rapport aux autres pays analysés. Les branches d'activité sont moins asymétriques en termes de centralité (importance de l'offre) dans le cas du Maroc, en particulier au cours de la période récente.

Ce document est organisé de la manière suivante. La section qui suit expose les éléments saillants de la théorie des réseaux dans le contexte des échanges intersectoriels, et présente formellement les mesures concernant les caractéristiques holistiques et individuelles des analyses de segmentation. La section 3 présente les résultats de cette étude ; elle commence par un compte rendu des données utilisées et des traitements effectués avant leur utilisation. Les trois sous-sections exposent les principales caractéristiques relevées du réseau de production au Maroc. La section 4 propose une discussion et une contextualisation de ces résultats empiriques. Enfin, la dernière section conclut.

## 2. Réseau de production et échanges inter-industriels

### 2.1. Terminologie et concepts

La théorie des réseaux (ou graphes), une partie importante des mathématiques discrètes, joue un rôle déterminant dans l'économie des réseaux de production. Un graphe, ou réseau, est un ensemble d'éléments liés entre eux par des relations. Schématiquement, un graphe  $G$  est un groupe de deux ensembles (attributs) : le premier, noté  $V_N = \{v_i\}$ , fini et non-vidé, contient les  $N$  nœuds (*vertices, nodes*)  $v_i$  du graphe ; et le deuxième, noté  $E_M = \{e_{ij}\}$ , est constitué des connexions ou arêtes (*edges*) existantes  $e_{ij}$  entre les éléments du graphe. Chaque connexion est définie par le couplet ou pair  $(v_i, v_j)$  d'élément de  $V_N$ . Le graphe est communément noté  $G(V_N, E_M)$ . Une autre façon très commode de présenter  $E_M$  est de recourir à une matrice d'adjacence  $A_N$ . Celle-ci, est une matrice carrée de taille  $N * N$ , ayant une valeur non nulle (1 dans le cas simple) à la position  $(i, j)$  si une connexion existe entre l'élément  $i$  et l'élément  $j$  du graphe et une valeur nulle dans le cas inverse (elle contient au final  $M$  positions non nulles).

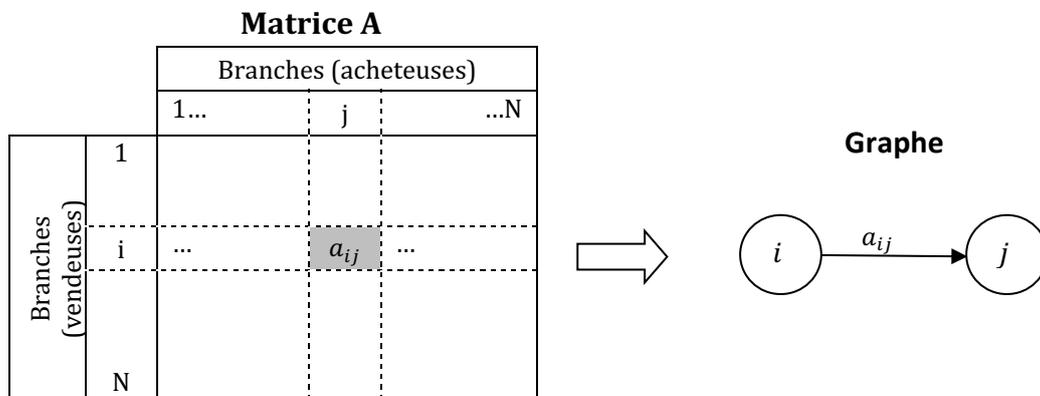
Il existe en pratique plusieurs types de graphes. Le plus commun est le graphe directionnel (*digraph*) et/ou pondéré. Le premier instaure le sens des connexions, ce qui induit que la matrice d'adjacence  $A$  n'est pas symétrique. Le deuxième prend en charge la possibilité que ces connexions aient des poids différents. L'intensité des liens vient ainsi

enrichir l'information d'existence du lien. Dans ce cas-là, le graphe est représenté par :  $G(V_N, E_M, w)$ , avec  $w$  une fonction de  $E_M$  vers  $[0, +\infty[$ . À ce stade, il s'agit de l'information minimale contenue dans un graphe. Pour d'autres raisons d'interprétation et de compréhension, d'autres informations descriptives peuvent être greffées sur le graphe (nature et poids des éléments, ...).

Le système de production d'une économie, tel que décrit par les échanges inter-industriels, est représentable sous forme de graphe/réseau. Dans ce sens, les éléments du graphe, appelé réseau de production (*production network*), sont les branches  $b_i$  de l'économie,  $V_N = \{b_i\}$ , et les connexions sont les transactions (en inputs intermédiaires) entre ces branches,  $e_{ij} = (b_i, b_j)$ . La matrice d'adjacence de ce graphe n'est autre que la matrice des coefficients technique  $[a_{ij}]$ , où  $a_{ij}$  est la consommation intermédiaire de la branche  $j$  provenant de la branche  $i$  (en terme relatif puisque ramenée à la production totale de la branche  $i$ ) ou, en d'autres termes, l'offre de la branche  $i$  pour la branche  $j$  par unité d'output de cette dernière. Formellement, elle est définie par :  $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$ .

Il est clair que nous sommes en présence d'un graphe directionnel ( $a_{ij} \neq a_{ji}$ ) et pondéré ( $a_{ij} \neq a_{st} \neq 1, \forall i \neq s, j \neq t$ ). Ce graphe se caractérise aussi par l'existence des auto-connexions, dues aux autoconsommations intermédiaires non nulles ( $a_{ii} \neq 0$ ). Elles sont mêmes importantes pour certaines branches. Cela est dû notamment à une nomenclature insuffisamment désagrégée, ce qui est généralement le cas.

**Figure 1. Transition de la matrice input-output (A) vers un graphe**



Comme discuté auparavant, le graphe n'est pas seulement une autre représentation, quoique plus performante, du système input-output. Il est considéré meilleur pour représenter et appréhender de manière holistique le réseau de production ainsi que sa complexité. Alors que les outils de l'analyse input-output proposent des analyses et mesures individuelles (portant sur les branches), la théorie des graphes permet de décrire globalement un réseau. L'analyse via cette théorie est aussi enrichissante, notamment via d'autres caractéristiques individuelles des secteurs qui viennent compléter l'analyse input-output.

## 2.2. Caractéristiques holistiques des réseaux de production

La première mesure qui caractérise un réseau est sa densité. Elle indique le degré de sa connectivité interne. Tant qu'elle est forte, cela indique que les branches échangent plus entre elles<sup>2</sup>, et *vice versa*. Par ailleurs, elle permet de jauger la capacité de transmission des chocs (positifs ou négatifs) dans un réseau. Par ricochet, cette capacité est aussi un indicateur de fragilité et un risque inhérent (systémique) à un réseau.

Plusieurs indicateurs servent à calculer cette densité. Le premier est le nombre de connexions  $C$  existantes entre les éléments du réseau, rapporté au nombre potentiel de connexions<sup>3</sup>. Dans le cas d'un réseau input-output (orienté), cette densité est égale à :

$$D = \frac{C}{N^2} \quad (1)$$

Malgré sa simplicité et son caractère intuitif, cet indicateur présente des lacunes. Il omet en effet l'intensité des liens entre des branches. Deux réseaux peuvent ainsi afficher la même valeur sans qu'ils soient similaires.

D'autres indicateurs holistiques peuvent corriger, même partiellement, cette lacune. Parmi eux, la longueur moyenne des connexions du chemin moyen. Il mesure la distance moyenne minimale (*geodesic path*)<sup>4</sup> entre tous les couples de deux branches. Tant que cette distance est petite, les temps d'écoulement entre les branches resteront faibles. Cette distance est aussi un indicateur du taux de transformation moyen des produits dans un système économique.

$$\bar{L} = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N d_{ij} \quad (2)$$

Avec  $d_{ij}$  comme distance minimale qui sépare les branches  $i$  et  $j$ .

D'autres mesures peuvent être aussi utilisées pour décrire d'une manière holistique un réseau, mais elles nous semblent redondantes. C'est le cas par exemple de la moyenne des connexions (Wang et al., 2022) ou l'indice de Finn (1976), transposé par (Braun et al., 2021), qui mesurent l'intensité des réseaux de production.

## 2.3. Mesures individuelles d'importance

Pour l'étude du réseau de production, la détection des composantes les plus importantes est à la fois utile et éclairante. La mesure de cette importance, désignée communément dans le jargon par « centralité », vise à mettre sous la lumière les

<sup>2</sup> De cette manière, cela résonne avec le niveau d'intégration dans une économie.

<sup>3</sup> Il est ainsi compris entre 0 et 1, avec des valeurs empiriques plus proches de 0.

<sup>4</sup> Il s'agit, pour deux branches, du chemin le plus court entre elles.

principaux « acteurs » du système productif. Cette approche est par ailleurs complémentaire à la méthode des « *key sectors* » de l'analyse input-output.

Autant cette centralité est intuitive quant à sa substance, et autant sa mesure n'est pas unique. Plusieurs méthodes ont été proposées dans la littérature. Ces mesures sont plutôt complémentaires, chacune corrigeant l'insuffisance d'une autre.

La première mesure de centralité est la plus simple. Dénommée « *Degree* », que l'on peut traduire par « Degré », elle est égale, pour une branche donnée, à l'agrégation de ses liens avec les autres branches du réseau. Vu que l'on est en présence d'un graphe pondéré et directionnel, cette centralité est calculée pour une branche  $j$  par la formule :

$$C_j^{Degree} = \sum_i (a_{ij} + a_{ji}) \rightarrow C^{Degree} = A \cdot \mathbb{1} + \mathbb{1}' \cdot A \quad (3)$$

Ainsi mesurée, cette centralité traduit la force de connectivité et d'association d'une branche dans l'économie. Elle est par ailleurs qualifiée de centralité locale car elle porte sur les liens directs. Tant qu'elle est grande, la connectivité de ladite branche reste élevée. Il est informatif à ce stade de considérer le sens de cette connectivité. Ce faisant, l'on distingue la centralité de sortie (*Outdegree* par la suite) qui comptabilise seuls les liens sortants de la branche, i.e. ses ventes aux autres branches. Elle est définie, pour une branche  $i$ , par :

$$C_i^{Out} = \sum_j a_{ij} \rightarrow C^{Out} = A \cdot \mathbb{1} \quad (4)$$

Avec  $\mathbb{1}$  comme vecteur unitaire. Aussi, la centralité d'entrée (*Indegree* par la suite) somme, quant à elle, les liens entrants (les achats d'inputs) d'une branche  $i$ <sup>5</sup>.

$$C_i^{In} = \sum_j a_{ji} \rightarrow C^{In} = \mathbb{1}' \cdot A \quad (5)$$

Cette distinction est primordiale d'un point de vue économique. Les branches ayant une centralité de sortie importante exercent un effet d'offre important sur le reste du réseau, via ses clients immédiats (importance en tant qu'offreur direct). À l'opposé, les branches disposant d'une centralité d'entrée importante jouissent plus d'un effet de demande sur les autres composantes du réseau.

Cette mesure de la centralité basée sur les primo-connexions (ou de premier ordre), quoique simple et intuitive, est relativement grossière. Sa principale insuffisance est qu'elle accorde le même intérêt à toutes les connexions (indépendamment de leurs

<sup>5</sup> Cette mesure est intimement liée avec l'indicateur du « direct forward linkage » tel qu'établi dans une ancienne définition (Rasmussen, 1956). Rappelons que celle-ci a été critiquée car elle suppose la concomitance du choc unitaire dans toutes les branches (Miller et Blair, 2009). Par ailleurs, la centralité de rentrée est intimement liée avec l'indicateur du « direct backward linkage » (conséquence immédiate de la formule 21).

pondérations). En réalité, deux connexions ayant le même poids peuvent être différentes car elles relient des branches d'importance inégale. Pour une branche, ses connexions sont à nuancer par la « qualité » de ces clients/fournisseurs. À cette aune, une branche est importante si elle a plusieurs connexions (effet de quantité) ou peu de connexions mais avec des branches importantes (effet qualité).

Dans cette logique, et vu que tout est enchaîné dans un réseau, ces nouvelles mesures de centralité sont liées entre elles (la centralité d'un secteur est liée à celles des secteurs qui lui sont attachés). Ce faisant, elles sont calculées d'une façon récursive. Une des premières solutions est la centralité basée sur les vecteurs propres (*Eigenvector* par la suite), introduite par (Bonacich, 1987). Selon celle-ci, la centralité d'une branche  $i$  (notée  $C_i^\gamma$ ) est considérée comme étant proportionnelle à celles de ses voisines, selon la formulation suivante :

$$C_i^\gamma = \frac{1}{\tau} \sum_j a_{ij} C_j^\gamma \quad (6)$$

Ce qui implique en écriture vectorielle :

$$A \cdot C^\gamma = \tau \cdot C^\gamma \quad (7)$$

Ainsi, le vecteur de centralité *Eigenvector*  $C^\gamma$  correspond à l'unique vecteur propre non négatif de la matrice d'adjacence  $A$ . Le théorème de Perron–Frobenius indique, en effet, que dans ce cas ( $a_{ij}$  non négatif), le seul vecteur propre non négatif correspond à la valeur propre maximale  $\tau$  de  $A$ .

Cette centralité est cependant moins compatible avec les réseaux dirigés, notamment acycliques (où les boucles ou autoconsommations intermédiaires sont absentes). Les branches exclusivement d'offre auront une valeur nulle<sup>6</sup> de centralité (Newman, 2018; Sargent et Stachurski, 2022). Or, ces branches sont importantes dans le réseau. Une des mesures<sup>7</sup> pour adresser cette lacune est la mesure proposée par (Katz, 1953), désignée dans la littérature aussi par la centralité de Katz-Bonacich (Bonacich par la suite comme c'est souvent le cas dans la littérature). Elle est par ailleurs la plus compatible avec l'économie du réseau de production telle que développée dans la section théorique (Acemoglu et al., 2012; Carvalho, 2014; Carvalho et Tahbaz-Salehi, 2019). Elle permet de jauger, pour une branche, son « pouvoir d'offre à l'économie ». Telle que proposée, cette centralité est calculée selon le même principe que précédemment à la

<sup>6</sup> Comme on le verra dans l'application sur les données marocaines, cette situation s'avère être le cas, entre autres, de la branche « Cokéfaction et fabrication de produits pétroliers raffinés ». Cependant, vu l'existence des autoconsommations intermédiaires (du fait du niveau de l'agrégation) ce problème est globalement moins aigu.

<sup>7</sup> Une autre mesure est la centralité « *PageRank* » mais elle n'est généralement pas adoptée dans les travaux sur les réseaux de production. Elle corrige en réalité le côté indésirable de la centralité de Bonacich, qui est « contagieuse », i.e. toutes les branches liées à une branche centrale auront aussi un score élevé (Newman, 2018).

différence qu'elle affecte une centralité minimum ( $\beta$ ) à toute les branches. La formule générale pour le calcul de cette centralité, noté  $C_i^B$ , est la suivante :

$$C_i^B = \alpha \sum_j a_{ij} C_j^B + \beta \quad (8)$$

Avec  $\alpha$  et  $\beta$  comme constantes positives. En termes matriciels, le vecteur de ces centralités est la solution de :

$$C^B = \beta(I - \alpha A)^{-1} \mathbb{1} \quad (9)$$

Cette centralité mesure le poids d'une branche à fournir des biens/services, directement et indirectement, à tout le réseau de production (i.e. à toute l'économie).  $\beta$  est la centralité minimale accordée aux branches pour corriger le défaut de la centralité *Eigenvector*. Ce paramètre traduit leurs caractéristiques exogènes (hors réseau). Vu que ce qui est important, ce ne sont généralement pas les valeurs absolues en elles-mêmes de la centralité mais leurs valeurs relatives (i.e. leur hiérarchie), la valeur du multiplicateur  $\beta$  n'est pas importante en définitive. Dans la littérature de la théorie des graphes,  $\beta$  est conventionnellement choisi égal à 1 (Newman, 2018).

Le paramètre<sup>8</sup>  $\alpha$  traduit l'importance accordée aux facteurs endogènes par rapport aux facteurs exogènes. Lorsque  $\alpha$  converge vers 0 alors  $C^B$  converge vers le vecteur  $\beta$ . Dans ce cas, les facteurs endogènes sont annulés, et la centralité se résume à la centralité minimale choisie initialement, donc non informative en définitive. Cette centralité est d'autant plus proportionnelle à la centralité de vecteur propre que  $\alpha$  converge vers<sup>9</sup>  $1/\tau$ .

Sur le plan empirique en relation avec le réseau de production en économie, Carvalho (2014) considère<sup>10</sup>  $\alpha$  comme le poids moyen des consommations intermédiaires (0,5 en l'espèce), ce qui implique, selon sa configuration théorique, que  $\beta$  est fonction de  $\alpha$  selon la relation suivante :  $\beta = (1 - \alpha)/N$ . Dans la même logique<sup>11</sup>, Acemoglu et al. (2012) considèrent  $\beta = \alpha/N$ . Rappelons que le modèle théorique, exposé plus haut, suggère que  $\beta = 1$ , en ligne avec la valeur conventionnelle de la théorie des réseaux. Quoique ces valeurs diffèrent *in fine* d'un cas à un autre, force est de rappeler que la hiérarchie des branches en termes de cette centralité demeure identique, ce qui est l'essentiel.

<sup>8</sup> Cette centralité est appelée aussi « *alpha-centrality* », en raison de la présence du paramètre  $\alpha$  dans sa construction (avec conventionnellement  $\beta = 1$ ).

