



Groupe de Recherche en
Économie Théorique et Appliquée

**Identification d'une filière économique liée à l'utilisation d'une
ressource naturelle renouvelable:
l'exemple de la filière bois en France et en Aquitaine**

Jean Jacques MALFAIT

*GREThA UMR CNRS 5113
Université de Bordeaux
jean-jacques.malfait@u-bordeaux.fr*

&

Jean Christophe MARTIN

*Membre associé du CREGO
Université de Bourgogne
jean-christophe.martin@yahoo.fr*

Cahiers du GREThA

n° 2015-19

Juin

GREThA UMR CNRS 5113

Université de Bordeaux

Avenue Léon Duguit - 33608 PESSAC - FRANCE

Tel : +33 (0)5.56.84.25.75 - Fax : +33 (0)5.56.84.86.47 - www.gretha.fr

**Identification d'une filière économique liée à l'utilisation d'une ressource naturelle renouvelable :
l'exemple de la filière bois en France et en Aquitaine**

Résumé

Cet article vise à développer la méthodologie d'identification d'une filière économique. Les études d'identification de filières tentent de repérer un ensemble de branches d'activités ayant de fortes intensités d'échange entre elles. Dans cet article, nous clarifions l'utilisation des modèles entrées-sorties dans les études d'identification de filière. Nous apportons une amélioration méthodologique concernant d'une part la sélection des branches et d'autre part le calcul de la distance économique entre deux branches d'activités d'une même filière. Ces améliorations méthodologiques seront appliquées pour l'identification de la filière bois de la France et à un niveau régional décentralisé, de l'Aquitaine. Les résultats empiriques montrent que les caractéristiques d'une filière peuvent en effet différer entre la nation et les entités régionales plus limitées du fait de l'existence des spécificités régionales dans les structures productives.

Mots-clés : Analyse entrées-sorties, filière bois, économie régionale

**Identifying a supply-chain related to the use of renewable natural resource:
Case studies from France and Aquitaine region**

Abstract

This paper aims to build a method to identify an economic sector. This type of method attempts to identify a pool of sub sector showing a strong intensity of economic flows between them. In this study, we show the potential of input output models for this type of analysis. Two types of contributions have been done here. First we improve the sub sector selection. Then we improve the calculation of the « economic distance between sub sectors belonging to the same sector. These improvements are applied to identified the wood sector in France but also at the regional level of Aquitaine. The empirical results show the features of sectors can vary between France and regions, mainly because of regional differences in the productive structure.

Keywords: Input-output analysis, wood sector, regional economics

JEL : C67, L23, Q23, R1

Reference to this paper: MALFAIT Jean-Jacques, MARTIN Jean-Christophe, "Identification d'une filière économique liée à l'utilisation d'une ressource naturelle renouvelable : l'exemple de la filière bois en France et en Aquitaine", Cahiers du GREThA, n° 2015-19,

<http://ideas.repec.org/p/grt/wpegrt/2015-19.html>.

Introduction *

La compréhension des circuits de transformation des produits a toujours été au centre des préoccupations des acteurs économiques. Lorsqu'elle induit l'affectation d'une ressource naturelle, qu'elle soit renouvelable ou non, l'approche technico-économique s'impose souvent par sa capacité à suivre les différents stades de transformation de la ressource jusqu'à la consommation finale.

Ces approches plutôt techniques ont conduit les économistes à analyser la pertinence ces résultats par l'étude des relations d'interdépendance entre les différentes activités économiques. Il s'agit de connaître les différentes destinations de la ressource à travers les achats et ventes des produits intermédiaires entre les branches d'activités. Cette approche peut être mise en relation avec la notion de *filière économique* développée par des économistes français travaillant en économie industrielle¹. Rainelli (1991) définit une *filière* comme une suite d'opérations conduisant une matière première à un produit fini. Montfort (1983) caractérise la *filière* comme un ensemble de branches d'activité ayant des relations d'achats et de ventes fortes lorsqu'elles sont dans la même filière, faibles si elles sont dans deux filières distinctes.

Des travaux empiriques en France ont été menés afin d'identifier des filières dans l'économie nationale. Ces filières ont été identifiées le plus souvent à l'aide des tableaux entrées-sorties (TES). Il s'agissait de trouver une méthodologie permettant de sélectionner un ensemble de branches d'activités ayant d'importantes intensités d'échanges (ventes/achats) entre elles. Par exemple, Montfort et Dutailly (1983) ont identifié 19 filières de production pour la France. Un certain nombre de recherches ont été menées par la suite afin de développer une méthode de sélection d'un ensemble de branches d'activités formant une filière (Auray, 1984 ; Torre, 1986, 1988).

Ces travaux de filière se sont étendus à d'autres pays non francophones. La notion française de filière peut se rapprocher de la notion anglophone de *supply chain*. En effet, le *supply chain* s'intéresse à l'ensemble du processus de production depuis l'extraction de matière première jusqu'à la livraison à l'utilisateur final (Ashby et al., 2012). Les travaux de *supply chain* se sont davantage centrés sur la problématique de gestion dans la littérature anglo-saxonne (Seuring et Müller, 2008). Cependant, des tentatives de travaux ont été effectuées afin d'identifier des *supply-chain*. Albino et al. (2002) ont utilisé des modèles entrées-sorties afin d'analyser les *supply chain* à un niveau local pour l'Italie. Dieztenbacher et al. (2005) ont identifié des *supply chain* pour l'économie andalouse. Dieztenbacher et Romero (2007) incorporent une dimension interrégionale dans l'identification des *supply chain*.

Relativement à ces travaux, nous proposons une clarification de l'utilisation des modèles input-output dans la construction d'une filière et ainsi qu'un certain nombre d'avancées méthodologiques à la fois dans la sélection des branches formant une filière et dans le calcul de distance économique (à savoir le nombre de branches intermédiaires nécessaire pour qu'un produit provenant d'une branche d'activités puisse atteindre une autre branche d'activités). Ces avancées méthodologiques seront illustrées à travers l'exemple de la construction de la filière bois (wood supply chain) en France. Les enjeux de ce travail restent d'abord de vérifier l'adéquation d'une approche en termes de

* *Cette recherche a bénéficié du soutien financier de la région aquitaine dans le cadre du contrat de recherche numéro 2007-1204002 sur la "Durabilité du Système de production forêt-bois d'Aquitaine dans un environnement changeant". Elle a été réalisée en partenariat avec le FCBA (institut technologique Forêt Cellulose Bois Construction Ameublement), Paris.*

¹ Principalement de l'université de Nice.

filière de produit issue d'une ressource naturelle et d'ouvrir les bases de réflexion d'une méthodologie générale de détermination des filières de produits d'une entité territoriale donnée.

La filière bois est généralement définie selon une approche technique, à savoir comme un ensemble de branches utilisant la ressource ligneuse dans le processus de production². Cette ressource peut être transformée en produit final, combinée à d'autres produits, utilisée directement pour un usage énergétique... La filière bois contribue aussi au cycle vertueux de la séquestration du carbone, au réemploi des produits en fin de vie... Elle est donc particulièrement intéressante pour une comparaison entre approche technique et approche économique des échanges associés. En effet, une limite à l'approche technique est qu'elle ne prend pas en compte les productions en valeur des branches d'activités au travers des échanges interindustriels.

Une question importante va conditionner cette analyse, c'est le degré de décomposition de la nomenclature des branches d'activités des tableaux d'entrées-sorties, ici pour la France, c'est-à-dire la capacité à décomposer finement les activités pour permettre un suivi suffisant du processus de transformation de la ressource naturelle en produits homogènes. Une autre question est de déterminer la robustesse de cette approche pour un niveau de décomposition territorial décentralisé, ici le niveau régional français avec l'exemple de l'Aquitaine. La région aquitaine, une des 22 régions métropolitaines, possède le plus grand massif forestier d'Europe. Elle est la première région forestière de France avec un taux de boisement de 43%. La superficie forestière est de 1,8 million d'hectares. Cette région est donc particulièrement adaptée à l'existence d'une filière décentralisée. L'existence d'une filière régionale va sous-entendre le développement d'un tissu industriel recouvrant l'ensemble des stades de transformation dans le but de valoriser les ressources naturelles présentes sur son territoire afin de contribuer d'une manière importante au PIB régional et à l'emploi (Twomey et Tomkins, 1996).

Ce travail comporte 2 sections. La première section clarifie le cadre théorique d'identification de la filière à partir d'une analyse entrées-sorties tandis que la seconde section présente les résultats relatifs à la filière bois déclinés à deux niveaux, national pour la France et régional pour la région Aquitaine.

1. Méthodologie de détermination d'une filière à partir d'une analyse entrées-sorties

Nous montrerons d'abord l'intérêt des différents modèles input-output dans la construction d'une filière. Nous exposerons ensuite la méthodologie permettant de sélectionner les branches formant une filière et nous présenterons enfin la méthode pour déterminer la structure de la filière.

1.1. Intérêt des différents modèles input-output dans la construction d'une filière

Deux modèles sont utilisés dans l'analyse entrées-sorties : un modèle orienté demande et un modèle orienté offre. Nous allons d'abord présenter brièvement ces deux modèles en indiquant leurs atouts et leurs limites³. Nous montrerons les liens qui peuvent exister entre ces deux modèles et comment ils peuvent être interprétés et utilisés dans le cas de la construction d'une filière.

² On pourra se reporter par exemple aux documents du SESSI, "Le bois en chiffres", série des chiffres clés, 2008.

³ Pour une description plus détaillée de ces deux modèles, voir Miller et Blair (2009).

Le modèle orienté demande ou modèle de Leontief

Le modèle orienté demande (modèle de Leontief) vise à déterminer le montant de production totale (directe et indirecte) suite à la demande finale d'une unité monétaire d'un produit.

Le modèle orienté demande part de l'équilibre emploi-ressource des produits décrit par l'équation :

$$\mathbf{X} = \mathbf{Z} \cdot \mathbf{i} + \mathbf{Y} \quad (1)$$

où \mathbf{X} est le vecteur ($n \times 1$) de production en valeur des branches, \mathbf{Z} la matrice ($n \times n$) des consommations intermédiaires en valeur, \mathbf{i} le vecteur ($n \times 1$) composé du chiffre 1 et \mathbf{Y} le vecteur ($n \times 1$) de la demande finale en valeur, n représentant le nombre de produits et de branches dans l'économie. Le modèle suppose que les branches et les produits sont homogènes et que chaque branche ne produit qu'un seul type de produit.

Le modèle va ensuite permettre la construction de la matrice des coefficients techniques \mathbf{A} ($n \times n$) donnant le montant des inputs nécessaires pour la production d'une unité monétaire. Le modèle de Leontief retient une approche par les achats de produits.

Cette matrice est calculée par l'équation :

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z} \cdot \mathbf{X}^{-1} \quad (2)$$

Le modèle de Leontief suppose que les coefficients techniques restent stables. Cette hypothèse implique les limites classiques d'inputs non substituables et de rendements d'échelle constants.

En intégrant (2) dans (1), et après transformation, nous obtenons :

$$\mathbf{X} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{Y} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{Y} \quad (3)$$

où $\mathbf{B} \equiv (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ représente la matrice inverse de Leontief et \mathbf{I} la matrice identité.

L'équation (3) relie linéairement le vecteur de la production avec le vecteur de la demande finale à travers la matrice inverse de Leontief. Elle indique le montant total de production (directe et indirecte) nécessaire à la satisfaction d'un euro de la demande finale.

En outre, la matrice inverse de Leontief peut être décomposée en suite de puissances comme indiqué dans l'équation ci-dessous :

$$\mathbf{B} = \sum_{k=0}^{\infty} \mathbf{A}^k = \mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \dots \quad (4)$$

Les différents termes de l'équation (4) correspondent aux différentes « couches » de production d'un produit, à savoir aux différents stades intermédiaires de la production d'un produit final. Cette décomposition permet de discriminer l'impact direct représenté par la matrice identité \mathbf{I} (1^{er} terme) et l'impact indirect représenté par le reste de l'équation $\sum_{k=1}^{\infty} \mathbf{A}^k$. L'impact direct représente le montant de production de la branche fabriquant le produit final tandis que l'impact indirect représente l'ensemble des productions nécessaires à la branche finale afin de produire le bien ou service, à savoir l'ensemble des stades intermédiaires nécessaires à la production d'un produit final.

La matrice **A** indique le montant de production de la première couche, à savoir la production servant comme consommation intermédiaire à la production finale de la branche. La matrice **A**² indique le montant de la production de la deuxième couche, à savoir la production des branches utilisée comme consommation intermédiaire aux branches de la première couche. Et ainsi de suite en remontant en amont dans les différents stades intermédiaires de la production du produit.

Le modèle de Leontief simple a suscité des critiques surtout au regard des modèles plus sophistiqués, à l'instar du modèle d'équilibre général calculable. West (1995) résume les principales critiques adressées au modèle. Une première critique concerne l'hypothèse de la stabilité des coefficients techniques impliquant des rigidités dans le modèle. Or l'activité économique est toujours en évolution avec une modification des processus de production expliquée par le changement technologique, une modification des prix relatifs ou un changement de rendement d'échelle. Mais Leontief note que cette stabilité des processus de production était déjà formulée dans le modèle d'équilibre général de Walras. La deuxième critique provient de l'hypothèse de linéarité du modèle. Les modèles économétriques et les modèles d'équilibre général calculables tentent d'ailleurs d'estimer des formes fonctionnelles non linéaires des fonctions de production. Cependant cette hypothèse de linéarité reste un moyen d'étudier les interactions économiques face à un nombre élevé de branches. La troisième critique du modèle est qu'il n'existe aucune contrainte sur l'offre, à savoir que le modèle suppose une offre élastiquement infinie. Or les ressources nécessaires à la production (nombre de travailleurs, ressources naturelles...) sont limitées. Tout dépend cependant de l'horizon économique étudié. Pour le moyen terme, cette hypothèse peut être considérée comme justifiée, en particulier pour des processus de transformation de ressources naturelles.