<sup>9</sup> Pour des raisons mathématiques de convergence,  $\alpha$  doit être choisi non proche de  $1/\tau$ . Selon (Newman, 2018) ; le calcul de cette mesure ne donne de bons résultats que pour  $\alpha < 1/\tau$ .

<sup>10</sup> Cela est basé sur un modèle théorique similaire à celui développé précédent, sauf sur les exposants retenus dans la fonction de production. Pour lui, il a retenu la part des consommations intermédiaires dans leurs total (et non dans la production totale). En adoptant en plus une part du travail fixe pour toutes les branches (égale à  $1 - \alpha$ ), il s'avère que  $\alpha$  correspond à la part des consommations intermédiaires dans la production.

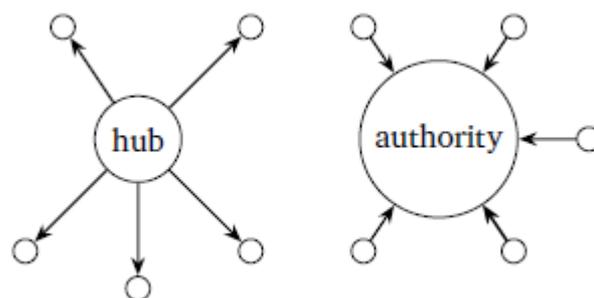
<sup>11</sup> Pour le premier,  $\alpha$  est la part de la valeur ajoutée dans la production, et pour les seconds, la part de consommation intermédiaire dans la production.

Il est à remarquer que si  $\beta = \alpha = 1$  suivant le modèle de base précédent, la centralité de Bonacich correspond à la somme des lignes de la matrice de Leontief (L). Elle mesure ainsi le pouvoir d'offre globale (ventes directes et indirectes). Elle est ainsi différente de l'indicateur du *forward linkage total*, lui aussi une mesure de l'offre globale. Une complémentarité est retrouvée entre l'analyse input-output et l'approche des réseaux comme c'est le cas de la centralité *Outdegree* et *forward linkage direct* (voir le renvoi 30 plus haut).

Par ailleurs, la hiérarchie des branches selon la centralité de Bonacich peut être modifiée lorsque la centralité minimale  $\beta$  n'est pas fixe. C'est ce que (Grassi et Sauvagnat, 2019) considèrent lorsqu'ils ont retenu  $\beta$  comme étant le poids d'une branche dans l'économie (via sa demande finale). Ainsi définie, la centralité de Katz-Bonacich mesure l'ensemble des contributions directes et indirectes d'une branche et, in fine, son importance à la demande finale. Cette dernière conception demeure cependant marginale dans la littérature car, à notre sens, elle altère le concept de la centralité propre au réseau de production. Cette centralité se focalise en effet sur les caractéristiques intrinsèques du réseau de production et non sur les caractéristiques économiques en dehors de celui-ci. Par ailleurs, la mesure de centralité proposée par (Grassi et Sauvagnat, 2019) coïncide, à l'aune du modèle de base de la section précédente, plutôt avec les poids de Domar qu'à autre chose<sup>12</sup>.

À ce stade, les centralités définies sont construites globalement sur la base du fait qu'une branche est importante si elle est liée avec des branches importantes. Cependant, il y a lieu de mieux nuancer cette importance selon le sens dominant des connexions pour une branche. On distingue ainsi la centralité de Hub (*Hub*) et la centralité d'autorité (*Authority*). Une branche de premier (de deuxième) type est une branche qui a tendance le plus à vendre (à acheter) des intrants (voir le schéma dans la figure 2). Les premières jouent ainsi<sup>13</sup> plus un rôle d'offre et les seconds plus un rôle de demande.

**Figure 2. Branches de type « Hub » et « Authority »**



Source : (Sargent et Stachurski, 2022)

Ces deux centralités sont définies d'une manière circulaire, i.e. une branche est d'autant plus un *Hub* qu'elle communique avec des branches de type *Authority*. Ces

<sup>12</sup> D'après l'équation plus haut  $\lambda_j = \beta_j + \sum_{i=1}^N a_{ij} \lambda_i$ , la centralité mesurée correspond plus à  $\lambda_i$  qu'à  $v_i$  : la raison étant l'hypothèse  $\beta_j = \beta = 1/N$  (voir plus haut).

<sup>13</sup> Leur méthode de détermination (circulaire) implique, qu'au final, i.e. au bout de la chaîne de propagation, une branche de type hub peut aussi générer des effets de demande et inversement.

définitions ont été conceptualisées par Kleinberg (1999) et sont calculées par l'algorithme *hyperlink-induced topic search (HITS)*. Selon cette approche, la centralité *Hub* d'une branche (notée  $C_i^H$ ) est proportionnelle à la centralité *Authority* (noté  $C_i^A$ ) des branches vers lesquelles elle communique :

$$C_i^H = \mu \sum_j a_{ij} C_j^A \quad (10)$$

Et réciproquement, la centralité *Authority* d'une branche est aussi proportionnelle à la centralité *Hub* des branches vers lesquelles elle communique :

$$C_i^A = \theta \sum_j a_{ij} C_j^H \quad (11)$$

Les paramètres  $\mu$  et  $\theta$  sont des constantes. La résolution de ces deux systèmes (26 et 27) permet d'obtenir les centralités *Hub* (resp. *Authority*) comme étant les vecteurs propres de  $AA'$  (resp.  $A'A$ ). Ces deux centralités correspondent à la même valeur propre<sup>14,15</sup>  $\gamma = (\mu\theta)^{-1}$ .

#### 2.4. Mesures de positionnement dans le réseau

Au complément de l'importance, le positionnement d'une branche dans un réseau est aussi un élément distinctif et informatif. Une première mesure de positionnement est la « *Closeness* » qui indique le degré de rapprochement d'une branche avec le réseau ou, inversement, son degré d'isolement. Elle permet de lire le réseau en termes de centre et de périphérie. La mesure « *Closeness* » est d'autant plus grande que ladite branche se situe en périphérie du réseau, car elle est, en moyenne, plus éloignée des autres. S'il est faible, au contraire, alors cette branche se situe au cœur du réseau.

Le calcul de la mesure « *Closeness* » est basé sur le concept du *chemin le plus court*. Formellement, elle est égale, pour une branche  $i$ , à l'inverse de la moyenne des chemins les plus courts la séparant des autres branches du réseau. Étant donné que l'on est en présence d'un réseau dirigé, cette mesure donne lieu à une mesure en aval (*Outcloseness*) et une autre en amont (*Incloseness*). La première est une indication, pour une branche  $i$ , de la longueur moyenne des chemins les plus courts permettant d'atteindre les autres branches du réseau à partir de ladite branche. À l'inverse, la deuxième mesure est une indication, pour une branche  $i$ , de la longueur moyenne des chemins les plus courts lui permettant d'être atteinte depuis les autres branches du réseau.

Si l'on définit  $d_{ij}$  comme le chemin le plus court de la branche  $i$  vers la branche  $j$ , alors la mesure *Incloseness* en aval (notée  $Close_i^{Out}$ ) et la mesure *Outcloseness* en amont (notée  $Close_i^{In}$ ) sont calculées comme suit :

<sup>14</sup> Cela correspond au problème consistant à trouver le vecteur propre dominant (Langville et Meyer, 2005).

<sup>15</sup> Ces deux centralités n'ont pas le défaut de la centralité de vecteur propre précédente (plus de détails dans Newman 2018, page 170).

$$Close_i^{out} = \frac{N}{\sum_j d_{ij}} \quad (12)$$

$$Close_i^{in} = \frac{N}{\sum_j d_{ji}} \quad (13)$$

Une autre façon de voir la position d'une branche dans un réseau est de s'intéresser à savoir si celle-ci est ou non un passage récurant (escale) entre les autres branches du réseau de production. Pour cela, la mesure « *Betweenness* » est définie. Cette dernière est aussi vue en mesure de centralité, dans le sens où une branche-escale ("*bridging sectors*") constitue alors un maillon fort de la chaîne de transmission des chocs. Notons qu'une branche peut ainsi avoir une faible connectivité mais un fort pouvoir de transition (passage) entre les branches économiques<sup>16</sup>. Ce faisant, cette mesure est alors complémentaire aux autres précédentes.

La mesure « *Betweenness* » est calculée, pour une branche  $i$ , par le rapport du nombre des chemins les plus courts passant par celle-ci et le nombre total des chemins les plus courts du réseau<sup>17</sup>. Formellement, si l'on pose  $n_{st}^i$  le nombre de chemins les plus courts entre les branches  $s$  et  $t$  passant par la branche  $i$  et  $g_{st}$  le nombre total de chemins les plus courts entre les branches  $s$  et  $t$ , alors la mesure de *Betweenness*, notée  $B_i$ , est calculée par :

$$B_i = \frac{1}{n^2} \sum_{s \neq i, t \neq i} \frac{n_{st}^i}{g_{st}} \quad (14)$$

## 2.5. Segmentation, communautés et hiérarchies

Une autre manière d'appréhender un réseau de production, différente des deux approches précédentes mais leur étant complémentaire, est de s'intéresser à ses sous-groupes homogènes. Les réseaux affichent le plus souvent des communautés en leur sein. Il s'agirait de groupements de branches qui échangent relativement plus entre elles, pouvant être interprétées de plusieurs façons (en termes de risque systémique, de convergence (Domínguez et al., 2021), de transformation structurelle (Radebach et al., 2016)). Ces groupements homogènes à l'intérieur, mais plus hétérogènes entre eux, fournissent des enseignements très pertinents, de nature à compléter les diagnostics précédents.

Techniquement, une première segmentation possible est de distinguer les groupes indépendants de branches, dénommés composantes dans le jargon de la théorie des graphes, de telle sorte qu'en les agrégeant, on retrouvera une économie horizontale (figure 2.a plus haut). Cependant, cette stratification est rarement observée dans les

<sup>16</sup> Notons qu'une branche peut ainsi avoir une faible connectivité mais un fort pouvoir de transmission (passage) entre les branches économiques. C'est le cas par exemple d'une branche qui assure la liaison entre deux clusters de branches. Comme illustration, la branche  $v$  du réseau (a) de la figure 3 détient un score élevé de *Betweenness* sans pour autant avoir un nombre important de connexions.

<sup>17</sup> Les branches dites de départ et d'arrivée (exemples types de la périphérie) auront ainsi un score nul en termes de *Betweenness*.

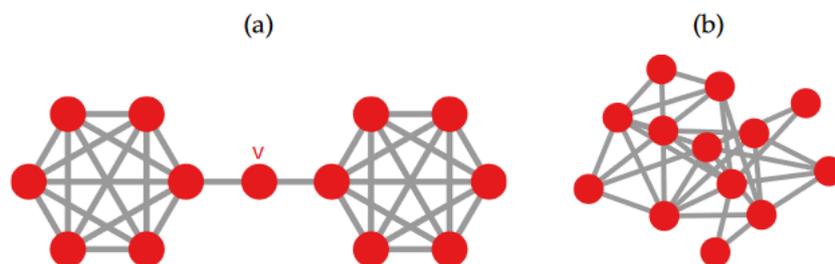
systèmes inputs-outputs, d'habitude très complexes. À défaut, on peut distinguer des sous-groupes selon l'intensité des liens entre leurs éléments constitutifs. Une *clique* de branches est l'ensemble de branches organisées dans une économie complète (figure 2.d plus haut), traduisant la présence de cohésion intracommunautaire.

Moins contraignante que la clique, un groupe dit "*k – core*" est un ensemble de branches ayant au moins *k* connexions à l'intérieur du groupe. Dans un réseau, il existerait *d* groupes de ce type, avec *d* comme maximum des connexions. Ces « *k – core* » sont pertinents en raison entre autres de leur capacité à structurer un réseau en centre-périphérie ("*d – core*" sont au centre alors que le "*1 – core*" à la périphérie). Cependant, cette réorganisation en centre-périphérie n'est pas toujours techniquement possible dans les systèmes inputs-outputs réels.

Dans notre contexte, ce qui est plus pertinent à dégager sont les communautés ou les clusters d'un réseau. Ils sont déterminés, d'une manière générale, selon deux visions. Une communauté ou un cluster de branches peut être appréhendé comme un groupe de branches plus connectées entre elles qu'avec le reste du réseau. C'est l'approche basée sur la densité (*Density-based clusters*). De cette façon, on aura besoin du minimum de connexions à couper pour déconnecter totalement les clusters entre eux. Alternativement, une communauté peut être déterminée en se basant sur la similarité de ses branches (*Pattern-based clusters*). Cette ressemblance est basée sur leur profil dans le réseau et/ou sur des critères externes (Malliaros et Vazirgiannis, 2013; Newman, 2018).

En termes de calculs, plusieurs algorithmes ont été proposés pour distinguer les communautés d'un réseau. Les plus connus se basent sur le concept de la modularité, qui traduit la « divisibilité » d'un réseau en sous-réseaux. Cette modularité est une mesure de la structure d'un réseau : elle est d'autant plus forte que sa densité est forte à l'intérieur de ses communautés et faibles entre elles. Autrement dit, si elle est élevée, cela indique que le réseau est organisé en communautés. Comme le montrent les illustrations de la figure 3 ci-dessous, le réseau (a) est facilement divisible, via le nœud (v), comparativement au réseau (b). Ce dernier dispose, en conséquence, d'une modularité faible, comparé au premier.

**Figure 3. Réseau et divisibilité**



Source : inspiré de (Coscia, 2021)

Basée sur la différence entre les connexions observées et les connexions attendues, la modularité est définie par :

$$Q = \frac{1}{m} \sum_{i,j} \left[ a_{ij} - \frac{k_i^{out} k_j^{in}}{m} \right] \delta(c_i, c_j) \quad (15)$$

Avec  $m$  comme nombre de connexions existantes,  $k_i^{out}$  le nombre de connexions sortantes de la branche  $i$ ,  $k_j^{in}$  nombre de connexions entrantes de la branche  $j$ , et  $\delta(c_i, c_j) = 1$  si les branches  $i$  et  $j$  font partie de la même communauté. La quantité  $\frac{k_i^{out} k_j^{in}}{m}$  est la probabilité de connexions entre  $i$  et  $j$  si le graphe est aléatoire (Newman, 2018).

Le principe de détermination des communautés via cette approche consiste en des algorithmes itératifs qui maximisent la modularité. Dans cette configuration, il y a la méthode du vecteur propre principal (*Leading eigenvector*) suggérée par (Newman, 2006). Son algorithme est fondé sur l'optimisation spectrale de la modularité. Dans la même veine de la maximisation de la modularité, (Brandes et al., 2008) ont proposé une autre méthode (*Optimal community structure*) en formulant cette maximisation en problème de programmation linéaire en nombres entiers.

Dans un autre registre, (Pons et Latapy, 2005) ont proposé, sous l'appellation de « *Walktrap* », un algorithme efficace de détermination des communautés. Il part de l'idée que les chemins les plus courts ont tendance à appartenir à la même communauté. (Raghavan et al., 2007) ont suggéré un algorithme simple (*Labels propagating*) qui utilise uniquement la structure du réseau comme guide et qui ne nécessite ni l'optimisation d'une fonction objective prédéfinie ni des informations préalables sur les communautés.

Un autre regard peut être jeté sur le réseau de production en invoquant le concept de la « colonne vertébrale » et de l'« épine dorsale ». Cette dernière désigne l'ensemble des liens les plus importants d'un réseau, qui acheminent la majeure partie des flux (consommations intermédiaires). En cela, elle est une représentation simplifiée du réseau original et permet ainsi une lecture moins bruitée et par conséquent plus intéressante. Cette colonne vertébrale est généralement identifiée en supprimant tous les liens du réseau sauf les plus forts. Vu de cette façon, chercher l'épine dorsale d'un réseau peut se voir comme l'application d'un filtrage.

À la différence de la règle de censure intrinsèque au filtrage (manuel), les méthodes de détermination du squelette du réseau se basent sur des procédés plus élaborés (statistique). Une des méthodes suggérées pour les réseaux dirigés et pondérés (notre cas), est la méthode de (Serrano et al., 2009), appelée « *The Disparity Filter* ». Elle consiste à comparer les poids des connexions observées (i.e.  $a_{ij}$ ) avec des poids normalisés suivant une loi uniforme, et ne retenir que celles ayant un poids significativement important.

### 3. Caractéristiques du réseau de production marocain

#### 3.1. Données utilisées

Les données utilisées proviennent de plusieurs sources. Les données de base sont constituées des Tableaux Ressources-Emplois (ou TRE) des trois dernières années de base (2014, 2007 et 1998) publiées par (Haut-Commissariat au Plan, 2022a, 2022b, 2022c). Ces TRE ont fait l'objet de plusieurs traitements. Il s'agit brièvement de les réduire aux échanges domestiques (en omettant les fuites de transactions vers l'étranger), hors toute marge et taxe et de les transformer en Tableau Entrées-Sorties (TES) symétrique, exprimé en branches<sup>18</sup>.

Pour nos besoins de mieux comprendre le réseau marocain de production du Maroc, nous avons opté, là où c'est pertinent, à la comparabilité spatiale et temporelle. Pour comparer notre économie à d'autres pays, nous utilisons la dernière édition des tables internationales inputs-outputs publiées par l'OCDE en 2021 (OCDE, 2021). Cette base couvre 66 pays<sup>19</sup>, dont le Maroc (voir l'annexe 4 pour les détails) couvrant la période 1995-2018. Nous avons préféré cette base à la base d'Eora (Lenzen et al., 2013), pourtant plus exhaustive dans sa couverture (189 pays). Le problème rencontré avec celle-ci, que nous avons relevé après nos premiers calculs, est la similitude, relativement importante, constatée entre plusieurs pays en développement. Il est ici intéressant de relever que ces pays ont plus en commun une disponibilité des données qui laisse à désirer. La volonté de la part des concepteurs de la base Eora de remplir ce gap, du reste conséquent lorsqu'il s'agit des matrices input-output, est de nature à impliquer nécessairement des approximations et extrapolations importantes.