En tenant compte de ces différentes limites, le modèle de Leontief reste un outil de modélisation économique essentiel (Rose 1995 ; West, 1995).

Le modèle orienté offre est le pendant du modèle orienté demande.

Le modèle orienté offre

Le modèle orienté offre (modèle de Ghosh) vise à déterminer le montant de production totale (directe et indirecte) suite à l'extraction d'une ressource primaire d'une valeur équivalente à une unité monétaire.

Ce modèle part de la définition de la production selon l'optique de l'offre :

$$\mathbf{X}' = \mathbf{i}' \cdot \mathbf{Z} + \mathbf{V}' \quad (5)$$

où **V** représente le vecteur ($n \times 1$) de la valeur ajoutée, également appelé le vecteur des inputs primaires (travail, capital, extraction des ressources primaires, etc.). L'apostrophe indique la transposée d'un vecteur ou d'une matrice.

Le modèle de Ghosh donne ensuite la matrice des débouchés indiquant le montant en euro du produit vendu aux différentes branches suite à la production d'une unité monétaire. Ainsi, le modèle de Ghosh, a contrario du modèle de Leontief, va adopter une approche par les ventes de produits.

La matrice des débouchés **C** ($n \times n$) est calculée par l'équation :

$$\mathbf{C} = \hat{\mathbf{X}}^{-1} \cdot \mathbf{Z} \quad (6)$$

L'accent circonflexe représente une matrice diagonale. Le modèle de Ghosh suppose que les coefficients de débouchés restent stables.

En intégrant (6) dans (5), et après transformation, nous obtenons :

$$\mathbf{X}' = \mathbf{V}' \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{C})^{-1} = \mathbf{V}' \cdot \mathbf{D} \quad (7)$$

où $\mathbf{D} = (\mathbf{I} - \mathbf{C})^{-1}$ représente la matrice inverse de Ghosh.

L'équation (7) relie linéairement le vecteur de la production avec le vecteur de la valeur ajoutée à travers la matrice inverse de Ghosh. Elle indique le montant total de production (directe et indirecte) provenant de la création d'une unité monétaire de valeur ajoutée.

A l'instar du modèle de Leontief, la matrice inverse de Ghosh peut être décomposée en suite de puissance comme indiqué dans l'équation ci-dessous :

$$\mathbf{D} = \sum_{k=0}^{\infty} \mathbf{C}^k = \mathbf{I} + \mathbf{C} + \mathbf{C}^2 + \mathbf{C}^3 + \dots \quad (8)$$

La matrice inverse de Ghosh peut être décomposée en impact direct représenté par la matrice identité \mathbf{I} et en impact indirect représenté par le reste de l'équation $\sum_{k=1}^{\infty} \mathbf{C}^k$. L'impact direct (matrice \mathbf{I}) indique l'effet de la création d'un euro de valeur ajoutée sur la production de la branche tandis que l'impact indirect représente l'ensemble de la production découlant de la création d'un euro de valeur ajoutée dans les branches en aval. L'équation (8) détaille ensuite le montant de production dans chacun des stades intermédiaires de production en aval. La matrice \mathbf{C} indique le montant de la production de la couche 1, à savoir la production des branches des produits intermédiaires utilisés par la branche créant la valeur ajoutée. La matrice \mathbf{C}^2 indique le montant de la production de la couche 2, à savoir la production des branches découlant des produits intermédiaires utilisés par la couche 1. Et ainsi de suite en descendant en aval dans les différents stades de production issus de l'extraction de la ressource.

Le modèle de Ghosh a été l'objet de très fortes critiques (Gruver, 1989 ; Oosterhaven, 1988, 1989 ; Rose et Allison, 1989). La stabilité des coefficients de ventes implique en effet une parfaite substituabilité des inputs. Cette hypothèse implique donc que les différents types d'inputs ne sont pas contraignants pour le processus productif. La croissance de la valeur de la production d'une branche peut s'expliquer par le seul fait d'une augmentation de la consommation d'un produit intermédiaire, tout en gardant constante la consommation des autres produits intermédiaires et le montant de la valeur ajoutée. Dans cette configuration, l'augmentation de la production ne nécessite pas une croissance proportionnelle de tous les inputs (consommations intermédiaires et facteurs de production). Elle n'est donc pas en cohérence avec l'hypothèse de stabilité des processus de production de Leontief. Le modèle induit enfin que la demande est parfaitement élastique, à savoir que la demande s'adapte parfaitement à l'offre.

La question se pose alors de savoir si ces deux modèles peuvent permettre une approche complémentaire dépassant les limites inhérentes à chacun d'entre eux.

La relation entre les 2 modèles

Les équations (2) et (6) peuvent être reliées indiquant un lien entre la matrice des coefficients techniques \mathbf{A} et la matrice des débouchés \mathbf{C} selon l'équation :

$$\mathbf{A} = \hat{\mathbf{X}} \cdot \mathbf{C} \cdot \hat{\mathbf{X}}^{-1} \quad (9)$$

À partir de l'équation (9), il est possible de démontrer l'existence d'une relation entre la matrice inverse de Leontief et la matrice inverse de Ghosh à travers l'équation ci-dessous :

$$\mathbf{B} = \hat{\mathbf{X}} \cdot \mathbf{D} \cdot \hat{\mathbf{X}}^{-1} \quad (10)$$

L'existence d'une relation entre les matrices \mathbf{B} et \mathbf{D} semble induire un lien fort entre le modèle de Ghosh et le modèle de Leontief. Cependant, l'équation (10) stipule que les deux matrices sont simultanément stables si et seulement si la structure productive (indiquée par le ratio X_i/X_j) reste stable.

Or l'application du modèle de Leontief implique une modification de la structure productive⁴, provoquant ainsi une variation de la matrice inverse de Ghosh. L'utilisation du modèle de Leontief ne respecte donc pas l'hypothèse de stabilité des coefficients de débouchés du modèle de Ghosh. Symétriquement, l'application du modèle de Ghosh implique une modification de la structure productive⁵, provoquant ainsi une variation de la matrice inverse de Leontief. L'utilisation du modèle de Ghosh transgresse les hypothèses de stabilité des coefficients techniques du modèle de Leontief. *Ces résultats impliquent que les deux modèles sont antagonistes.*

Une confirmation théorique de cet antagonisme a été apportée par De Mesnard (2009) qui a remis en cause le principe d'une relation symétrique des deux modèles en démontrant que l'équation primaire du modèle de Ghosh est différente de l'équation duale du modèle de Leontief. Les résultats provenant des modèles de Ghosh et de Leontief ne sont donc pas directement comparables.