Ces bases internationales sont plus utiles pour la comparaison spatiale car elles sont homogénéisées. Cependant, pour l'analyse statique et dynamique du cas marocain, nous préférons utiliser les TRE publiés par le HCP. La raison principale est que ces derniers n'ont pas subi des travaux d'uniformisation, même de faible ampleur<sup>20</sup>. Pour pouvoir utiliser ces TRE dans une analyse dynamique, il faut cependant, en plus de les rendre sous format TES, uniformiser leurs nomenclatures de branches respectives. Pour cause, le dernier TRE (de 2014) a été produit selon la nomenclature marocaine des activités de 2010 (NMA2010) alors que les deux précédents l'ont été selon celle de 1999 (NMA1999). Pour surmonter cette difficulté, nous avons mis sur pied une nomenclature commune en 23 branches. Elle est explicitée dans l'annexe 3 avec un aperçu succinct de la logique de sa construction<sup>21</sup>.

Dans le but de rendre nos résultats et visualisations plus facilement interprétables, nous avons adopté, suivant la littérature dominante, une règle de censure (*Cut-off*). Ce procédé concourt aussi à réduire le bruit qui entoure généralement les réseaux en question (généralement complexes), sans bien évidemment rien perdre en pertinence. Cette règle consiste à omettre toute transaction (i.e.  $a_{ij}$ ) qui ne dépasse pas un seuil

<sup>18</sup> Cette démarche est explicitée davantage dans (Elguellab and Elhadj, 2023).

<sup>19</sup> Avec ce nombre de pays, cette base couvre 93% du PIB mondial, 92% des exportations mondiales et 90% des importations mondiales, autrement dit l'essentiel de l'activité sur la planète.

<sup>20</sup> Il est utile de rappeler ici qu'une coopération étroite lie le Maroc et l'OCDE et que l'échange de statistiques est fluide.

<sup>21</sup> Cette mise en place est détaillée dans (Elguellab et Ezzahid, 2022) qui explicite par ailleurs une démarche de construction d'une nomenclature commune.

donné. Dans la littérature, plusieurs propositions ont été relevées. Ce seuil a été fixé par exemple à 1% par (Cerina et al., 2015) et à 2% par (Grassi et Sauvagnat, 2019). (Acemoglu et al., 2012 ; Carvalho, 2010) ont adopté un seuil de 5%. Leur conception est cependant légèrement différente des autres. Leur seuil équivaut, selon une base comparable<sup>22</sup>, au taux de 2,5%.

Le seuil de 1% nous semble un choix pertinent, pour deux raisons. *D'abord*, notre niveau de désagrégation sectorielle (en 27 branches) est relativement moins important que dans la littérature et, ensuite, dans la table input-output de 2014 par exemple, près d'un quart des transactions répondent à ce critère, contre seulement 13% pour le seuil de 2%. Ainsi, l'autre choix, non retenu, de 2% aurait réduit drastiquement, et donc nuisiblement, les transactions au sein du réseau. Malgré la pertinence du seuil de 1%, il nous semble pertinent de le questionner. Dans un exercice de robustesse, nous recourons au concept de la colonne vertébrale du réseau qui, elle, est déterminée sans un filtrage *a priori*.

### 3.2. Configuration holistique

Le réseau de production marocain, tel que décrit par les comptes nationaux de 2014 (dernière année de base des comptes nationaux), est visualisé dans la figure 4. Pour faciliter sa lecture, nous visualisons les 27 branches d'activités selon deux critères, en plus, certes, de leurs poids en termes de nombre de connexions. Le premier est traditionnel, consistant, selon une logique sectorielle, à regrouper les 27 branches en 6 secteurs plus homogènes<sup>23</sup>. Il s'agit dans ce cadre d'agréger les branches industrielles de transformation, et de répartir les branches tertiaires en deux secteurs : l'un englobe les services principalement marchands et l'autre les services essentiellement non-marchands (les détails sont en annexe 2). Le deuxième critère classe les branches en sept clusters (voir annexe 5)<sup>24</sup>. Ces derniers sont issus d'une analyse multicritère des branches d'activité, basée sur des indicateurs de taille, de linkage, de productivité et de profil macroéconomique.<sup>25</sup>

Selon un regard sectoriel, le réseau de production au Maroc semble opposer deux sous-blocs (figure 5.a). Globalement, le premier est constitué des branches secondaires (industrie, mines et construction) et le second des branches tertiaires (marchands et non-marchands). En plus, à l'intérieur de chaque sous-bloc, les branches les moins connectées du réseau se retrouvent aux extrémités du réseau. Les branches de la construction (F00) et de l'agriculture (A00) se positionnent globalement entre ces deux sous-réseaux, ce qui indique que ces deux branches entretiennent des relations relativement plus importantes à la fois avec les branches secondaires et tertiaires. C'est le cas aussi des branches de commerce (G00), de transport (H00) et de la distribution d'électricité, de gaz et d'eau, l'assainissement et le traitement des déchets (DE0) qui se situent au milieu de réseau, en raison de liaisons importantes avec le reste de ce dernier.

<sup>22</sup> Les pondérations qu'ils adoptent sont les parts des consommations intermédiaires dans leur total, sachant que ce dernier est en moyenne estimé à 0,5, alors nous retrouvons le taux de 2,5%.

<sup>23</sup> Nous avons retenu une des nomenclatures d'activité de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE, <https://www.insee.fr/fr/information/2406147>).

<sup>24</sup> Les détails cette analyse ainsi que ses résultats seront publiés prochainement : (Elguellab et al., *Forthcoming*). Le tableau de l'annexe 5 en donne cependant le résultat essentiel.

<sup>25</sup> Bien évidemment, ces deux critères ne sont que des grilles de lecture avant de les compléter par les clusters intrinsèques au réseau de production national (voir les analyses suivantes).

Cette configuration semble refléter la forme en papillon (*Bow tie*) du réseau de production nationale, en ligne avec d'autres observations dans la littérature (Chakraborty et al., 2018; Fujita et al., 2019; Newman, 2018). Cette structure met en balance d'un côté les branches relativement plus offreuses d'inputs de production et de l'autre des branches plus acheteuses d'intrants. Ces deux blocs sont liés par le nœud du papillon (illustré par les ellipses en trait discontinu de la figure 5), constitué des branches très connectées entre elles (représentées par des points de taille plus grande) et avec le reste du réseau. Dans notre cas, on y retrouve le commerce (G00), le transport (H00), la distribution d'électricité, de gaz et d'eau, l'assainissement et le traitement des déchets (DE0), la Recherche & Développement et services rendus aux entreprises (MN0) et, enfin, la construction (F00). Ce point sera davantage mis sous la lumière à l'occasion des mesures de positionnement des branches.

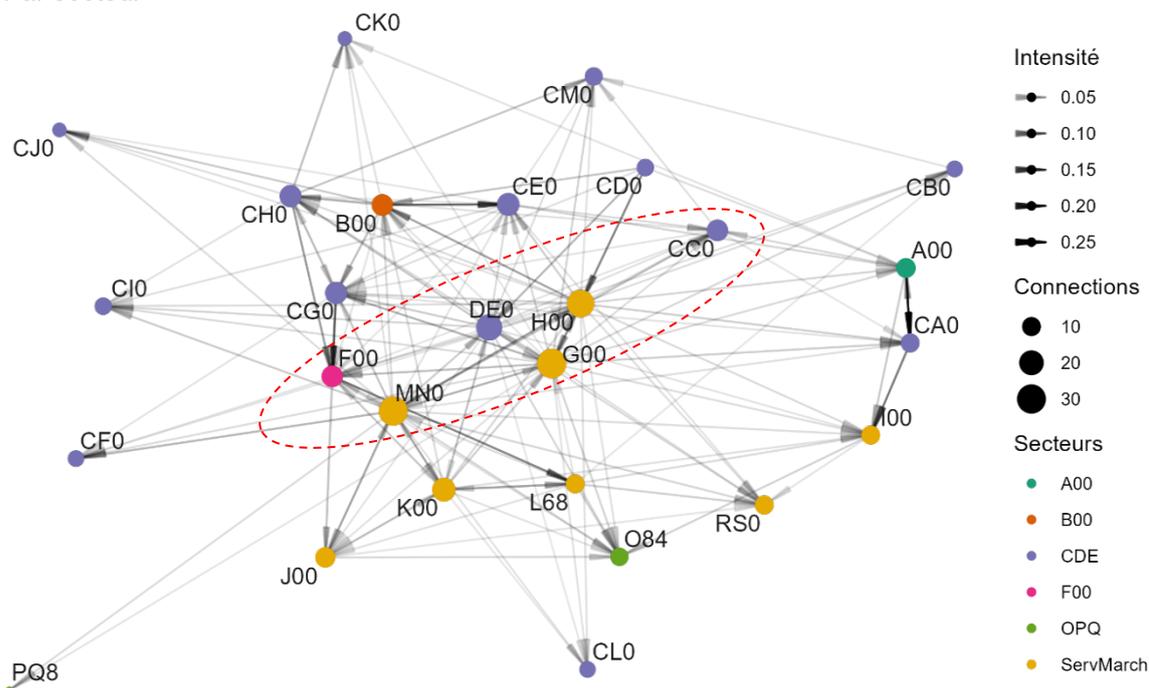
Sous le prisme des clusters issus de l'analyse multicritère, on constate de prime abord que le cluster 2 est au centre du réseau de production (figure 5.b). Cela correspond parfaitement avec la caractéristique principale commune, à savoir qu'il s'agit de branches à vocation de produire plus des intrants intermédiaires que des produits destinés à la demande finale.

À la périphérie du réseau, on peut distinguer les branches composant les trois clusters 1, 3 et 5. Rappelons que le cluster 1 est constitué de petites branches technologiques avec orientation marquée à fournir des biens finaux d'équipement. Le cluster 3 est composé de branches qui sont relativement peu intégrées dans le réseau car plus orientées pour la consommation finale. Le cluster 5 est le cluster non marchand, ce qui va dans le même sens que les deux précédents clusters (i.e. satisfaire la demande finale plus que la demande intermédiaire).

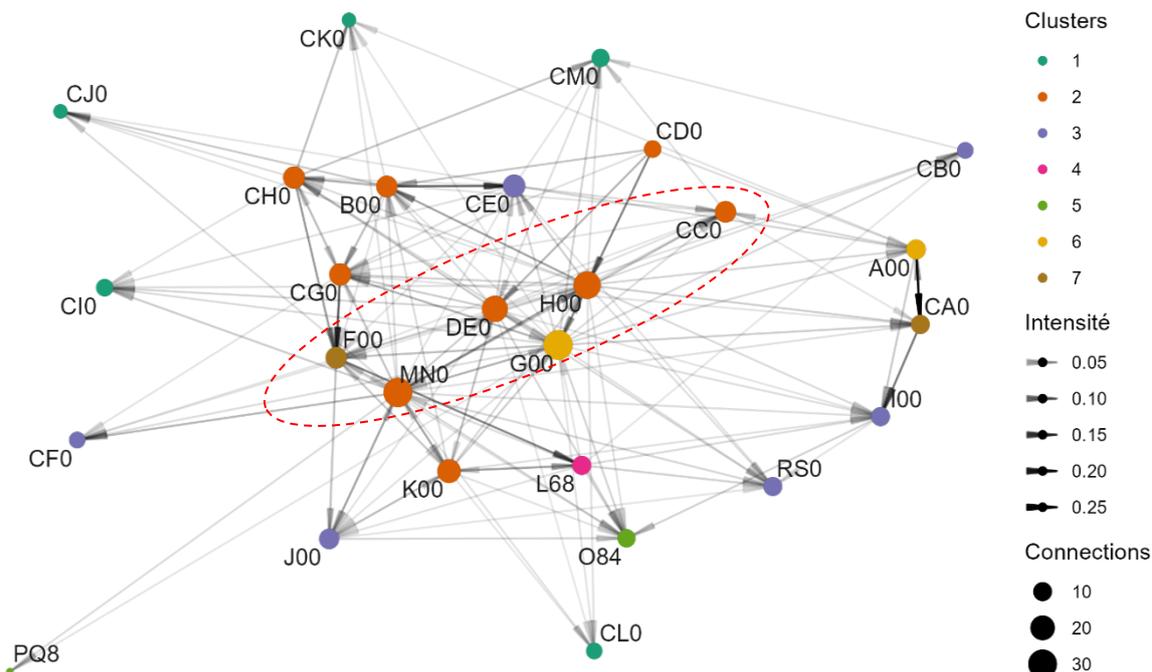
Les branches les plus importantes en poids (clusters 6 et 7) s'affichent d'une façon différente dans le réseau. Si les branches de la construction et du commerce sont positionnées au centre (notamment le commerce), force est de relever que les branches de l'agriculture et de l'agroalimentaire sont plus à la marge, tout en étant très proche entre elles.

**Figure 4. Réseau de production au Maroc**

(a) Par secteur



(b) Par Cluster



Note : La figure visualise le réseau marocain de production tel qu'il ressort du Tableau Ressources-Emplois de 2014. Les branches sont représentées par les points, dont la taille est fonction du nombre de connexions avec le reste du réseau et la couleur est fonction de l'appartenance à l'un des six secteurs (cas de a) ou à l'un des sept clusters (cas de b) explicités dans l'annexe 5. Les flèches traduisent les échanges (supérieurs à 1%) d'intrants entre les branches, dont l'intensité est transcrite via la couleur. L'ellipse en rouge délimite le nœud du réseau suivant la configuration en papillon (*Bow tie*). Pour ne pas encombrer les graphes, les branches sont indiquées par leurs codes (donnés en annexe 1).

Source : TRE de 2014, HCP. Calculs et élaboration des auteurs.

### 3.3. Profil sectoriel

Après avoir commenté le réseau national de production d'une manière holistique, nous affinons son diagnostic par les résultats de l'application des différentes mesures individuelles, discutées plus haut. De prime abord, nous allons nous intéresser aux primo-connexions des branches économiques. Dans ce cadre, deux branches qui se distinguent plus clairement comme ayant les connexions entrantes (*Indegree*) les plus intenses et les plus nombreuses : l'agroalimentaire (CA0) et la construction (F00). À l'opposé, on retrouve les branches de l'éducation et de la santé (PQ8) et la branche du raffinage de pétrole (CD0) qui affichent le minimum de connexions entrantes (cette centralité faible traduit, pour PQ8, la part de la valeur ajoutée dans la production et, pour CD0, le poids de l'importation des matières premières non produites localement). Entre ces deux extrêmes, la mesure de centralité *Indegree* est relativement homogène<sup>26</sup>, se situant entre un 0,1 et 0,32 (voir figure 5.a).

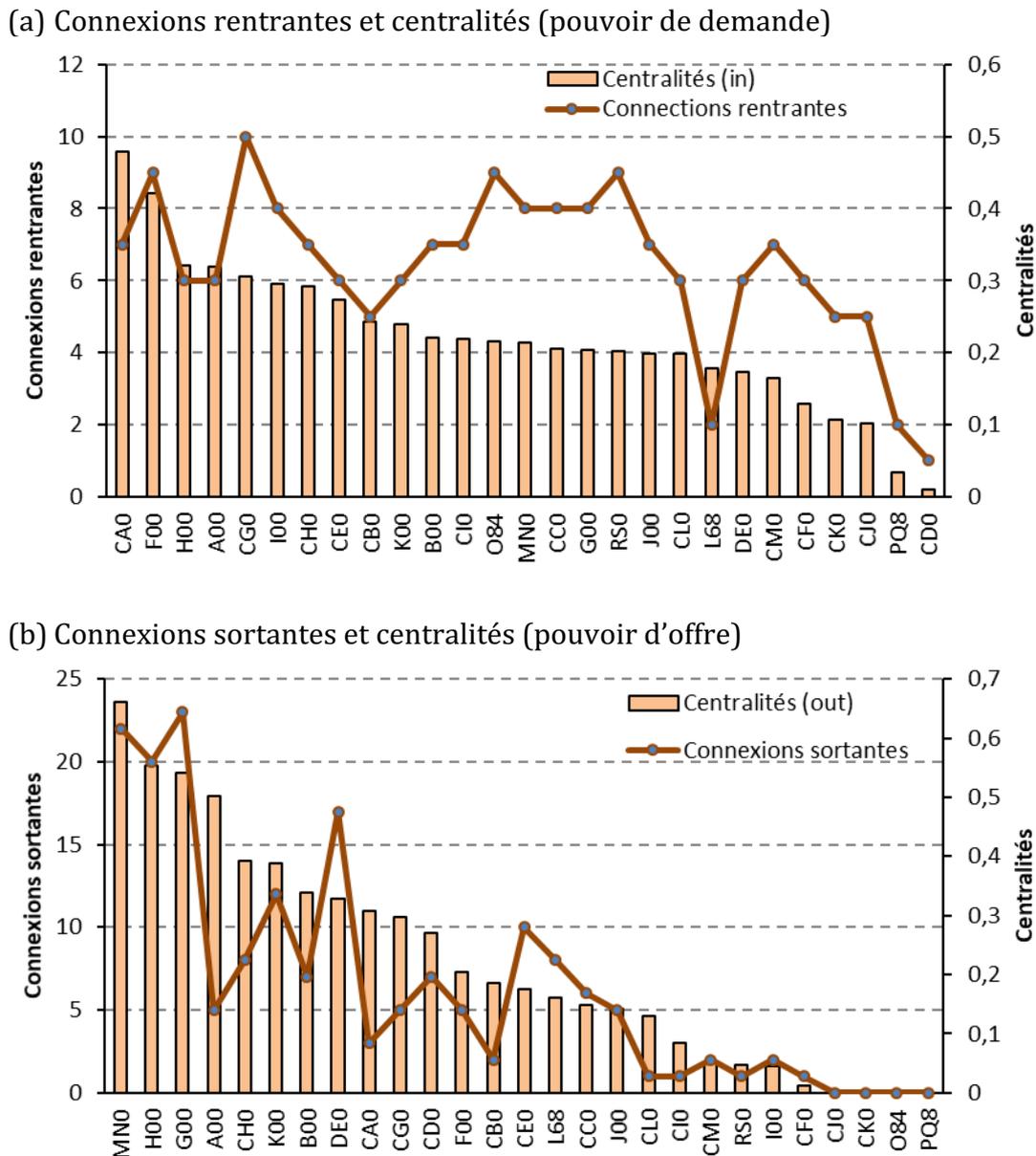
Concernant les flux sortants, quatre branches se distinguent avec des centralités importantes (voir figure 5.b). À leur tête, il y a la branche de la Recherche & Développement et services rendus aux entreprises (MN0) qui fournit la majeure partie des branches (22 parmi les 27 composant le réseau). En deuxième lieu, on retrouve les grandes branches en termes de poids, à savoir le transport (H00), le commerce (G00) et l'agriculture (A00). Il s'agit ainsi de branches plus orientées du côté de l'offre (de biens pour A00) et de services pour les deux autres). Constatons que parmi ces quatre branches à orientation d'offre, la branche agricole fournit le moins de branches<sup>27</sup> : 5 contre plus de 20 pour les trois autres). Cela indique une forte spécialisation des produits de l'agriculture en termes de destination, comparativement aux autres services. À l'opposé, plusieurs branches exercent un effet d'offre négligeable. Dans ce registre, on retrouve les branches essentiellement non-marchandes (administration publique, éducation et santé)<sup>28</sup>, les branches de fabrication de machines et de matériel (dont l'électricité)<sup>29</sup>.