Si les deux modèles ne peuvent être utilisés simultanément, on peut chercher à partir d'études empiriques (équation (10)), à déterminer lequel des deux modèles entrées-sorties est le plus réaliste. De fait, les analyses empiriques montrent une relative stabilité à la fois des coefficients techniques et des coefficients de débouchés (Augustinovics, 1970 ; Ehret, 1970 ; Giarratini, 1981 ; Bon, 1986).

Ces résultats empiriques ont souvent été utilisés afin de légitimer aussi bien l'utilisation du modèle de Leontief que celui de Ghosh dans le calcul des effets d'entraînement. Cependant, il est très hasardeux de valider, à partir de la seule observation des coefficients techniques et de ceux des débouchés calculés dans le TES, les hypothèses des modèles de Ghosh et de Leontief. En effet, Oosterhaven (1988) montre que la stabilité conjointe de ces deux types de coefficients observée dans les TES est plus expliquée par la *stabilité productive que par la stabilité des processus de production ou de la structure des ventes*. Il conclut que les deux modèles donnent des résultats similaires *dans le seul cas où la croissance de la production est identique entre les branches d'activités*.

Le résultat de ces études empiriques induit donc de dissocier l'utilisation des modèles entrées-sorties à des fins descriptives (étude des relations interindustrielles pour une année donnée) de celle d'une utilisation à des fins de simulation et de prévision.

Illustrons la question à partir du modèle de Leontief.

⁴ Une modification de la demande finale d'un produit va impliquer des conséquences plus ou moins fortes en fonction des productions des différentes branches présentes dans une économie.

⁵ Une modification de la valeur ajoutée d'un produit va impliquer des effets plus ou moins forts dépendant de la production des différentes branches de l'économie.

À partir du TES de l'année t , il est possible d'écrire :

$$\mathbf{X}_t = \mathbf{B}_t \cdot \mathbf{Y}_t \quad (11)$$

L'utilisation du modèle de Leontief à des fins de simulations impliquerait de connaître l'impact de la nouvelle demande finale pour l'année $t+1$ (\mathbf{Y}_{t+1}). Comme il n'est pas possible de connaître empiriquement la matrice inverse de Leontief pour l'année $t+1$, le modèle suppose que la matrice des coefficients techniques reste stable. Cette hypothèse conduit à écrire $\mathbf{B} = \mathbf{B}_t = \mathbf{B}_{t+1}$ seule condition rendant possible l'étude d'impact de la nouvelle demande sur la production sur l'année $t+1$. La production de l'année $t+1$ est ainsi estimée :

$$\mathbf{X}_{t+1} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{Y}_{t+1} \quad (12)$$

L'équation (12) ne peut permettre, que sous cette hypothèse de stabilité des coefficients techniques, d'étudier les effets marginaux, à savoir l'effet d'une variation de la demande finale entre deux périodes ($\Delta \mathbf{Y} = \mathbf{Y}_{t+1} - \mathbf{Y}_t$) sur la production ($\Delta \mathbf{X} = \mathbf{X}_{t+1} - \mathbf{X}_t$).

Par contre, rien n'empêche d'analyser de façon descriptive la structure des achats des différentes branches au sein d'une économie pour une année t , en tenant compte à la fois des effets directs et indirects. On décompose la production selon sa destination dans la demande finale en soustrayant l'effet volume. Si l'on cherche à savoir quel est l'impact d'une unité monétaire de la demande finale du produit i pour l'année t (\mathbf{Y}_t^*) sur la production (\mathbf{X}_t^*), on calcule :

$$\mathbf{X}_t^* = \mathbf{B}_t \cdot \mathbf{Y}_t^* \quad (13)$$

avec $\mathbf{Y}_t^{*'} = (0 \quad \dots \quad 1 \quad \dots \quad 0)$.

La production des différentes branches (\mathbf{X}_t) sera décomposée selon leur destination, soit pour satisfaire la demande finale d'une unité monétaire de la branche i (\mathbf{X}_t^*), soit pour satisfaire le reste de la demande finale ($\mathbf{X}_t - \mathbf{X}_t^*$). Les études descriptives ne reposent donc pas sur l'hypothèse d'une stabilité des coefficients techniques, *le modèle ne cherche qu'à décomposer la production pour une année spécifique*.

Nous pouvons appliquer le même raisonnement pour le modèle de Ghosh.

À partir du TES de l'année t , il est possible d'écrire :

$$\mathbf{X}'_t = \mathbf{V}'_t \cdot \mathbf{D}_t \quad (14)$$

L'utilisation du modèle de Ghosh, pour connaître pour l'année $t+1$ l'impact de la nouvelle valeur ajoutée (\mathbf{V}'_{t+1}) sur la production (\mathbf{X}'_{t+1}), nécessiterait une stabilité des coefficients de débouchés. Or les hypothèses du modèle de Ghosh permettant d'écrire : $\mathbf{D} = \mathbf{D}_t = \mathbf{D}_{t+1}$ ont été très critiquées. De fait le modèle de Ghosh ne permettrait donc pas de réaliser des études d'impact et de simulation.

Le modèle de Ghosh peut, par contre, être utilisé pour analyser la structure des ventes des différents produits au sein d'une économie à partir d'études descriptives, pour une année t donnée, en tenant compte à la fois des effets directs et indirects. On décompose la production selon son origine dans la valeur ajoutée en soustrayant l'effet volume. Si l'on cherche à savoir quel est l'impact d'une unité monétaire de la valeur ajoutée du produit i pour l'année t (\mathbf{Y}_t^*) sur la production (\mathbf{X}_t^*), on utilise la relation :

$$\mathbf{X}_t^* = \mathbf{V}_t^{*'} \cdot \mathbf{D}_t \quad (15)$$

avec $\mathbf{V}_t^{*'} = (0 \quad \dots \quad 1 \quad \dots \quad 0)$.

La production des différentes branches (\mathbf{X}_t) est décomposée selon leur origine : soit elles proviennent de la valeur ajoutée de la branche i (\mathbf{X}_t^*), soit de la valeur ajoutée des autres branches ($\mathbf{X}_t - \mathbf{X}_t^*$). Les valeurs de la matrice des débouchés à l'année $t+1$ (\mathbf{D}_{t+1}) n'auront aucune conséquence sur les résultats. Le modèle de Ghosh pourra être utilisé à des études descriptives (Zhang, 2010 ; Lenzen, 2003).

Dans ce cadre d'analyse limité, on peut décomposer la production des différentes branches selon leur origine pour le modèle de Ghosh et leur destination pour le modèle de Leontief pour l'année t , sans se heurter à la question de la stabilité des coefficients techniques et des coefficients de ventes entre l'année t et $t+1$.