<sup>26</sup> Cette homogénéité sera confirmée lorsqu'on discutera les distributions statistiques (voir section suivante).

<sup>27</sup> Il s'avérera dans l'analyse des clusters (paragraphe suivant) que ce nombre réduit de branches clientes façonne un cluster particulier.

<sup>28</sup> Correspondant au cluster 7 de notre analyse multicritère, caractérisé en plus par une indépendance du tissu de production et orienté vers la consommation finale.

<sup>29</sup> Faisant partie du cluster 1 dont les produits sont destinés davantage à l'investissement (i.e. demande finale).

**Figure 5. Centralités des branches basées sur les primo-connexions**

Note : Cette figure dresse les mesures de centralité basées sur les primo-connexions. Le premier graphique (a) visualise, pour une branche  $i$ , le nombre total de ses connexions entrantes (supérieurs à 1%) et sa centralité de type *Indegree* (i.e.  $\sum_j a_{ji}$ ). Le graphique (b) fait la même chose mais avec les flux sortants (i.e. connexions sortantes et centralité *Outdegree* calculée par  $\sum_j a_{ij}$ ). Les codes des branches sont donnés en annexe 2.

Source : TRE de 2014, HCP. Calculs des auteurs.

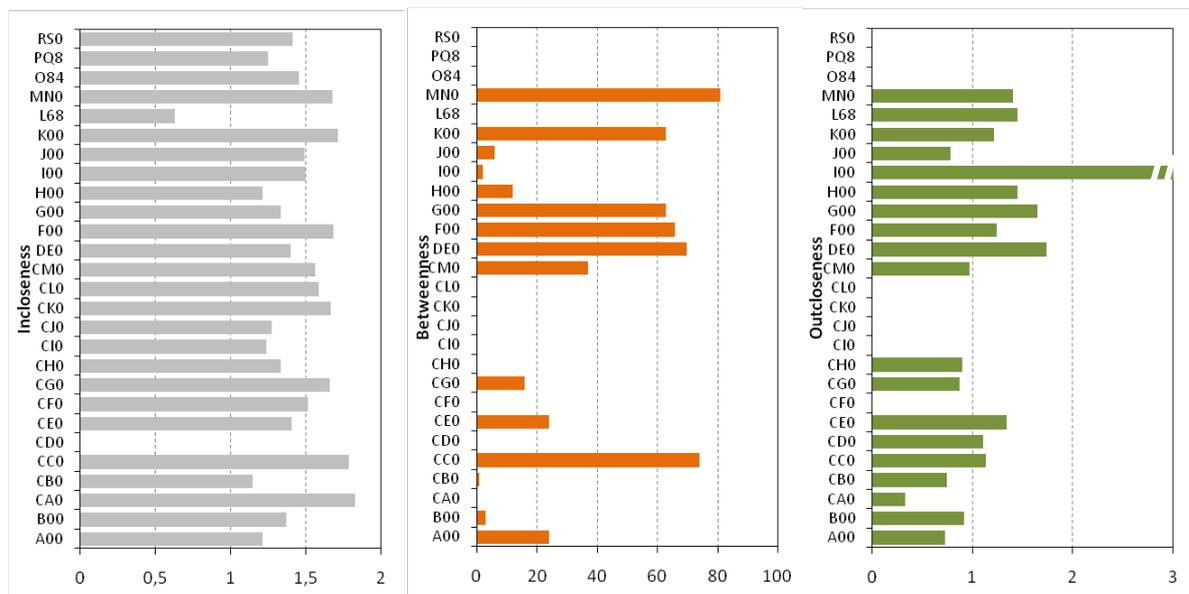
Par ailleurs, l'un des apports de la théorie des réseaux par rapport à l'analyse input-output est la capacité d'étudier le positionnement des branches dans le réseau. Dans ce registre, il s'agit notamment de l'usage de trois mesures complémentaires de centralité : *Betweenness*, *Incloseness* et *Outcloseness*. De prime abord, ces trois mesures tendent à corroborer le premier diagnostic en forme de papillon (figure 5). Dans le nœud de ce dernier, on retrouve, comme le montre la figure 6, les branches qui ont un score *Betweenness* élevé : la R&D et services rendus aux entreprises (MN0), le commerce (G00),

la construction (F00), la distribution d'électricité, de gaz et d'eau, l'assainissement et le traitement des déchets (DE0), la fabrication d'articles en bois et en papier, l'imprimerie et la reproduction de supports (CC0), et les activités financières et d'assurance (K00). Vues ainsi, ces branches constituent plus des branches-relais (ou escales), car elles manifestent le plus l'aptitude à transformer des intrants industriels (biens ou services) en d'autres intrants industriels.

Le reste des branches peut être considéré comme appartenant à la périphérie du réseau de production. Parmi elles, il y a celles, nombreuses, qui exercent relativement plus un rôle de demande (plus orientées à satisfaire directement la demande finale). Pour ces raisons, celles-ci se situent *en aval* du réseau de production. Elles sont reconnaissables en tant que telles avec la concordance de trois caractéristiques : des scores *Outcloseness* et *Betweenness* nul ou réduit ; un score *Incloseness* important. On y trouve dans cette catégorie quelques branches industrielles, dont l'agroalimentaire, les branches du cluster 1 ayant une orientation marquée à fournir des biens d'équipement, et des services essentiellement non-marchands.

À l'opposé, les branches ayant une orientation d'offre relativement plus accentuée sont détectables avec les conditions inverses : des scores *Incloseness* et *Betweenness* nul ou faible ; un score *Outcloseness* important. Ces branches se situent *en amont* du réseau de production. Dans cette catégorie, l'on peut identifier notamment les branches de transport, de promotion immobilière (L68), de la chimie (CE0) et de raffinage (CD0). Ces branches fournissent des intrants de base (utilisés relativement partout comme le service de transport) ou des produits qui ont besoin de plusieurs transformations pour devenir un produit fini (cas de la branche du raffinage ou de la chimie).

**Figure 6. Indicateurs de positionnement des branches dans le réseau de production**



Note : Cette figure dresse les mesures de positionnement des branches dans le réseau national de production de 2014. Le premier graphique visualise la mesure *Incloseness* (longueur moyenne des chemins les plus courts permettant d'atteindre les autres branches du réseau) ; le deuxième *Betweenness* (proportion des chemins les plus courts passant via une branche) ; le troisième *Outcloseness* (longueur moyenne des chemins les plus courts permettant à une branche d'être atteinte depuis les autres branches du réseau). Il est à noter que le score de la branche (I00) pour la mesure *Outcloseness* (égale à 22,3 l'occurrence) a été tronqué pour permettre aux scores des autres branches d'être visualisés convenablement. Les codes des branches sont donnés en annexe 2.

Source : TRE de 2014, HCP. Calculs des auteurs.

Les premières mesures de centralités interprétées plus haut ne portent que sur les primo-connexions. Cependant, l'économie des réseaux de production suggère aussi que les centralités globales, qui prennent en considération aussi l'ensemble des connexions indirectes, sont aussi pertinentes à analyser. Pour jauger cette centralité globale, nous appliquons les quatre mesures discutées précédemment.

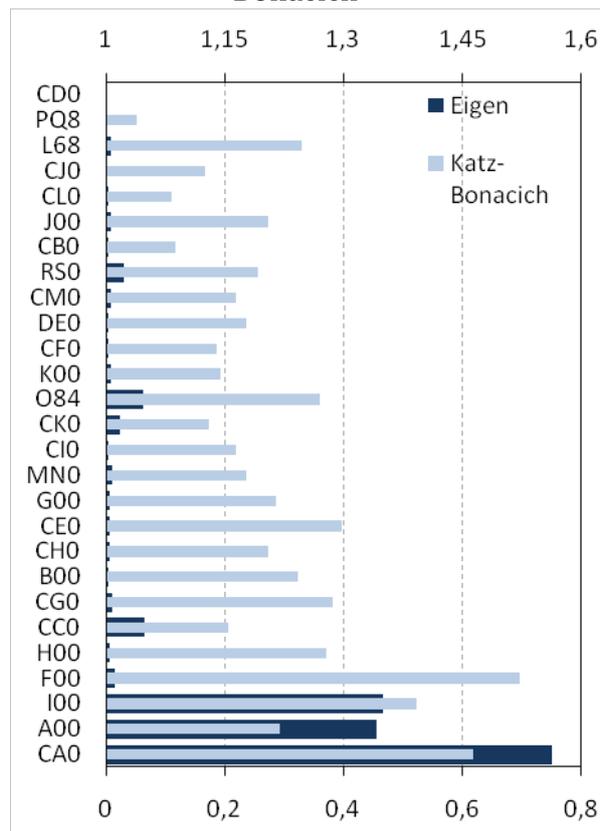
La première mesure est la centralité de vecteur propre (*Eigenvector*) qui introduit la condition de proportionnalité. Cette mesure fait apparaître un contraste clair entre trois branches centrales, ayant un score nettement élevé comparativement au reste des branches (figure 7.a). Les trois branches sont l'agriculture (A00), l'agroalimentaire (CA0) et le tourisme (I00). Il s'agit là d'une association de branches importantes en poids et/ou en linkage en amont (qui sera appuyée ultérieurement par l'analyse en clusters).

Cette mesure est complétée par la centralité de Katz-Bonacich. Dans le sillage du modèle de base, et notamment les équations 24 et 25, nous retenons  $\beta = \alpha = 1$ . Les premières branches qui se distinguent comme importantes selon cette mesure sont la construction (F00), l'agroalimentaire (CA0) et le tourisme (I00). À l'opposé, quatre branches se caractérisent par les plus faibles centralités. À leur tête, la branche du raffinage affiche la centralité minimale ( $\beta = 1$ ). Les trois autres sont la branche de l'éducation, de la santé humaine et des activités d'action sociale, de la fabrication de matériel de transport (CL0) et de la fabrication de textiles, d'articles d'habillement et

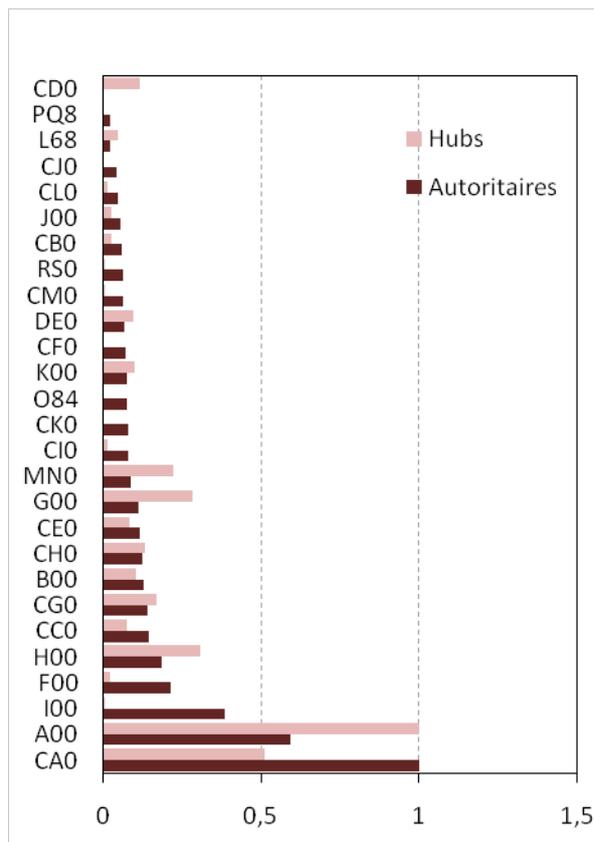
d'articles de cuir (CB0). La vingtaine de branches restantes affichent des scores variants entre 1,13 et 1,30, mais sans pour autant faire apparaître des ruptures notables. L'absence de ces ruptures indique que les branches ne se distinguent pas nettement en la matière. Nous reviendrons à ce point lors des analyses de distributions.

**Figure 7. Centralité globale des branches**

(a) Centralité de valeur propre et de Katz-Bonacich



(b) Branches hubs et autoritaires



Note : Cette figure dresse les mesures de centralité globale. Le premier graphique juxtapose la centralité de Katz-Bonacich (échelle supérieure) avec la centralité de valeur propre (échelle inférieure). Le deuxième graphique dresse les centralités de hub (intensité d'offre) et les centralités d'autorité (intensité de demande). Les codes des branches sont donnés en annexe 2.

Source : TRE de 2014, HCP. Calculs des auteurs.

Par ailleurs, la centralité des branches selon le sens de leurs connexions indique que le réseau national de production contient un nombre réduit de hubs et de branches « autoritaires » (figure 7.b). Le premier hub à remarquer est le hub agricole qui, de surcroît, est connecté au premier centre de demande (autorité). En deuxième rang, il y a lieu de distinguer le caractère de demande qui échoie le plus aux branches de la construction (F00) et du tourisme (IO0). L'orientation de l'offre est à remarquer dans les branches tertiaires, en l'occurrence le commerce (H00), le transport (G00) et R&D et services rendus aux entreprises (MNO).

### 3.4. Composantes internes

En plus des caractéristiques d'ensemble et par branche, nous continuons ce diagnostic en nous intéressant aux structures internes qui émergent du réseau de production national. Pour cela nous avons mené, suivant les techniques exposées plus haut, des analyses de clusters et de colonnes vertébrales. Étant donné que la détermination de clusters en tant que technique n'est pas exclusive, nous décidons d'appliquer, d'une façon concomitante, les quatre algorithmes déjà présentés plus haut. De cette façon, la confrontation des résultats des différentes méthodes nous aidera à obtenir des interprétations à la fois plus intelligibles et robustes. Les résultats de ces calculs sont visualisés dans la figure 8 plus bas.

Comme c'est attendu, ces méthodes débouchent, certes, sur des clusters différents selon la technique utilisée, mais aussi sur des clusters qui transcendent l'ensemble des techniques. Dans ce dernier cas, il faut relever que le cluster composé de l'agriculture (A00), l'agroalimentaire (CA0), l'hébergement et la restauration (I00) est robuste à la méthode de clustering. Les liens entre ces trois branches sont aussi forts que les quatre techniques s'accordent à son sujet. En liaison avec la centralité, ce cluster englobe les branches les plus centrales du réseau. Tout d'abord en termes de centralité *Eigenvector* mais aussi en termes de la centralité *Hub-Authority* : ce cluster englobe ainsi le hub agricole (A00) et les deux branches de demande, en l'occurrence la branche agroalimentaire (CA0) et le tourisme (I00). La première transforme les produits agricoles en produit de consommation finale pour l'alimentation. La branche du tourisme achète à la fois les produits agricoles et les produits de l'alimentation (issus de l'agroalimentaire) pour son service de restauration. Il est pertinent, par ailleurs, de rappeler que ce cluster a aussi été mis en évidence dans la littérature (Grassi et Sauvagnat, 2019).

Deux branches-clusters ressortent d'une façon plus au moins robuste de ces techniques. Ainsi, chacune de ces deux branches peuvent être considérées comme relativement indépendantes du réseau, signifiant par conséquent leur faible intégration. Il s'agit en premier de la branche de la fabrication de matériel de transport (CLO). S'il est vrai que cette branche a plus tendance à satisfaire la demande finale (consommation finale et investissement)<sup>30</sup>, il n'en demeure pas moins que ce résultat corrobore le constat de la faible intégration de cette industrie<sup>31</sup>. La deuxième branche-cluster est la branche de la fabrication de textiles, d'articles d'habillement et d'articles de cuir (CB0). Cette situation peut s'expliquer, d'une part, par l'orientation de cette branche à produire un produit final<sup>32</sup> et, d'autre part, par la propension élevée à l'importation des intrants (tissus).

Le reste du réseau est segmenté différemment selon l'approche utilisée. Les méthodes de « *Walktrap* » et des « *Labels propagating* » tendent à considérer ce qui reste comme un sous-réseau compact. À l'opposé, les deux autres techniques, en l'occurrence « *Leading eigenvector* » et « *Optimal community structure* », permettent de dégager plus de clusters. Dans ce sens, l'on peut relever deux autres sous-réseaux.

<sup>30</sup> À hauteur de 69%.

<sup>31</sup> Nuançons par contre que ce constat a vraisemblablement changé depuis, du moins en raison des politiques publiques mises en œuvre en la matière, en l'occurrence notamment le Plan d'Accélération Industrielle 2014-2020 et le Plan de Relance Industrielle 2021-2023 (Haut-Commissariat au Plan, 2022d).

<sup>32</sup> Sa production est destinée à la demande finale à hauteur de 68%.

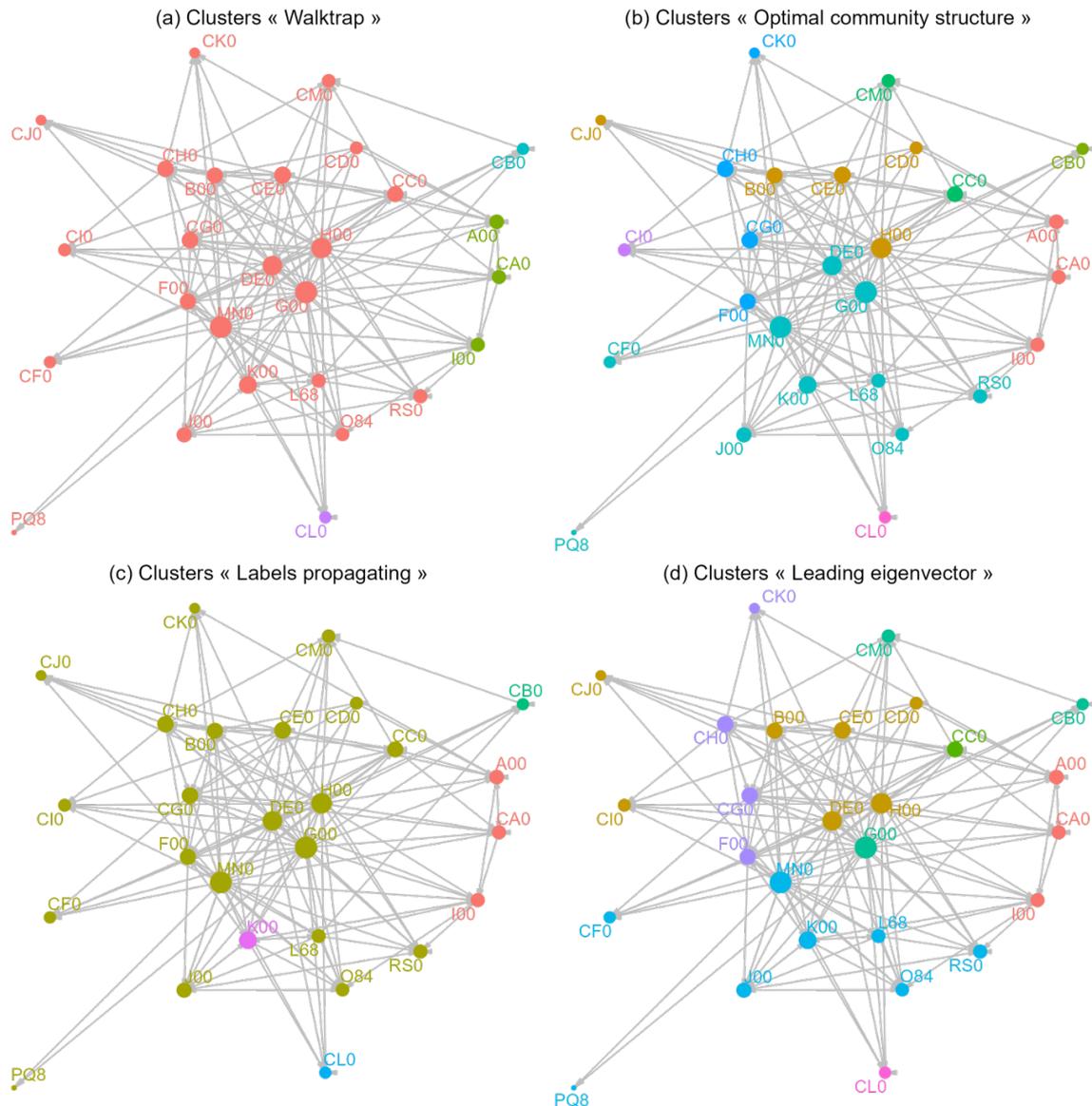
Le premier est composé de la construction (F00), la fabrication d'articles en caoutchouc et en matières plastiques et autres produits minéraux non métalliques (CG0), la fabrication de produits métallurgiques de base et d'ouvrages en métaux, sauf machines et matériel (CH0) et, en dernier lieu, la fabrication de machines et de matériel (CK0). Il s'agit là d'un écosystème de la construction, dont les intrants sont fournis par ces dernières branches<sup>33</sup>. Le deuxième sous-réseau englobe quasi-exclusivement<sup>34</sup> des branches de services. Dans ce cadre, on retrouve les services essentiellement non-marchands (O84 et PQ8), la R&D et services rendus aux entreprises (MN0), l'information et communication (J00), les activités financières et d'assurance (K00), les activités immobilières (L68) et les autres services (RS0)

À ce stade, quatre clusters peuvent être identifiés en tant que parties homogènes internes du réseau marocain de production. Le plus intense est l'écosystème des biens primaires agricoles. Le deuxième est lié aux activités de la construction. Le troisième est une agglomération de branches tertiaires. Le dernier est constitué de branches industrielles. Il s'agit là, en définitive, des quatre pierres angulaires du réseau de production au Maroc.

---

<sup>33</sup> Dont le ciment et les matériaux de construction font partie mais ne s'affichent pas explicitement pour des raisons d'agrégation.

<sup>34</sup> La seule exception est la branche de la fabrication de produits pharmaceutiques de base et de préparations pharmaceutiques (CF0). Cela peut être expliqué par son lien étroit avec la branche de la R&D et services rendus aux entreprises (MN0).

**Figure 8. Clusters du réseau national de production (2014)**

Note : Cette figure visualise le réseau national de production avec ses clusters. Ces derniers, différenciés par la couleur, sont déterminés par les quatre méthodes décrites dans le texte : (a) l'algorithme « *Walktrap* » ; (b) l'algorithme « *Optimal community structure* » ; (c) l'algorithme « *Labels propagating* » ; et (d) l'algorithme « *Leading eigenvector* ». Les codes des branches sont donnés en annexe 2.

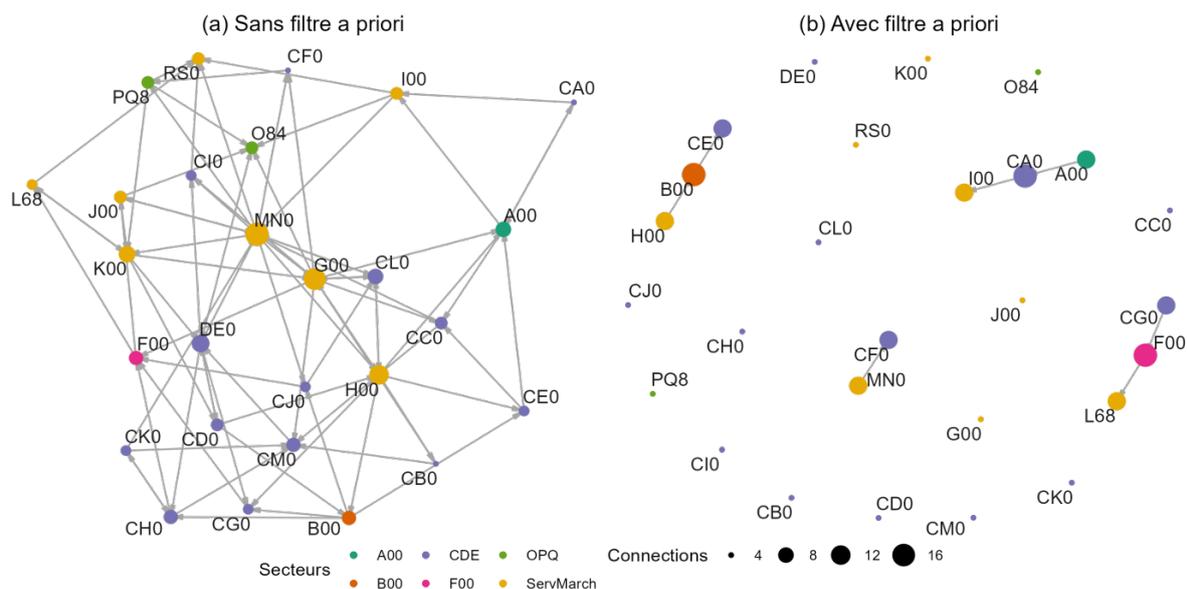
Source : TRE de 2014, HCP. Calculs et élaboration des auteurs.

Cette analyse en cluster peut être davantage nuancée avec l'extraction de la colonne vertébrale du réseau. Cette technique consiste, comme présenté plus haut, en un filtrage statistique, ce qui nous offre *ipso facto* la possibilité de jauger notre filtrage *ad hoc* (basé, pour rappel, sur le seuil de censure de 1%). L'application de cette technique débouche sur le graphe présenté dans la figure 9.a. Par rapport à notre filtrage *ad hoc* le réseau ne change pas globalement de structure. Le contraste entre les activités industrielles et les activités tertiaires est préservé<sup>35</sup>. En appliquant cette technique sur le

<sup>35</sup> Nous avons évalué quantitativement cette préservation, en comparant le nombre des connections entrantes et sortantes du réseau en mode 'colonne vertébrale' (figure 10.a) et le réseau avec règle de

réseau déjà filtré, il nous est permis de dégager les connections les plus fortes et qui sont de nature à comprendre davantage les clusters du réseau. La figure 9.b montre que quatre liaisons forment ce qui est, statistiquement, les connections les plus intenses dans le réseau de production au Maroc. Le cluster des biens primaires agricoles a « survécu » à ce « double filtrage », ce qui confirme notre précédente analyse à son propos. On retrouve aussi le cluster de la construction, mais cette fois-ci avec moins de branches. Cela confirme le rôle des branches produisant des matériaux de construction et de ciment (CG0) dans cet écosystème de la construction.

**Figure 9. Colonnes vertébrales du réseau national de production**



Note : Cette figure visualise les colonnes vertébrales du réseau national de production, i.e. ses connections les plus fortes statistiquement. Le graphe (a) est une application directe sur le réseau national, sans aucune intervention a priori. Le graphe (b) est une application mais avec un premier filtrage *ad hoc* des connections (seuil de 1%). Les branches sont représentées par les points, dont la taille est fonction, pour une branche, du nombre de ses connections avec les autres et la couleur est fonction de son appartenance à l'un des six secteurs agrégatifs. Les codes des branches sont donnés en annexe 1. Source : TRE de 2014, HCP. Calculs des auteurs.

Par ailleurs, un nouveau cluster apparaît à ce stade d'analyse, en l'occurrence celui des biens primaires d'origine minière. À son milieu, il y a la branche de l'extraction minière (B00) qui utilise intensément les services de transport (H00) et fournit la branche de la fabrication de produits chimiques. Il s'agit vraisemblablement du cluster des phosphates. La puissance de cette connexion ne peut que traduire la chaîne de transformation du phosphate en acide phosphorique.

De même, cette analyse en colonne vertébrale indique que parmi les multiples connexions de la branche de la R&D et services rendus aux entreprises (MN0), une seule est intense et la relie à la branche pharmaceutique (CF0). À l'exception de ces liaisons

censure *ad hoc* (figure 5.b). Les nombres des connections entrantes dans les deux cas sont corrélés avec un coefficient de 0,48. Concernant les connections sortantes, cette corrélation atteint 0,87.

fortes, toutes les autres branches s'affichent en mode indépendant. La raison est que leurs connexions avec les autres branches ne dépassent pas un seuil fatidique.

### 3.5. Quelle dynamique ?

L'ensemble de ce qui a été décrit plus haut consiste en un diagnostic holistique et par branche et cluster du réseau national de production, tel qu'observé en 2014 par les comptes nationaux. Il est utile, cependant, de savoir si le réseau national a toujours eu les mêmes caractéristiques ou si, au contraire, il a connu des changements notables. Pour répondre à cette question, nous procédons aux mêmes calculs pour les deux autres Tableaux Ressources-Emplois disponibles, portant sur les années 1998 et 2007. Il s'agit donc d'une fenêtre temporelle de 17 ans. Les trois réseaux sont juxtaposés dans la figure a.1 en annexe alors que le tableau 1 et la figure 11 infra dressent les mesures holistiques et individuelles des trois réseaux.

Mesurée par la part des connections au-delà de 1% (notre filtrage *a priori*), la densité globale du réseau national de production s'est inscrite en hausse entre 1998 et 2014 (voir tableau 1). Elle est passée de 26% en 1998 à 29% en 2014, après avoir enregistré 27% en 2007. En parallèle, un léger raccourcissement de la distance moyenne entre les branches a été observé, en passant de 0,046 en 1998 à 0,043 en 2014. Cette amélioration ne s'est pas accompagnée, entre 2014 et 1998<sup>36</sup>, par une intensification des échanges entre branches. L'intensité moyenne du réseau, approchée par la moyenne des coefficients techniques, est restée quasiment au même niveau (en passant de 0,038 en 1998 à 0,037 en 2014). Ces tendances antinomiques traduisent le fait que la densification du réseau marocain est plutôt quantitative (effet des nouvelles connexions) que qualitatives (la qualité de ces connexions est restée globalement la même).

**Tableau 1. Évolution holistique du réseau national de production**

Années	2014	2007	1998
<b>Statistiques</b>			
<b>Densité</b>	0.292	0.273	0.263
<b>Distance moyenne</b>	0.043	0.040	0.046
<b>Intensité moyenne</b>	0.037	0.035	0.038
<b>Intensité cumulée</b>	5.413	4.864	5.019

Note : Ce tableau compare trois mesures holistiques entre 1998, 2007 et 2014. Les mesures comparées sont la densité (part des connections entre branches par rapport au nombre total potentiel), la distance moyenne (minimale), l'intensité moyenne (coefficient technique moyen) et l'intensité cumulée (mesurée par le cumul des coefficients techniques).

Source : TRE de 2014, 2007 et 1998, HCP. Calculs des auteurs.

Au niveau mésoéconomique, les branches du réseau national présentent, à quelques exceptions près, des profils similaires durant la période mentionnée (voir figure 11 plus bas). Les branches ayant les plus grands scores de centralité restent globalement les mêmes (figure 11.a). Les trois branches ayant la plus grande centralité *Eigenvalue*, et de surcroît faisant partie du cluster le plus intense du réseau national, en l'occurrence

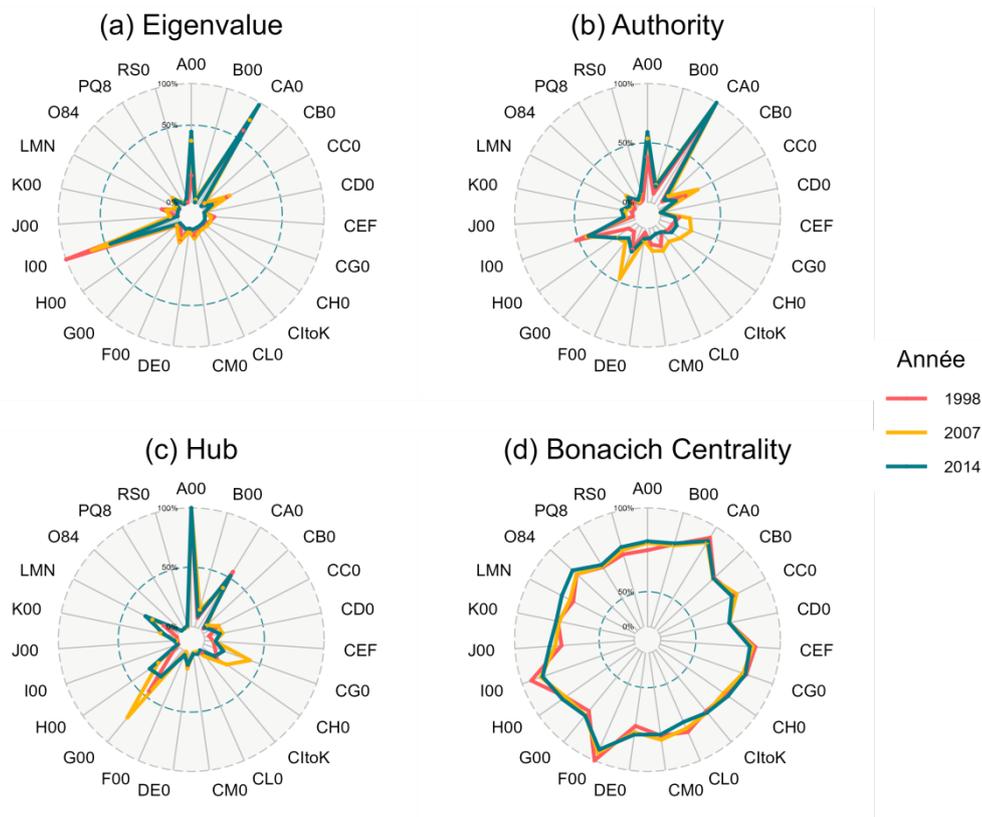
<sup>36</sup> Cette amélioration n'est en effet observée que sur la totalité de la période, puisque en 2007, on relève une tendance inverse à 1998.

l'agriculture, l'agroalimentaire et l'hébergement et restauration, sont restées aussi les mêmes.