Mise en perspective de l'utilisation des modèles entrées-sorties dans la construction d'une filière

Plaçons-nous dans le cadre d'une structure productive impliquant une stabilité conjointe des coefficients techniques et des coefficients de débouchés. Dans ce cadre, et seulement dans ce cadre, les modèles de Leontief et de Ghosh ne sont donc pas antagonistes. Les modèles entrées-sorties vont être adaptés à la construction des filières de production, permettant de comprendre et d'évaluer les interrelations entre les branches d'activités sur des éléments objectifs de quantification des relations interbranches. Bien sûr, les résultats de la construction de la filière ne seront valables qu'à court et moyen terme tant que la structure productive reste relativement stable.

Le modèle de Leontief, le plus largement accepté par la communauté scientifique, ne peut à lui seul suffire à déterminer une filière; en effet, il n'est adapté que pour repérer les branches ayant de fortes relations d'achat avec un produit spécifique. Par exemple, si nous cherchons à déterminer une filière à partir de l'utilisation d'un produit i , les éléments de la matrice inverse de Leontief vont permettre de repérer les différentes branches j ayant de fortes relations d'achat avec le produit i , à savoir les branches j ayant une valeur de b_{ij} relativement élevée. Pour ces branches, la production d'une unité finale de produit j nécessitera un montant d'achat relativement important de produit i . Il est possible que ces achats importants n'influencent que marginalement la vente du produit i . La matrice inverse de Leontief n'est donc pas en capacité de déterminer l'impact de la vente des branches des produits de la sylviculture.

Cela va être le rôle de la matrice inverse de Ghosh. En effet, les éléments de la matrice inverse de Ghosh indiquent la destination directe et indirecte des produits pour une année t . Avec la matrice inverse de Ghosh, il est possible de déterminer les principales destinations (directes et indirectes) du produit i . Ce produit est une destination privilégiée pour les branches j dans le cas où la valeur de d_{ij} est relativement importante. Si c'est le cas, les branches j ont un impact important (direct ou indirect) dans la vente du produit i , mais ces branches peuvent n'avoir qu'une part relativement faible de ces produits dans leurs achats.

Il existe cependant un problème de méthodologie de construction d'une filière nécessitant une approche simultanée par les ventes et les achats. Les résultats de De Mesnard (2009) montrent qu'il n'est pas possible d'utiliser simultanément les deux modèles et en particulier il n'est pas possible de calculer des indicateurs combinant à la fois des éléments de la matrice inverse de Ghosh et de Leontief. Dans ce sens, la construction par Dieztenbacher et al. (2005) d'une matrice \mathbf{F} calculée comme une moyenne des éléments des matrices inverses de Ghosh et de Leontief afin de déterminer les branches ayant à fois de fortes relations d'achats et de ventes avec une branche spécifique n'est pas réalisable.

Il est donc nécessaire de repérer dans un premier temps les branches j ayant de fortes relations d'achats avec un produit i et, dans un second temps, repérer les branches j ayant de fortes relations de ventes avec le produit i . Cette méthodologie de construction de filière en séparant les relations d'achats et de ventes est également utilisée par la méthode du Maxima pour repérer les entreprises d'un même secteur au sein du territoire (Peeters et al., 2001). Elle a l'avantage relativement à des indicateurs (Dieztenbacher et al., 2005) d'enrichir l'analyse en effectuant une typologie des différentes branches j selon leur relation d'achats et de ventes avec le produit i et, ainsi, de déterminer les branches constituant une filière.

1.2. Sélection des branches formant une filière

La sélection des branches de la filière s'effectuant en fonction de leur forte intensité d'achat et de vente, il s'agit donc de déterminer une démarche d'analyse des interrelations induites par les valeurs de ces coefficients. En effet, si d'un point de vue théorique on peut concevoir d'analyser l'ensemble des interrelations produits-branches, en pratique, dès que l'on décompose les activités économiques en une nomenclature assez fine, l'analyse empirique devient impossible.

Le repérage des coefficients d'achats-ventes significatifs des branches d'une filière

Une première approche simple peut consister à retenir les coefficients les plus élevés. La *répartition par centiles* de l'ensemble des coefficients d'achats et de ventes peut permettre de filtrer les coefficients significatifs caractéristiques de chaque filière par rapport à une forme de répartition théorique moyenne des coefficients par produit.

Considérons les coefficients d'achats obtenus via la matrice inverse de Leontief. On répartit ceux-ci en fonction du centile d'appartenance. Pour cela on trie simplement les différentes valeurs b_{ij} selon l'ordre croissant et on les répartit en 100 parts égales. Q_x représentera les $(100-x)\%$ des valeurs b_{ij} les plus élevées. Par exemple, Q_{90} représentera les 10% des valeurs b_{ij} les plus élevées. Dans cette approche, c'est de fait la détermination du centile qui fixera la valeur de seuil précédemment définie avec :

$$\alpha = Q_x \quad (16)$$

où le centile x est à trouver.

Cette notion de seuil, que doivent dépasser les coefficients, a été introduite par nombre d'auteurs (Titze et al., 2011 ; Dieztenbacher et al., 2005 ; Peeters et al., 2001).

En déterminant la valeur de ce seuil, il sera possible de faciliter l'analyse en construisant une matrice \mathbf{S} repérant les branches j ayant de fortes relations d'intensité d'achat spécifiquement avec chaque produit i , avec une codification simplificatrice telle que :

$$S_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } b_{ij} \geq \alpha \\ 0 & \text{si } b_{ij} < \alpha \end{cases} \quad (17)$$

Il suffit de renouveler l'opération pour les coefficients de ventes obtenus avec la matrice inverse de Ghosh en déterminant le seuil β avec $\beta = Q_x$ où x est le centile à trouver. Il sera ainsi possible de construire une matrice \mathbf{T} permettant de repérer les branches j ayant de fortes relations d'intensité de ventes avec chaque produit i . Les valeurs dans cette matrice sont calculées comme suit : $T_{ij} = 1$ si $d_{ij} \geq \beta$ et $T_{ij} = 0$ dans le cas contraire. La codification binaire des coefficients permet un repérage rapide des interrelations entre branches permettant de dégager des filières d'activité.

Remarquons cependant que le choix de la valeur du centile retenu qui va déterminer le seuil implicite reste relativement subjectif. Il est dépendant des critères retenus dans la littérature, c'est souvent le centile 90 qui est proposé, conforté par des analyses des données spécifiques menées directement sur les coefficients des produits de la filière étudiée. L'analyse simultanée des valeurs des coefficients en eux-mêmes sera donc nécessaire pour mesurer les degrés d'intensité des échanges entre produits et branches d'activités.

Peut-on envisager un traitement classique de la variance du nuage des coefficients d'achats-ventes pour essayer d'appréhender les branches ou les produits ayant de fortes liaisons communes ? L'application d'une analyse en composantes principales (ACP), au travers de la distance euclidienne normée, se prête à la nature des données quantitatives. Les individus pourraient représenter les produits et les coefficients les variables. L'inertie du nuage (via les valeurs propres) serait extraite par les facteurs et les individus remarquables seraient repérables en fonction de leur distance au centre de gravité du nuage. Il serait possible d'associer une classification ascendante hiérarchique (CAH) permettant de retenir les branches révélant de fortes interdépendances entre coefficients d'achats-ventes (variation interclasses élevée - variation intraclasse faible). On pourrait donc envisager en théorie de déterminer l'ensemble des branches d'activité dont les intensités d'échange discriminent l'appartenance ou la non-appartenance à la filière.

Cependant, si le nombre de branches est important, le nombre de dimensions du nuage sera élevé et l'interprétation des résultats sur les plans factoriels difficile voire impossible. D'autre part, dans ce cas c'est la détermination de l'ensemble des filières d'une économie qui va être traitée, ce qui va poser des problèmes complexes, entre autres d'appartenance ou de non-appartenance des branches aux diverses filières. L'analyse empirique dans le cas français confirmera la *non-pertinence de cette approche*, du moins dans le traitement de l'ensemble des coefficients d'achats-ventes de tous les produits simultanément.

On simplifiera ici la démarche analytique retenue en se centrant sur l'analyse de la cohérence entre la composition technico-économique d'une filière et celle déterminée à partir de l'analyse des intensités d'échanges par les binômes de coefficients d'achats et de ventes.

La détermination du produit I le plus en amont de la filière

On suppose que l'on possède déjà une description des principales branches concernées par la filière à partir des analyses technico-économiques disponibles. D'autre part, les filières à caractère technique induisent la transformation en stades successifs d'un produit brut vers des produits finis. On connaît donc le produit d'entrée de la filière, lié le plus souvent aux activités d'extraction de la ressource.

Il s'agira dans cette approche de rechercher le produit d'entrée *I* de la filière dans les matrices de coefficients d'achats-ventes et d'observer ensuite les différents stades de transformation via les coefficients d'échanges. La matrice des coefficients d'achats se lira comme étant *les achats de produits, ordonnés en ligne, selon une nomenclature donnée*. Ces achats seront faits par les *différentes branches d'activités*, en colonnes, correspondant à chaque produit. Le raisonnement est le même pour les coefficients de ventes. On pourra donc observer ensuite l'intensité de diffusion d'un produit *I* entre les différentes branches. Le produit *I* devra être caractérisé par une absence d'achats et de ventes significatifs de la branche correspondante pour des produits situés en amont. A contrario, elle devra avoir des échanges en aval avec au moins une autre branche. A chaque stade de

transformation, chaque branche doit utiliser le produit I et ceci de façon significative, voire privilégiée. Par rapport aux coefficients d'achats, cela signifie que le coefficient d'achats du produit I par la branche j devra être considéré comme significatif ou dominant. Dans le cas contraire, cela signifierait que la branche appartient de fait à plusieurs filières ou à aucune en particulier. Pour les coefficients de ventes, le critère est de même type sachant que le niveau général d'activités peut être plus ou moins important selon les branches d'activités. Au fur et à mesure que les produits sont transformés, ces critères vont devenir moins prégnants, à l'instar des activités de services qui vont échanger avec de nombreuses filières de façon plus ou moins significative.

La filière sera donc constituée des différentes branches j ayant de **fortes relations d'achat direct et indirect avec le produit I** , sachant que ce produit I a en retour de **fortes relations de vente directe et indirecte avec les branches j** . Les fortes relations d'achats sont évaluées au travers des éléments (les coefficients) de la matrice inverse de Leontief b_{ij} indiquant les achats directs et indirects du produit I nécessaires à la production d'une unité monétaire de la branche j . De la même façon, on déterminera les branches ayant de **fortes intensités de vente directe et indirecte avec le produit I** au travers des coefficients de ventes d_{ij} de la matrice de Ghosh. En nommant α le seuil des coefficients d'achats et β celui des coefficients de ventes, les branches formant une filière seront celles indiquées dans le quadrant sud-est du tableau.

	$b_{ij} < \alpha$	$b_{ij} > \alpha$
$d_{ij} < \beta$	Les branches j ont à la fois une faible intensité d'achat et une faible intensité de vente avec le produit I	Les branches j ont une forte intensité d'achat, mais une faible intensité de vente avec le produit I
$d_{ij} > \beta$	Les branches j ont une faible intensité d'achat, mais une forte intensité de vente avec le produit I	Les branches j font partie de la filière : elles ont à la fois de fortes intensités d'achat et de vente avec le produit I

Tableau 1 : Typologie des branches selon leur intensité d'achat et de vente avec le produit I .

Nous verrons cependant qu'au fur et à mesure que le produit initial ou le plus amont se transforme, la part de ce produit initial tend à diminuer dans le produit transformé. Autrement dit, le produit initial pourrait se trouver incorporé dans le produit aval, mais à égalité ou pour une part plus faible avec un autre produit amont appartenant à une autre filière. Une réflexion au cas par cas sur l'appartenance de ces branches à la filière sera donc nécessaire, sachant qu'une part de subjectivité restera dans le fait de maintenir une branche dans une filière ou d'admettre qu'elle peut appartenir à plusieurs filières se réunissant en aval⁶. Une analyse complémentaire plus approfondie de ces résultats permettra d'interpréter le rôle des branches dominantes de la filière et de déterminer celles aux limites de la filière, que ce soit pour les intégrer ou les exclure, en particulier en réalisant des analyses de données multidimensionnelles de classification hiérarchique.

1.3. Détermination de la structure de la filière

La deuxième étape du traitement des relations entre branches va permettre de déterminer le nombre d'étapes intermédiaires de transformation du produit entre les branches de la filière. Commençons par les relations d'achats en utilisant la matrice des coefficients techniques et la matrice inverse de Leontief. Nous avons montré que l'équation (4) permettait de décomposer la

⁶ L'analogie avec un réseau hydrographique est ici évidente.

production en différentes « couches », à savoir le nombre de branches où doit passer le produit i pour rejoindre la branche j . La décomposition de la matrice inverse de Leontief tient compte à la fois des effets directs et des effets indirects. Or une étude interindustrielle implique de ne retenir que les effets indirects. Pour cela, il suffit de soustraire dans la matrice inverse de Leontief \mathbf{B} les effets indirects représentés par la matrice identité \mathbf{I} , soit la matrice $\mathbf{B} - \mathbf{I}$.