Dans le registre des différences notables, il y a lieu de signaler que la centralité de la branche touristique a diminué, faisant d'elle de moins en moins une centrale de demande (centralité d'autorité, voir figure 11.b). La branche de la construction a aussi connu la même tendance, mais d'une façon plus prononcée. La branche du commerce est devenue de moins en moins un hub de service (figure 11.c). Quelques branches industrielles ont fait, elles aussi, l'objet de modifications notables. C'est le cas des branches de la fabrication d'articles en bois et en papier (CC0) et de la fabrication de produits pharmaceutiques de base et de préparations pharmaceutiques (CF0) qui ont enregistré une baisse de leur rôle en matière de demande (centralité d'autorité). De même, les branches de la fabrication d'articles en caoutchouc et en matières plastiques (CG0) et de la fabrication de produits métallurgiques de base et d'ouvrages en métaux, sauf machines et matériel (CH0), ont enregistré une diminution de leur rôle en matière d'offre (centralité de hub).

Par ailleurs, la mesure de Bonacich confirme l'importance moindre, de 1998 à 2014, de la construction et du tourisme (figure 11.d), tout en restant centrale en tant que locomotive de demande. À l'opposé, on peut constater l'amélioration de la centralité des services, signe de la tertiarisation de l'économie marocaine. Le score de l'agriculture s'est aussi inscrit en hausse, ce qui peut être expliqué par la vigueur de la politique agricole (Plan Maroc Vert).

**Figure 11. Caractéristiques par branche du réseau national de production sur les années 1998, 2007, 2014**



Note : Ces graphiques de type radar comparent quatre mesures de centralité entre 1998, 2007 et 2014. Les mesures comparées sont la centralité de valeur propre, la centralité d'autorité, la centralité de hub et la centralité de Bonacich. Les codes des 23 branches sont données en annexe 3.  
Source : TRE de 2014, 2007 et 1998, HCP. Calculs des auteurs.

En définitive, le réseau de production s'est quantitativement légèrement densifié tout en gardant globalement une structure façonnée par quasiment les mêmes branches. Des modifications ont eu lieu pour certaines branches, dont des branches clés, mais sans pour autant aller jusqu'à l'émergence d'une structure différente. La section suivante nous permettra d'affiner ce diagnostic, dans le sens notamment que cette densification a conduit à un *rééquilibrage* du réseau de production au Maroc et non à sa polarisation.

#### 4. Discussion

La structure du réseau de production marocain présente des caractéristiques à la fois similaires et différentes avec les réseaux de production d'autres pays. Par ailleurs, les aspects qui la différencient sont plus nombreux que les points de ressemblances.

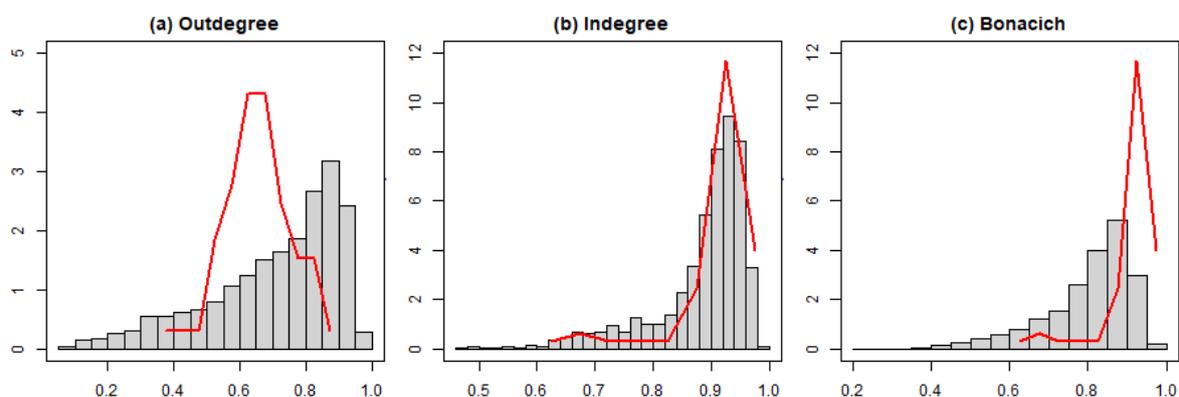
Concernant les caractéristiques communes, nous avons relevé la structure en papillon du réseau de production du Maroc. Cette structure met en balance d'un côté les branches ayant relativement plus tendance à offrir des inputs de production et de l'autre côté des branches plus demandeuses d'intrants. Entre ces deux blocs, le nœud du papillon

est constitué des branches très connectées entre elles et avec le reste du réseau (fournissant des intrants de base). Cette structure intuitive traduit en réalité le processus de transformation des produits, depuis leur stade initial et brut jusqu'à leur disposition directe à la demande finale (Chakraborty et al., 2018; Fujita et al., 2019; Newman, 2018).

Par ailleurs, cette analyse a été appuyée par la recherche des structures internes du réseau marocain. Quatre clusters ont été identifiés en tant que jalons de ce réseau. Le plus intense est l'écosystème des biens primaires agricoles. Le deuxième est lié aux activités de la construction. Le troisième est une agglomération de branches tertiaires. Le dernier est constitué de branches industrielles, dont on peut distinguer un cluster des phosphates. Il s'agit là, en définitive, des pierres angulaires du réseau de production au Maroc.

Au niveau individuel, la hiérarchie des branches en termes de centralité transcende globalement les frontières entre les économies. Comme le montre la figure a.2 dans l'annexe 1, une structure commune pour chacune des trois mesures de centralité (*Outdegree*, *Indegree* et *Bonacich*) peut, hors cas particuliers, être dégagée relativement facilement. Pour appuyer ces constatations, nous visualisons les corrélations entre les pays concernant les trois mesures de centralité (figure 12). En effet, les corrélations entre les centralités des pays ont tendance à être fortes. Leurs distributions affichent des corrélations modales élevées (0,875 pour *Outdegree* et *Bonacich*, 0,93 pour *Indegree*), et sont asymétriques à gauche (*skewness* négatif). Ce constat est plus accentué pour la centralité *Indegree* que par rapport aux deux autres centralités.

**Figure 12. Corrélations des centralités par pays**



Note : Ces graphiques dressent les corrélations (en forme de densités, bâtonnets gris) des trois centralités (*Outdegree*, *Indegree* et *Bonacich*) selon les pays. Les courbes rouges visualisent les corrélations du Maroc avec les autres pays.

Source : OCDE. Calculs et élaboration des auteurs.

Le réseau de production du Maroc s'inscrit globalement dans cette ligne commune. En effet, le profil des centralités du réseau marocain est similaire aux autres pays en termes de centralités *Indegree* (part des consommations intermédiaires dans la production) et *Bonacich*. Il l'est cependant moins en termes de centralités *Outdegree*, mais sans pour autant afficher des corrélations faibles (dont la corrélation modale est 0,625). En somme, ces ressemblances semblent confirmer que la similitude des technologies de

production est plus défendable théoriquement (Alatrisme-Contreras, 2015 ; Grassi et Sauvagnat, 2019) que la thèse de la particularité des pays en matière de réseaux de production (Blöchl et al., 2011 ; Fadinger et al., 2016 ; McNerney et al., 2013).

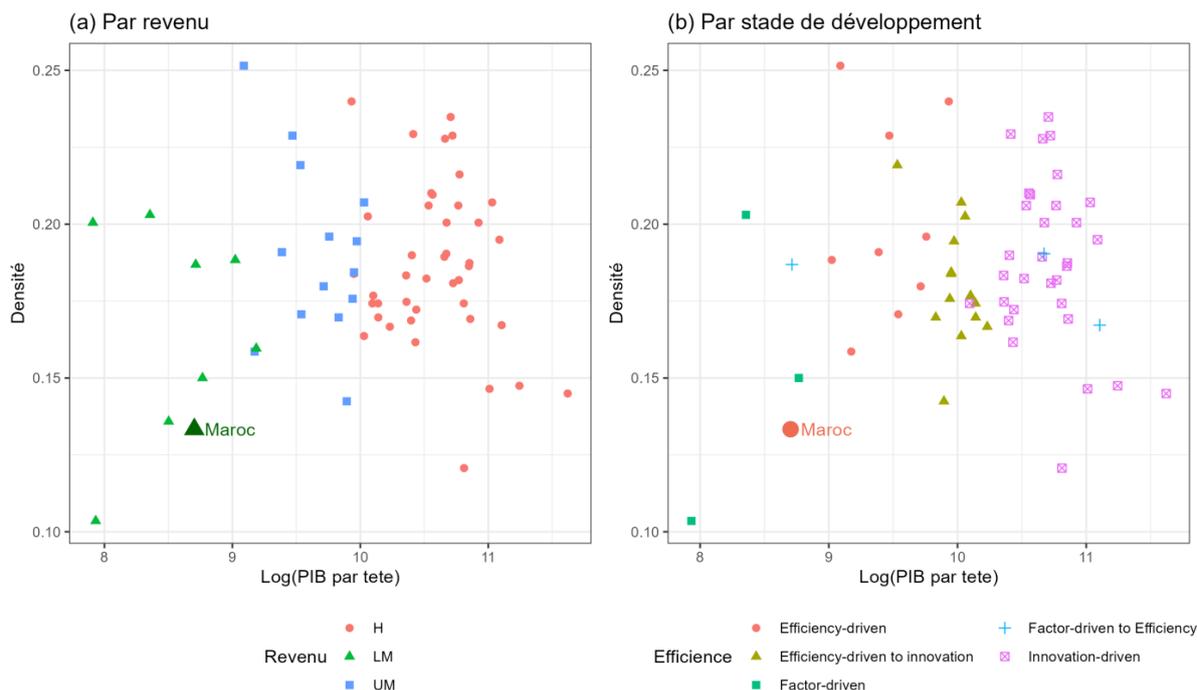
Par-delà ces ressemblances, il est à souligner que des points importants de divergence sont de rigueur. De prime abord, le réseau de production est relativement peu dense. Le taux d'intégration de l'outil de production est, par conséquent, plus faible. Ce constat émane de la comparaison des caractéristiques holistiques du réseau marocain avec les 66 pays dont l'OCDE a publié les tableaux Inputs-Outputs (voir liste des pays en annexe 4). Parmi ces pays, le Maroc est, à l'exception du Cambodge et de Hong-Kong, celui qui dispose du réseau de production le moins dense (figure 13). Cette situation est valable sur les échelles de développement économique. Selon le PIB par tête (figure 13.a), le réseau de production est moins connecté au Maroc comparativement aux pays de sa catégorie (tranche inférieure du revenu intermédiaire). Le même constat est de mise lorsqu'on prend en compte le stade de développement tel que défini par le *World Economic Forum* (Schwab et al., 2012). Dans la catégorie des économies d'efficacité<sup>37</sup> (celle du Maroc), notre réseau de production est nettement moins dense (figure 13.b).

Cette faible connectivité du réseau marocain est aussi appréhendée via les mesures de centralité. La figure 14 affiche les centralités des branches du réseau marocain (courbes rouges) à côté de celles (en gris) des réseaux des autres pays *benchmarks*. Si nous avons constaté, auparavant, que la hiérarchie des branches en termes de centralités est relativement proche entre les pays, force est de relever à ce stade que les centralités du réseau marocain sont presque systématiquement parmi les plus faibles.

Dans le sillage d'Acemoğlu et al. (2016), il apparaît que cette faible densité de l'économie marocaine la rend moins performante comparativement à celles des autres pays. Dans la même veine, McNerney et al. (2021) montrent que la structure des réseaux de production peut servir de cause proximale des différences de croissance entre les pays. Pour Romero et al. (2018), la faible connectivité économique empêche l'économie de croître à des taux suffisamment élevés. Cependant, lors des chocs d'une grande ampleur et éventuellement concomitants, cet handicap de faible densité devient un avantage, car les réactions de l'économie seront moins exacerbées (Acemoğlu et al., 2016).

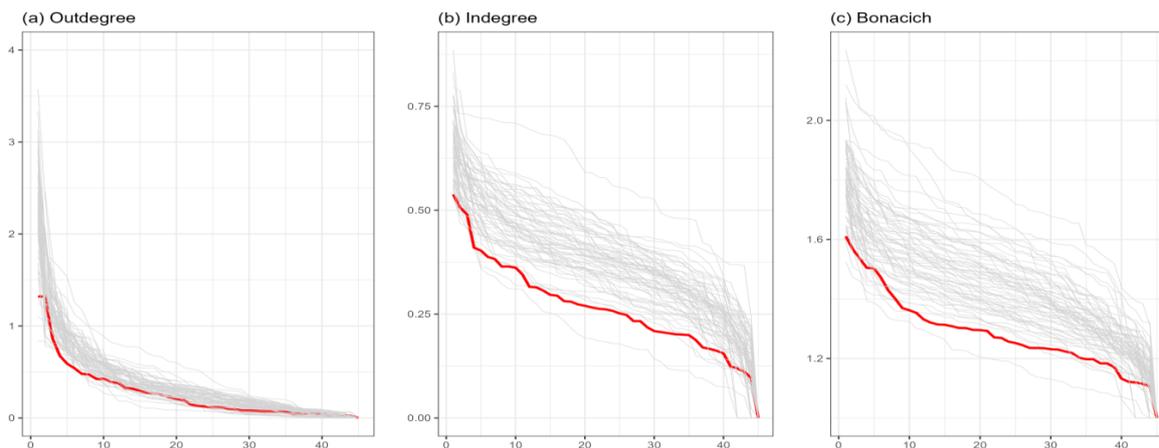
---

<sup>37</sup> Schwab et al. (2012) ont caractérisé ce stade comme étant la phase axée sur l'efficacité du développement, où les pays doivent commencer à développer des processus de production plus efficaces et aussi à augmenter la qualité des produits.

**Figure 13. Densités comparées des réseaux de production**

Note : Cette figure visualise la densité (a) et la distance moyenne minimale (b) des réseaux de production des pays de la base de l'OCDE (année 2014). Les pays sont affichés selon leur revenu par tête (abscisses) et classé selon les catégories de revenu de la Banque mondiale (classement de 2021). Le deuxième graphique différencie les pays selon le stade de développement du *World Economic Forum*. Les deux classifications sont données dans l'annexe 4.

Source : (OCDE, 2021), Banque mondiale (variable = NY.GDP.PCAP.PP.KD) et World Economic Forum (Schwab et al., 2012, pp. 2012–2013). Calculs des auteurs.

**Figure 14. Mesures de centralité par pays**

Note : Cette figure visualise les centralités *Outdegree*, *Indegree* et Bonacich calculées sur la base des données de l'OCDE. Les courbes rouges retracent les scores du Maroc. Ceux des autres pays sont représentés par les courbes en gris. Les mesures de centralités ont été ordonnées.

Source : (OCDE, 2021). Calculs des auteurs.

## 5. Conclusion

La présente investigation s'est penchée sur la structure sectorielle de l'économie marocaine. En utilisant des outils de la théorie des réseaux, elle permet d'apporter un regard différent sur cette structure par rapport aux études antérieures, dont l'analyse input-output constituait presque exclusivement le fond méthodologique.

La configuration du réseau de production marocain peut être appréhendée selon deux interprétations. D'un côté, le réseau semble refléter une forme en papillon, où d'un côté se trouvent les secteurs fournisseurs d'intrants intermédiaires, et de l'autre les secteurs clients, avec un nœud constitué des branches les plus connectées au réseau. De même, il peut être interprété en termes de centre-périphérie, où d'un côté se trouvent les branches moins connectées en périphérie, et inversement, au cœur du réseau. Par ailleurs, la branche agricole s'est révélée être le principal hub (avec un effet d'offre important) de l'économie nationale. Les branches centrales en termes d'effet de demande (de type autoritaire) sont celles de la construction, de l'agroalimentaire, de la restauration et de l'hébergement.

Le réseau national de production s'est également révélé organisé en sous-structures internes homogènes, où les branches sont relativement plus connectées entre elles. En utilisant plusieurs techniques, cette étude a mis en lumière plusieurs sous-réseaux distinctifs (clusters). Le premier est celui des produits agricoles et alimentaires, qui relie les branches de l'agriculture, de l'agroalimentaire, de la restauration et de l'hébergement. Le deuxième est lié à l'écosystème de la construction avec ses branches fournisseurs. Le troisième a été identifié comme celui de la transformation des produits phosphatés. Les branches tertiaires semblent définir le quatrième cluster.

Par ailleurs, le réseau de production au Maroc s'est quantitativement densifié, bien que de manière limitée, entre 1998 et 2014. Cependant, il a globalement conservé une structure presque identique. Certaines branches ont connu des modifications au sein du réseau, mais sans pour autant faire émerger une structure différente.

La comparaison avec un échantillon de 66 pays a montré que ces caractéristiques statiques soulignées sont plus ou moins communes. Cependant, le réseau de production marocain est relativement peu dense, même par rapport aux pays de sa catégorie (tranche inférieure du revenu intermédiaire). Le réseau de production est ainsi moins connecté au Maroc, ce qui est synonyme d'un taux d'intégration plus faible. La littérature indique que cette faible densité de l'économie marocaine est de nature à la rendre moins performante.

Ce travail peut être amélioré dans plusieurs directions. Les conclusions peuvent ainsi être affinées davantage en faisant appel à d'autres mesures. Sur ce registre, on peut recourir par exemple à des mesures de connectivité, de fragilité ou d'assortativité. Par ailleurs, le caractère prometteur de la récente littérature sur les réseaux de production rend utile et nécessaire d'intégrer celle-ci pour revisiter des problématiques intéressantes pour le Maroc, parmi lesquelles on peut citer, sans être exhaustif, le cycle économique, la politique monétaire, la transformation structurelle ou encore la croissance économique.