A partir de l'équation (4), il est possible de calculer la part du produit i allant à la branche j pour la couche k (avec $k=1 \dots +\infty$) comme indiqué dans l'équation ci-dessous :

$$\mu_{ij}^k = \frac{a_{ij}^k}{b_{ij} - \delta_{ij}} \quad (18)$$

où a_{ij}^k représente les éléments de la matrice des coefficients techniques élevée à la puissance k (\mathbf{A}^k), b_{ij} les éléments de la matrice inverse de Leontief (\mathbf{B}) et δ_{ij} est le symbole de Kronecker où $\delta_{ij} = 1$ si $i=j$, 0 sinon. Dietzenbacher et al. (2005) ont démontré que le calcul de la part du produit i allant à la branche j pour la couche k est identique selon que l'on parte de l'optique des achats en utilisant la matrice des coefficients techniques et la matrice inverse de Leontief ou que l'on parte de l'optique des ventes en utilisant la matrice des débouchés et la matrice inverse de Ghosh. Ainsi, μ_{ij}^k peut être également calculé en partant de l'équation (8) :

$$\mu_{ij}^k = \frac{c_{ij}^k}{d_{ij} - \delta_{ij}} \quad (19)$$

Les équations (18) et (19) donnent strictement les mêmes résultats.

Il s'agit de déterminer le nombre de couches k nécessaire afin que le produit i rejoigne la branche j . Dietzenbacher et al. (2005) ont retenu le concept de propagation moyenne. Ainsi, le nombre moyen de couches pour que le produit i rejoigne la production j est calculé par l'équation ci-dessous.

$$\bar{k} = \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot \mu_{ij}^k \quad (20)$$

Cependant, ce calcul peut poser problème en conduisant à des incohérences. Le nombre de couches est estimé à partir de la moyenne. Celle-ci tient compte des valeurs extrêmes pouvant conduire à des résultats trompeurs. Prenons un exemple simple. Supposons que 60% du produit i va à la branche j par la couche 1, 30% par la couche 2 et 20% par la couche 3. Ainsi, la méthode de propagation moyenne indique que le produit i rejoint la branche en moyenne par la couche 2. Or la couche 2 ne représente que 30% des échanges entre le produit i et la branche j .

Le mode paraît être un indicateur plus approprié que la moyenne, car il indique la couche connaissant la plus forte relation d'échange entre le produit i et la branche j . Dans la méthode de propagation modale, il s'agit de trouver le nombre de couches (noté k^*) où la part du produit i allant à la branche j est la plus élevée.

$$k^* = \max_k(\mu_{ij}^k) \quad (21)$$

Dans la partie suivante, nous allons tester la pertinence des outils méthodologiques qui viennent d'être présentés par la construction empirique d'une filière.

2. Application à la filière bois, analyse comparative entre la France et la région Aquitaine

L'analyse de la filière bois française va permettre d'évaluer la robustesse de la méthodologie qui vient d'être présentée. Une analyse de sensibilité des résultats sera menée dans un second temps à partir de l'étude d'un territoire aux activités économiques décentralisées, la région aquitaine. On se place ici dans le cadre d'une filière clairement identifiée et déjà documentée en travaux technico-économiques. La recherche du produit le plus en amont de la filière s'en trouvera facilitée.

2.1. Composition et structure de la filière bois en France

Pour construire la filière bois de la France à partir des coefficients d'achats-ventes, nous avons utilisé le TES de la France fourni par l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE). Nous construirons dans un second temps un TES régional pour la région Aquitaine. Il est nécessaire que ces TES soient rendus symétriques, pour obtenir des TES « Produit x Produit » (Miller et Blair, 2009) nécessaires pour mener des analyses entrées-sorties.

Les données utilisées au niveau Français

On dispose avec le TES français d'un TES « Branche x Produit ». Dans ces TES les branches peuvent produire plusieurs produits appelés « produits joints », à savoir un produit principal et un ou plusieurs produits secondaires. Du fait de l'existence des produits joints et des transferts entre les branches et les produits, le TES branche-produit est asymétrique. La mise en place d'un TES symétrique est nécessaire pour une analyse entrées-sorties. La construction du TES national symétrique (ou SIOT en anglais), exprimé en prix de base, discriminant la part de production domestique et importée dans les emplois, s'effectue en trois grandes étapes : d'abord évaluer les emplois intermédiaires et les emplois finaux au prix de base, ensuite transformer le TES « Branche x Produit » en un tableau de consommation intermédiaire « Produit x Produit », enfin isoler l'origine des emplois selon qu'ils proviennent de la nation ou du reste de monde.

Le TES utilisé est décomposé en 118 branches correspondant à une Nomenclature Economique de Synthèse (NES 114) dérivée de la Nomenclature d'Activités Française en 700 branches (NAF 700) et de la Classification des Produits Français (CPF)⁷.

Trois grands ensembles d'activités recouvrent la décomposition, la plus fine possible, retenue ici. La NES 114 définit seulement **9** postes pour les activités agricoles et alimentaires, **61** postes correspondent à ce qui est appelé l'industrie manufacturière et **44** à ce que l'on qualifiera d'activités de commerce et de services.

On travaille ici sur une décomposition opérationnelle d'un TES symétrique de **101 produits-branches**⁸ correspondant au TES symétrique. C'est donc plus de 10 000 coefficients d'achats (et de ventes) qu'il faudrait analyser ici. Dès lors, si l'on voulait traiter l'ensemble des coefficients d'achats-ventes dans une analyse en composantes principales (ACP), les résultats ne seraient pas concluants, car ce sont les branches ayant les intensités d'échange les plus importantes, pouvant appartenir à plusieurs filières, qui vont s'écarter le plus du centre d'inertie du nuage des coefficients d'achats-ventes.

⁷ Depuis 2008 une nouvelle nomenclature des produits et activités (NAF Rev.2) a été instaurée pour l'ensemble des branches d'activités. Simultanément une nouvelle Nomenclature Agrégée (NA) remplace la NES. Cette nouvelle nomenclature n'affectera en rien les résultats acquis, la réaffectation des nomenclatures jouant à la marge et étant sans effet pour les branches de la filière bois.

⁸ Le TES « Produit x Produit » utile pour cette étude se réduit à 101 produits principaux correspondant à 101 branches d'activités.

Toutes les autres branches seront ramenées vers le centre de gravité du nuage de point. La restriction aux seules activités agricoles et manufacturières ne changera pas la nature du problème. Il ne sera donc pas possible d'isoler, parmi les autres, une filière particulière par le recours à ces techniques d'analyse⁹. Le fait de ne retenir qu'un dixième des coefficients d'achats-ventes les plus élevés¹⁰ ne change pas la nature du problème.

Nous avons donc abordé la question sous l'angle plus simple de la transformation des produits agricoles ou manufacturiers. Parmi tous ces produits, il s'agira de rechercher le **produit I** spécifique qui va se trouver **à l'origine du processus de transformation** de chaque filière technico-économique. *On parlera du produit le plus en amont de la filière.*

La sélection des branches de la filière bois en France à partir de l'intensité relative des échanges d'un produit I de référence.

Partons d'une **définition technico-économique** de la filière bois française¹¹. Nous venons d'indiquer qu'une filière de production pouvait se caractériser par un cycle de transformation d'un produit, celui qui est **le plus en amont** dans ce processus de transformation. **Le produit des activités sylvicoles** (correspondant au produit de la branche référencée A02/A02Z dans la nomenclature retenue¹²), est celui qui est donné pour **le plus en amont de la filière bois Française**.