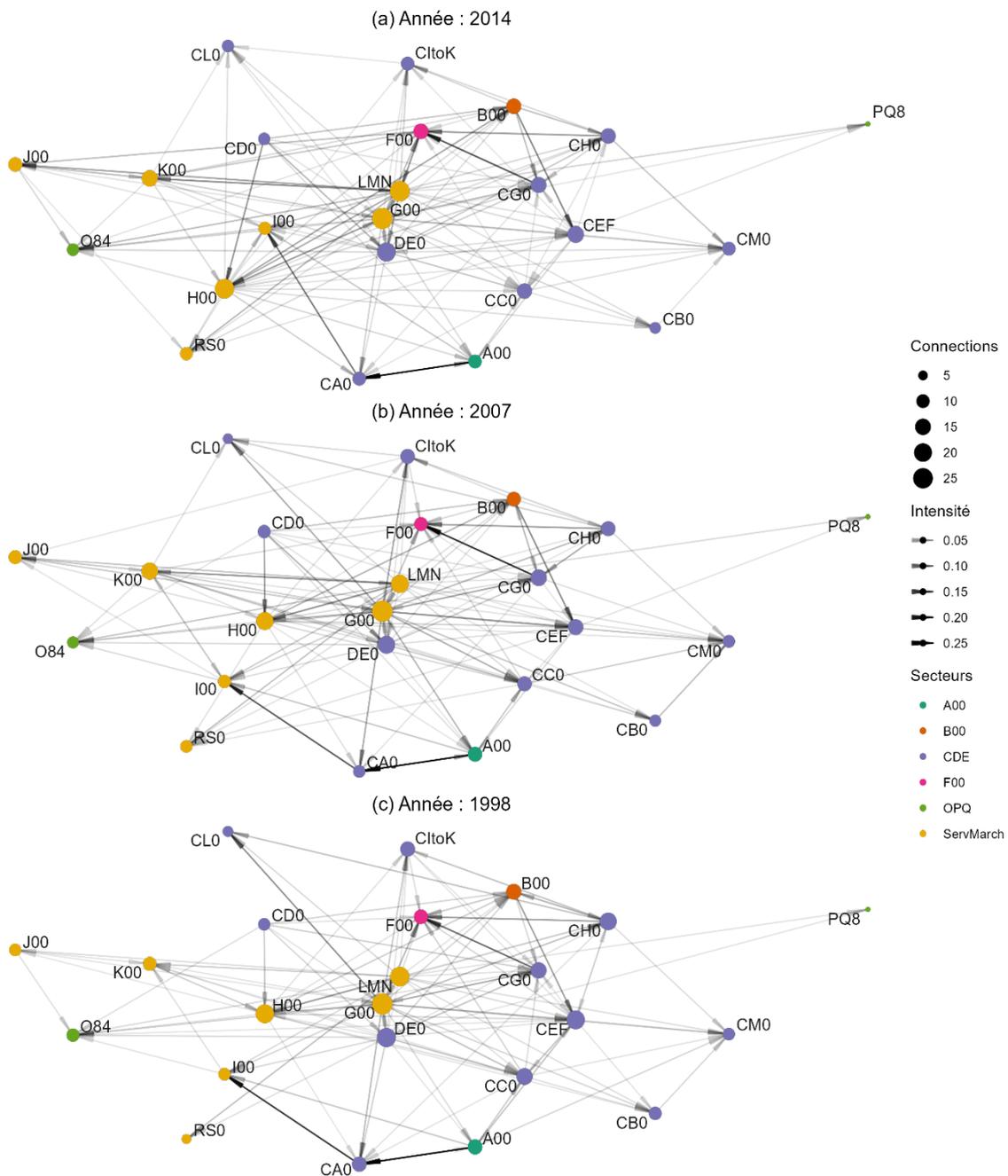
## Références

- Acemoglu, D., Akcigit, U., Kerr, W., 2016. Networks and the Macroeconomy: An Empirical Exploration. *NBER Macroeconomics Annual* 30, 273–335. <https://doi.org/10.1086/685961>
- Acemoglu, D., Carvalho, V.M., Ozdaglar, A., Tahbaz-Salehi, A., 2012. The Network Origins of Aggregate Fluctuations. *Econometrica* 80, 1977–2016. <https://doi.org/10.3982/ECTA9623>
- Acemoğlu, D., Ozdaglar, A., Tahbaz-Salehi, A., 2016. Networks, Shocks, and Systemic Risk, in: Bramoullé, Y., Galeotti, A., Rogers, B.W. (Eds.), *The Oxford Handbook of the Economics of Networks*. Oxford University Press, p. 0. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199948277.013.17>
- Alatryste-Contreras, M.G., 2015. The relationship between the key sectors in the European Union economy and the intra-European Union trade. *Economic Structures* 4, 1–24. <https://doi.org/10.1186/s40008-015-0024-5>.
- Blöchl, F., Theis, F.J., Vega-Redondo, F., Fisher, E.O., 2011. Vertex centralities in input-output networks reveal the structure of modern economies. *Phys. Rev. E* 83, 046127. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.83.046127>.
- Bonacich, P., 1987. Power and Centrality: A Family of Measures. *American Journal of Sociology* 92, 1170–1182.
- Brandes, U., Delling, D., Gaertler, M., Gorke, R., Hoefler, M., Nikoloski, Z., Wagner, D., 2008. On Modularity Clustering. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 20, 172–188. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2007.190689>.
- Braun, E., Sebestyén, T., Kiss, T., 2021. The strength of domestic production networks: an economic application of the Finn cycling index. *Appl Netw Sci* 6, 1–26. <https://doi.org/10.1007/s41109-021-00411-5>.
- Carvalho, V.M., 2014. From micro to macro via production networks. <https://doi.org/10.1257/JEP.28.4.23>.
- Carvalho, V.M., 2010. Aggregate Fluctuations and the Network Structure of Intersectoral Trade. *Carvalho, V.M., Tahbaz-Salehi, A., 2019. Production Networks: A Primer. Annual Review of Economics* 11, 635–663. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080218-030212>.
- Cerina, F., Zhu, Z., Chessa, A., Riccaboni, M., 2015. World Input-Output Network. *PLOS ONE* 10, e0134025. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134025>.
- Chakraborty, A., Kichikawa, Y., Iino, T., Iyetomi, H., Inoue, H., Fujiwara, Y., Aoyama, H., 2018. Hierarchical communities in the walnut structure of the Japanese production network. *PLOS ONE* 13, e0202739. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202739>.
- Coscia, M., 2021. The Atlas for the Aspiring Network Scientist. arXiv.
- Domínguez, A., Santos-Marquez, F., Mendez, C., 2021. Sectoral productivity convergence, input-output structure and network communities in Japan. *Structural Change and Economic Dynamics* 59, 582–599. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.10.012>.
- Elguellab, A., Elhadj, E., 2023. Du Tableau Ressources-Emplois (TRE) à l'analyse Input-Output : Proposition de confection de Tableaux Entrées-Sorties symétriques. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10017.38240/1>.
- Elguellab, A., Elhadj, E., Baddi, H., Laabar, L., Forthcoming. Cartographie sectorielle de l'activité économique au Maroc : une approche multi-critère. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10017.38240/1>.
- Elguellab, A., Ezzahid, E., 2022. Proposition de nomenclatures communes pour la comparabilité des comptes nationaux au Maroc.
- Fadinger, H., Ghiglini, C., Teteryatnikova, M., 2016. Income Differences and Input-Output Structure. *CEPR Discussion Papers, CEPR Discussion Papers*.
- Finn, J.T., 1976. Measures of ecosystem structure and function derived from analysis of flows. *Journal of Theoretical Biology* 56, 363–380. [https://doi.org/10.1016/S0022-5193\(76\)80080-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5193(76)80080-X).

- Fujita, Y., Fujiwara, Y., Souma, W., 2019. Macroscopic features of production network and sequential graph drawing. *Evolut Inst Econ Rev* 16, 183–199. <https://doi.org/10.1007/s40844-019-00123-7>.
- Grassi, B., Sauvagnat, J., 2019. Production networks and economic policy. *Oxford Review of Economic Policy* 35, 638–677. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grz021>.
- Haddad, E.A., Araújo, I.F., Chawki, C., El-Mansoum, R., Masnaoui, M., 2023. Analysis of economic and environmental impacts of shutting down the Moroccan Refinery Samir: An interregional input-output approach. *Scientific African* 20, e01690.
- Haddad, E.A., Hattab, F.E., Ali, A.A., 2017. A Practitioner’s Guide for Building the Interregional Input-Output System for Morocco, 2013 (No. 1708), Research papers & Policy papers, Research papers & Policy papers. Policy Center for the New South.
- Haut-Commissariat au Plan, 2022a. Comptes Nationaux - Base 1998.
- Haut-Commissariat au Plan, 2022b. Comptes Nationaux - Base 2007.
- Haut-Commissariat au Plan, 2022c. Comptes Nationaux - Base 2014.
- Haut-Commissariat au Plan, 2022d. LES OBJECTIFS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE AU MAROC DANS LE CONTEXTE DE LA COVID-19: après la résilience, la relance.
- Haut-Commissariat au Plan, 2022e. NOMENCLATURE DE LA COMPTABILITE NATIONALE (NCN2014).
- Katz, L., 1953. A new status index derived from sociometric analysis. *Psychometrika* 18, 39–43. <https://doi.org/10.1007/BF02289026>.
- Langville, A.N., Meyer, C.D., 2005. A Survey of Eigenvector Methods for Web Information Retrieval. *SIAM Rev.* 47, 135–161. <https://doi.org/10.1137/S0036144503424786>.
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Geschke, A., 2013. Building Eora: A Global Multi-Region Input-Output Database at High Country and Sector Resolution. *Economic Systems Research* 25, 20–49. <https://doi.org/10.1080/09535314.2013.769938>.
- Malliaros, F.D., Vazirgiannis, M., 2013. Clustering and community detection in directed networks: A survey. *Physics Reports* 533, 95–142. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2013.08.002>.
- McNerney, J., Fath, B.D., Silverberg, G., 2013. Network structure of inter-industry flows. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 392, 6427–6441. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2013.07.063>.
- McNerney, J., Savoie, C., Caravelli, F., Carvalho, V.M., Farmer, J.D., 2021. How production networks amplify economic growth. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2106031118>.
- Miller, R.E., Blair, P.D., 2009. Input-output analysis: foundations and extensions, 2nd ed. ed. Cambridge University Press, Cambridge [England] ; New York.
- Nations-Unies, 2018. Classification internationale type, par industries, de toutes les branches d’activité économique (CITI).
- Newman, M., 2018. *Networks*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198805090.001.0001>.
- Newman, M.E.J., 2006. Finding community structure in networks using the eigenvectors of matrices. *Phys. Rev. E* 74, 036104. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.74.036104>.
- OCDE, 2021. OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables.
- Ouifak, H., 2021. Towards a better understanding of the impact of economic disruptions on the Moroccan economy: An input-output network analysis.
- Pinto, J.M., 2021. Production Network Structure, Service Share, and Aggregate Volatility. *Review of Economic Dynamics* 39, 146–173.
- Pons, P., Latapy, M., 2005. Computing communities in large networks using random walks (long version). <https://doi.org/10.48550/arXiv.physics/0512106>.
- Radebach, A., Steckel, J.C., Ward, H., 2016. Patterns of Sectoral Structural Change – Empirical Evidence from Similarity Networks. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2771653>.
- Raghavan, U.N., Albert, R., Kumara, S., 2007. Near linear time algorithm to detect community structures in large-scale networks. *Phys. Rev. E* 76, 036106. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.76.036106>.

- Rasmussen, P.N., 1956. *Studies in Inter-Sectoral Relations*. North-Holland ; København, Amsterdam, Einar Harcks.
- Romero, P.P., López, R., Jiménez, C., 2018. Sectoral networks and macroeconomic tail risks in an emerging economy. *PLoS One* 13, e0190076.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190076>.
- Sargent, T.J., Stachurski, J., 2022. *Economic Networks: Theory and Computation QUANTECON BOOK I*.
- Schwab, K., Sala-i-Martin, X., Brende, B., 2012. *The Global Competitiveness Report 2012-2013 (Insight Report)*. World Economic Forum.
- Serrano, M.Á., Boguñá, M., Vespignani, A., 2009. Extracting the multiscale backbone of complex weighted networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, 6483–6488.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.0808904106>.
- Wang, C., Miao, W., Lu, M., 2022. Evolution of the Chinese industrial structure: A social network perspective. *Technological Forecasting and Social Change* 184, 121972.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121972>.

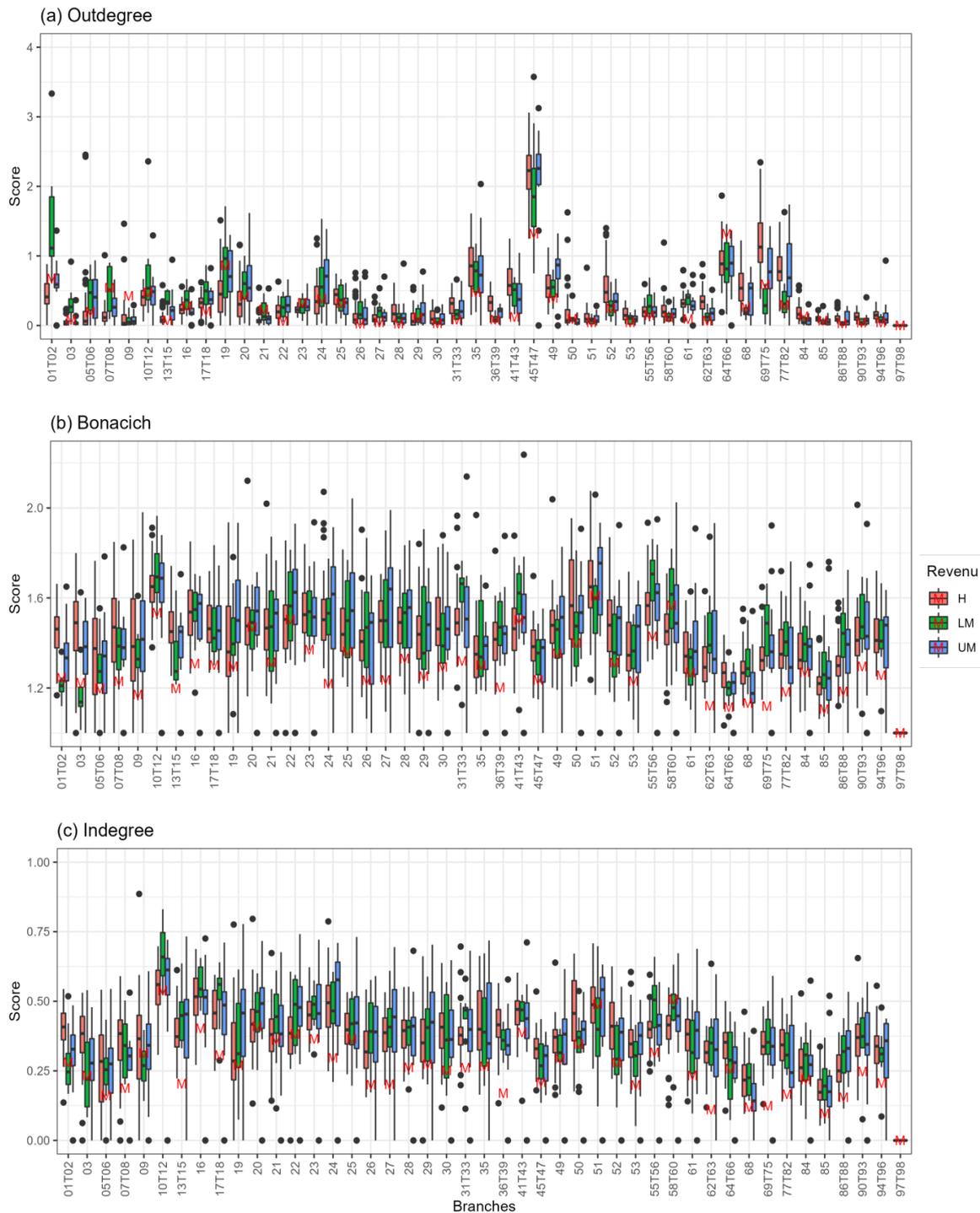
## Annexe 1. Figures supplémentaires

**Figure A1. Réseau national de production au fil du temps  
(Années 1998, 2007, 2014)**

Note : Cette figure visualise le réseau marocain de production tel qu'il ressort du Tableau Ressources-Emplois de 2014, 2007 et 1998. Les branches sont représentées par les points, dont la taille est fonction, pour une branche, du nombre de ses connections avec les autres et la couleur est fonction de son appartenance à l'un des six secteurs agrégatifs. Les flèches traduisent les échanges d'intrants entre les branches (supérieurs à 1%), et en gris celles dont l'intensité traduit celle de l'échange. Il est à noter que le réseau de 2014 est légèrement différent de celui de la figure 5 plus haut : ce dernier est configuré en 27 branches alors qu'ici il l'est en 23 branches (en raison de l'agrégation menée). Les codes des branches et des secteurs sont donnés en annexe 2 et 3.

Source : TRE de 2014, 2007 et 1998, HCP. Calculs et élaboration des auteurs.

**Figure A2. Mesures de centralités par pays et tranche de revenu (Année : 2014)**



Note : Ces graphiques donnent pour chacune des mesures de centralité (*Outdegree*, *Indegree* et *Bonacich*) les tendances centrales sous forme de boîtes à moustaches. Ces tendances centrales sont calculées selon la tranche de revenu. Le score du Maroc est indiqué par la lettre M (en rouge). Les 45 branches de la nomenclature de l'OCDE est construite sur la base des divisions (de 1 à 98) de la version 4 de la classification internationale type, par industries (CITI) (Nations Unies, 2018).

Source : OCDE (2021). Calculs et élaboration des auteurs.

## Annexe 2. Nomenclature des branches et secteurs adoptés (2014, 27 branches, HCP)

Branches				Secteurs			
#	Intitulé	Code	Cluster	Intitulé	Code		
1	Agriculture, sylviculture et pêche	A00	6	Agriculture, sylviculture et pêche	A00		
2	Activités extractives	B00	2	Industries extractives	B00		
3	Fabrication de produits alimentaires et de boissons	CA0	7	Industries manufacturières et autres	CDE		
4	Fabrication de textiles, d'articles d'habillement, de cuir et d'articles de cuir	CB0	3				
5	Fabrication d'articles en bois et en papier ; imprimerie et reproduction de supports	CC0	2				
6	Cokéfaction et fabrication de produits pétroliers raffinés	CD0	2				
7	Fabrication de produits chimiques	CE0	3				
8	Fabrication de produits pharmaceutiques de base et de préparations pharmaceutiques	CF0	3				
9	Fabrication d'articles en caoutchouc et en matières plastiques, et autres produits minéraux non métalliques	CG0	2				
10	Fabrication de produits métallurgiques de base et d'ouvrages en métaux, sauf machines et matériel	CH0	2				
11	Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques	CI0	1				
12	Fabrication de matériel électrique	CJ0	1				
13	Fabrication de machines et de matériel	CK0	1				
14	Fabrication de matériel de transport	CL0	1				
15	Autres activités de fabrication, réparation et installation	CM0	1				
16	Distribution d'électricité et de gaz, Distribution d'eau, réseau d'assainissement, traitement des déchets	DE0	2				
17	Construction	F00	7			Construction	F00
18	Commerce de gros et de détail ; réparation de véhicules automobiles et de motocycles	G00	6			Services principalement marchands	ServM arch
19	Activités d'hébergement et de restauration	I00	3				
20	Transports et entreposage	H00	2				
21	Information et communication	J00	3				
22	Activités financières et d'assurance	K00	2				
23	Activités immobilières	L68	4				
24	Recherches et développement et services rendus aux entreprises	MN0	2				
25	Administration publique et sécurité sociale obligatoire	O84	5	Services essentiellement non-marchands	OPQ		
26	Éducation, santé humaine et activités d'action sociale	PQ8	5				
27	Autres services	RS0	3	Services principalement marchands	ServM arch		

Source : (Haut-Commissariat au Plan, 2022e) et INSEE.

### Annexe 3. Nomenclature commune de passage

En 2022, les nouveaux comptes nationaux ont été publiés en se référant à la nouvelle année de base 2014. La nomenclature des branches de cette récente base (notée par la suite « Base 2014 ») est greffée sur la version 4 de la classification internationale type, par industries. En parallèle, le Maroc dispose aussi de deux autres séries des comptes annuels relatives aux deux bases précédentes (« Base 1998/2007 »), dont la nomenclature des branches est construite à partir de la version 3.1 de la même classification internationale type, par industries. Les deux versions de cette classification ne sont pas liées simplement par une agrégation/désagrégation, mais aussi par une réaffectation plus ou moins substantielle de plusieurs activités qui a eu lieu en passant de l'une à l'autre.

Le problème principal est que les TRE désagrégés ne sont pas DIRECTEMENT comparables dans le temps (en passant d'une base à l'autre). Cette situation obère toute analyse dynamique. Si les deux nomenclatures, utilisées dans les trois bases (1998, 2007 et 2014), ne permettent pas de faire cette lecture, il faut trouver une nomenclature COMMUNE de passage, qui fera le lien nécessaire entre les deux nomenclatures.

Cette nomenclature commune ne peut qu'être agrégative des nomenclatures disponibles (anciennes et nouvelles), étant donné que le passage entre celles-ci n'est pas direct. Cette action d'agrégation induit ainsi un coût par rapport à ces nomenclatures disponibles. En effet, la nomenclature commune perd en termes de précision car le nombre de ses branches est plus petit. Il sera, dans tous les cas, inférieur à 27 qui est le minimum des longueurs des deux nomenclatures publiées par les comptes nationaux. Qui plus est, plus faible est le nombre des subdivisions de la nouvelle nomenclature commune, plus faible est le degré de précision (niveau de détail). Le premier critère, retenu pour le choix d'une nomenclature commune, est le critère de précision que mesure le nombre de branches d'une nomenclature commune.

Par ailleurs, étant donné qu'une solution définitive n'existe pas dans notre contexte (avec les données publiées), chaque nomenclature aura fatalement un deuxième inconvénient : ne pas prendre en compte l'ensemble « transfert » d'activité. Cela a un coût en termes de perte d'information. Pour se rendre compte de ce dernier, un deuxième indicateur (de coût) est mis en place. Il est égal au nombre de correspondances non couvertes par ladite nomenclature commune. Ainsi défini, cet indicateur de coût mesure aussi implicitement le pouvoir de comparabilité d'une nomenclature commune. En l'espèce, ce pouvoir est d'autant plus fort que cet indicateur est faible.

L'impossibilité d'une solution optimale avec les nomenclatures publiées d'une part, et le caractère antinomique des deux critères d'autre part, impose de se contenter de compromis (*trade-off*) comme l'issue la plus optimale du problème. Pour cause, chaque gain sur l'un des critères est contrebalancé par une perte sur l'autre. C'est dans ce contexte que nous retenons la nomenclature de passage en 23 branches comme meilleur compromis (voir tableau infra). De plus amples détails méthodologiques de cette démarche sont disponibles dans (Elguellab et Ezzahid, 2022).

## Nomenclature commune de passage et ses relations avec les nomenclatures publiées

Nomenclature de la Base 2014 en 27 branches		Nomenclatures communes de passage à 23 branches	Nomenclature des Bases 1998/2007 en 39 branches	
Intitulés	Code		Code	Intitulés
Agriculture, sylviculture et pêche	A00	A00	A00 B05	Agriculture, sylviculture, chasse, exploitation Pêche, aquaculture
Activités extractives	B00	B00	C01 C02 C03	Extraction de houille, de lignite, de tourbe Extraction de minerais métalliques Autres extractions de minerais
Fabrication de produits alimentaires et de boissons	CA0	CA0	D15 D16	Industrie alimentaire Industrie du tabac
Fabrication de textiles, d'articles d'habillement, de cuir et d'articles de cuir	CB0	CB0	D17 D18 D19	Industrie textile Industrie de l'habillement et des fourrures Industrie du cuir et de la chaussure
Fabrication d'articles en bois et en papier ; imprimerie et reproduction de supports	CC0	CC0	D20 D21 D22	Travail du bois et fabrication d'articles en Industrie du papier et du carton Édition, imprimerie et reproduction
Cokéfaction et fabrication de produits pétroliers raffinés	CD0	CD0	D23	Raffinage de pétrole et autres produits d'énergie
Fabrication de produits chimiques Fabrication de produits pharmaceutiques de base et de préparations pharmaceutiques	CE0 CF0	CEF	D24	Industrie chimique
Fabrication d'articles en caoutchouc et en matières plastiques, et autres produits minéraux non métalliques	CG0	CG0	D25 D26	Industrie du caoutchouc et des plastiques Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques
Fabrication de produits métallurgiques de base et d'ouvrages en métaux, sauf machines et matériel	CH0	CH0	D27 D28	Métallurgie Travail des métaux
Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques Fabrication de matériel électrique Fabrication de machines et de matériel	CI0 CJ0 CK0	CItoK	D29 D30 D31 D32 D33	Fabrication de machines et équipements Fabrication de machines de bureau et de mater Fabrication de machines et appareils électriques Fabrication d'équipements de radio, télévision Fabrication d'instruments médicaux, de précision
Fabrication de matériel de transport	CL0	CL0	D34 D35	Industrie automobile Fabrication d'autres matériels de transport
Autres activités de fabrication, réparation et installation	CM0	CM0	D36 D37	Fabrication de meubles. Industries diverses Récupération
Distribution d'électricité et de gaz, Distribution d'eau, réseau	DE0	DE0	E00	Production et distribution d'électricité, d'eau

d'assainissement, traitement des déchets				
Construction	F00	F00	F45	Construction
Commerce de gros et de détail ; réparation de véhicules automobiles et de motocycles	G00	G00	G00	Commerce et réparation
Activités d'hébergement et de restauration	H00	H00	I01	Transports
Transports et entreposage	I00	I00	H55	Hôtels et restaurants
Information et communication	J00	J00	I02	Postes et télécommunications
Activités financières et d'assurance	K00	K00	J00	Activités financières et assurances
Activités immobilières	L68			
R&D et services rendus aux entreprises	MN0	LMN	K00	Immobilier, location et services rendus aux entreprises
Administration publique et sécurité sociale obligatoire	O84	O84	L75	Administration publique générale et sécurité sociale
Éducation, santé humaine et activités d'action sociale	PQ8	PQ8	MN0	Éducation, santé et action sociale
Autres services	RS0	RS0	OP0	Autres services non financiers

Source : HCP et (Elguellab et Ezzahid, 2022)

**Annexe 4. Pays de la base de données de l'OCDE et classes de pays**

#	Pays	Code (iso3c)	Tranche de revenu	Stade de dévelop.	#	Pays	Code (iso3c)	Tranche de revenu	Stade de dévelop.
1	Australie	AUS	H	ID	34	Suède	SWE	H	ID
2	Autriche	AUT	H	ID	35	Suisse	CHE	H	ID
3	Belgique	BEL	H	ID	36	Turquie	TUR	UM	EDtoI
4	Canada	CAN	H	ID	37	Royaume-Uni	GBR	H	ID
5	Chili	CHL	H	EDtoI	38	États-Unis	USA	H	ID
6	Colombie	COL	UM	ED	39	Argentine	ARG	UM	EDtoI
7	Costa Rica	CRI	UM	ED	40	Brésil	BRA	UM	EDtoI
8	Tchéquie	CZE	H	ID	41	Brunéi	BRN	H	FDtoE
9	Danemark	DNK	H	ID	42	Bulgarie	BGR	UM	ED
10	Estonie	EST	H	EDtoI	43	Cambodge	KHM	LM	FD
11	Finlande	FIN	H	ID	44	Chine	CHN	UM	ED
12	France	FRA	H	ID	45	Croatie	HRV	H	EDtoI
13	Allemagne	DEU	H	ID	46	Chypre	CYP	H	ID
14	Grèce	GRC	H	ID	47	Inde	IND	LM	FD
15	Hongrie	HUN	H	EDtoI	48	Indonésie	IDN	LM	ED
16	Islande	ISL	H	ID	49	Hong Kong	HKG	H	FD
17	Irlande	IRL	H	ID	50	Kazakhstan	KAZ	UM	EDtoI
18	Israël	ISR	H	ID	51	Laos	LAO	LM	
19	Italie	ITA	H	ID	52	Malaisie	MYS	UM	EDtoI
20	Japon	JPN	H	ID	53	Malte	MLT	H	ID
21	Corée du sud	KOR	H	ID	54	Maroc	MAR	LM	ED
22	Lettonie	LVA	H	EDtoI	55	Myanmar	MMR	LM	
23	Lituanie	LTU	H	EDtoI	56	Pérou	PER	UM	ED
24	Luxembourg	LUX	H	ID	57	Philippines	PHL	LM	FDtoE
25	Mexique	MEX	UM	EDtoI	58	Roumanie	ROU	H	ED
26	Pays-Bas	NLD	H	ID	59	Russie	RUS	UM	EDtoI
27	Nouvelle-Zélande	NZL	H	ID	60	Arabie saoudite	SAU	H	FDtoE
28	Norvège	NOR	H	ID	61	Singapour	SGP	H	ID
29	Pologne	POL	H	EDtoI	62	Afrique du Sud	ZAF	UM	ED
30	Portugal	PRT	H	ID	63	Taiwan	TWN	H	ID
31	Slovaquie	SVK	H	ID	64	Thaïlande	THA	UM	ED
32	Slovénie	SVN	H	ID	65	Tunisie	TUN	LM	
33	Espagne	ESP	H	ID	66	Viet Nam	VNM	LM	FD

Note : les pays sont classés par tranche de revenu de la Banque mondiale (classement de 2021). H = Pays à revenu élevé, LM = Pays à revenu moyen inférieur, UM = Pays à revenu moyen supérieur. Le stade de développement, issu du World Economic Forum (Schwab et al., 2012, pp. 2012–2013) classe les pays selon les 5 stade: Factor-driven (FD), Factor-driven to Efficiency (FDtoE), Efficiency-driven (ED), Efficiency-driven to innovation (EDtoI) et Innovation-driven (ID).

Source: Banque mondiale, OCDE, World Economic Forum.

## Annexe 5. Cartographie des branches d'activité

Cluster	Branches du cluster			Caractéristiques les plus importantes
	#	Intitulé	Code	
7	1	Fabrication de produits alimentaires et de boissons	CA0	Branches de poids important et constituant des locomotives (backward linkage fort)
	2	Construction	F00	
6	1	Agriculture, sylviculture et pêche	A00	Branches plus importantes en poids et grands employeurs (effet d'extraction plus important)
	2	Commerce de gros et de détail ; réparation de véhicules automobiles et de motocycles	G00	
5	1	Administration publique et sécurité sociale obligatoire	O84	Branches essentiellement non marchandes de poids important, indépendantes relativement du tissu productif ; quasi-totalement orienté vers la consommation finale
	2	Éducation, santé humaine et activités d'action sociale	PQ8	
4	1	Activités immobilières	L68	Branche moyenne atypique
3	1	Fabrication de textiles, d'articles d'habillement, de cuir et d'articles de cuir	CB0	Branches moyenne (« cluster moyen ») affichant des valeurs moyennes pour l'ensemble des variables retenues
	2	Fabrication de produits chimiques	CE0	
	3	Fabrication de produits pharmaceutiques de base et de préparations pharmaceutiques	CF0	
	4	Activités d'hébergement et de restauration	I00	
	5	Information et communication	J00	
	6	Autres services	RS0	
2	1	Cokéfaction et fabrication de produits pétroliers raffinés	CDO	Branches de taille légèrement inférieure à la moyenne, ayant des linkages en aval parmi les plus importants. Il s'agit de branches à vocation de produire plus des intrants intermédiaires pour l'appareil productif
	2	Fabrication d'articles en bois et en papier ; imprimerie et reproduction de supports	CC0	
	3	Fabrication d'articles en caoutchouc et en matières plastiques, et autres produits minéraux non métalliques	CG0	
	4	Fabrication de produits métallurgiques de base et d'ouvrages en métaux, sauf machines et matériel	CH0	
	5	Transports et entreposage	H00	
	6	R&D et services rendus aux entreprises	MN0	
	7	Activités financières et d'assurance	K00	
	8	Distribution d'électricité et de gaz, distribution d'eau, réseau d'assainissement, traitement des déchets	DE0	
	9	Activités extractives	B00	
1	1	Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques	CI0	Petites branches technologiques, de faible poids, faible effet-demande (BL faible) et avec orientation marquée à fournir des biens d'équipement (investissement).
	2	Fabrication de matériel électrique	CJ0	
	3	Fabrication de machines et de matériel	CK0	
	4	Fabrication de matériel de transport	CL0	
	5	Autres activités de fabrication, réparation et installation	CM0	

Note : Le tableau donne les résultats obtenus de la classification multicritère des branches. Ces résultats se composent pour chaque cluster de sa composition en branches et de ses caractéristiques les plus importantes (i.e. les plus partagées par ses branches constitutives).

Source : (Elguellab et al., *Forthcoming*).

## À propos des auteurs

### Ali Elguellab

Ali Elguellab est un économiste-chercheur. Il a obtenu son Doctorat en Économie en 2023 de l'université Mohammed 5 de Rabat, dont la thèse est une prospection des origines macroéconomiques, microéconomiques et mésoéconomiques du cycle des affaires au Maroc. Il est titulaire d'un diplôme d'Ingénieur d'Etat en Économie Appliquée en 2007 et d'Ingénieur d'application en statistiques en 1998, tous les deux de l'institut national de statistique et d'économie appliquée. Ses domaines de recherche portent sur le cycle économique, la productivité, les réseaux de production, l'analyse Inputs-Outputs ainsi que la modélisation macroéconomique. Il a de nombreuses publications dans des revues à comité de lecture, dont des revues indexées, comme « Economic Modelling », « Journal of Economic Structures » et « Economics Bulletin ».

### Elhadj Ezzahid

Elhadj EZZAHID a soutenu sa thèse de doctorat sur les liens entre la finance et la croissance à l'Université Mohammed V-Rabat en sciences économiques. Il a travaillé pendant près de neuf ans au sein du Ministère de l'Éducation Nationale dans les directions de ressources humaines, du budget, du contrôle de gestion et de patrimoine avant de rejoindre la Faculté des sciences juridique, économiques et sociales -Agdal de l'Université Mohammed V en 2004 en tant que professeur d'économie. De 2017 à 2020, il a assumé la direction du Département de sciences économiques. Son enseignement porte sur l'économétrie, les modèles de croissance, l'économie du développement et la Comptabilité Nationale. Ses recherches actuelles portent sur des domaines variés tels que les modèles de croissance, l'économie du genre, les questions de productivité et d'efficacité, l'analyse des systèmes énergétiques, les sources d'exclusion sociale et l'économie urbaine.

## Policy Center for the New South

Mohammed VI Polytechnic University, Rocade Rabat-Salé, 11103

Email : [contact@policycenter.ma](mailto:contact@policycenter.ma)

Phone : +212 (0) 537 54 04 04 / Fax : +212 (0) 537 71 31 54

Website : [www.policycenter.ma](http://www.policycenter.ma)