Repérons ce produit (en ligne) dans les matrices **S** et **T** et analysons la structure des coefficients d'achats-ventes (en colonnes) répondant au critère du centile 90 représentés dans le graphique de la page suivante. La branche *sylviculture et exploitation forestière (A02/A02Z)*, et celle du *travail du bois et fabrication d'articles en bois (F31/C16Z)* répondent très largement au critère que ce soit pour les coefficients d'achats ou de ventes¹³. Une autre branche appartient à ce centile, la *fabrication de meubles (C41/C31Z)*, mais deux ne sont que dans le centile 89 : *fabrication de pâte à papiers, de papiers et de cartons (F32/C17A)*, *fabrication d'articles en papiers ou en cartons (F33/C17B)*. Bien sûr, on constate que l'application stricte du critère de centile est à adapter au cas par cas en fonction de chaque filière et de la connaissance préalable que l'on en a. Pour deux autres branches, *construction (H0/FZ0)* et *commerce (J00/GZ)*, les coefficients d'achats sont faibles¹⁴ seuls les coefficients de ventes sont nettement significatifs¹⁵. **Par simplification, on retiendra le critère du centile 89 pour les deux séries de coefficients pour la suite de cette partie.**

⁹ Diverses ACP exploratoires ont été menées à cette fin sans succès pour analyser ces interrelations, soit limitées à un type de coefficient, soit en passant en variables illustratives certains groupes de branches d'activités, soit en passant en individus illustratifs certains groupes de produits. Une approche par comparaison de filières deux à deux semble plus porteuse comme le montre un essai réalisé sur les activités agricoles et sylvicoles où les deux filières distinctes émergent. Ce type d'analyses simultanées de filières « produit » mériterait d'être développé ultérieurement dans une optique de traitement de l'ensemble des filières de l'économie française.

¹⁰ On peut classer ces coefficients en trois groupes, le premier groupe des activités agricoles ne va représenter que de **4% à 5%** (respectivement d'achats et de ventes) des coefficients des produits, les activités manufacturières de **35% à 61%** et le dernier groupe des « activités de services » de **65% à 33%**. Bien sûr ces poids sont à rapporter au nombre de branches de chaque groupe.

¹¹ On se réfère ici au document du SESSI, « **Le bois en chiffres** », série des chiffres clés, 2008.

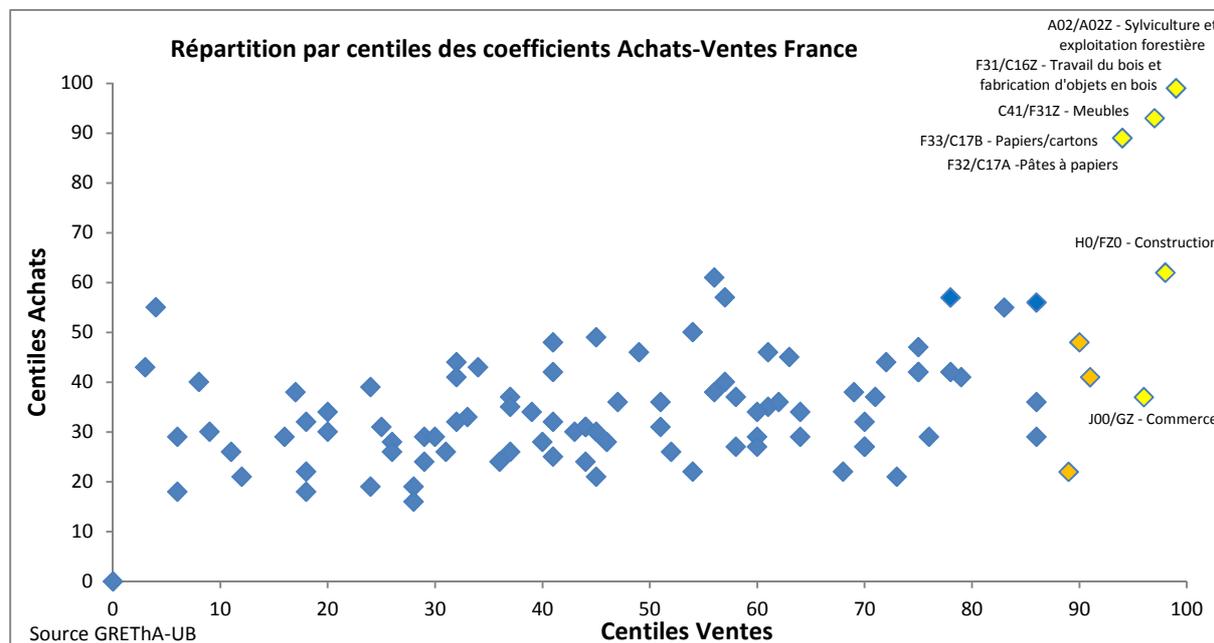
¹² Nomenclatures NES114 et A129 correspondant aux nomenclatures de produits NAF et NAF Rev 2.

¹³ Ils appartiennent même au centile 99, c'est-à-dire aux 1% des coefficients les plus élevés.

¹⁴ Centiles inférieurs à 65 et 40.

¹⁵ Reste le cas des autres branches dont **les seuls coefficients de ventes** correspondent au centile 89, à savoir les *activités agricoles (A01/A01Z)*, celles de *construction automobile (D0/C29)* et celle des *services financiers (LM/KZ)* signalées par une couleur distincte. Nous avons souligné que le choix d'un centile précis avait un

Remarquons que les coefficients relatifs à la branche sylviculture reflètent les *importants échanges directs internes à la branche*, ce qui explique son rôle central dans la filière. On a représenté ci-dessous les coefficients, en abscisse pour les ventes et en ordonnée pour les achats, en fonction de leur appartenance à un centile donné.



Graphique 1 : Intensité d'échanges selon les optiques d'achats et de ventes avec les produits de la sylviculture pour la France, représentation par centiles

On considèrera donc ici que *le centile 89 appliqué aux binômes de coefficients d'achats et de ventes* permet d'isoler avec certitude **cinq branches principales**, sylviculture, travail du bois, fabrication de papiers, fabrication de papiers-cartons et fabrication de meubles, **deux autres branches**, la construction et le commerce se caractérisant uniquement par de *fortes relations directes et indirectes de ventes* avec les produits de la sylviculture¹⁶. Le tableau 2 résume les résultats observés selon les seuils α et β (voisins de 0,018) correspondant au centile 89 pour les coefficients b_{Ij} (achats) et d_{Ij} (ventes).

	$b_{Ij} < \alpha$	$b_{Ij} > \alpha$
$d_{Ij} < \beta$	94 autres branches	
$d_{Ij} > \beta$	H0/FZ0, J0/GZ	A02/A02Z, F31/C16Z, C41/C31Z, F32/C17A, F33/C17B

Tableau 2 : Typologie des branches selon leur intensité d'échange avec les produits de la sylviculture pour la France

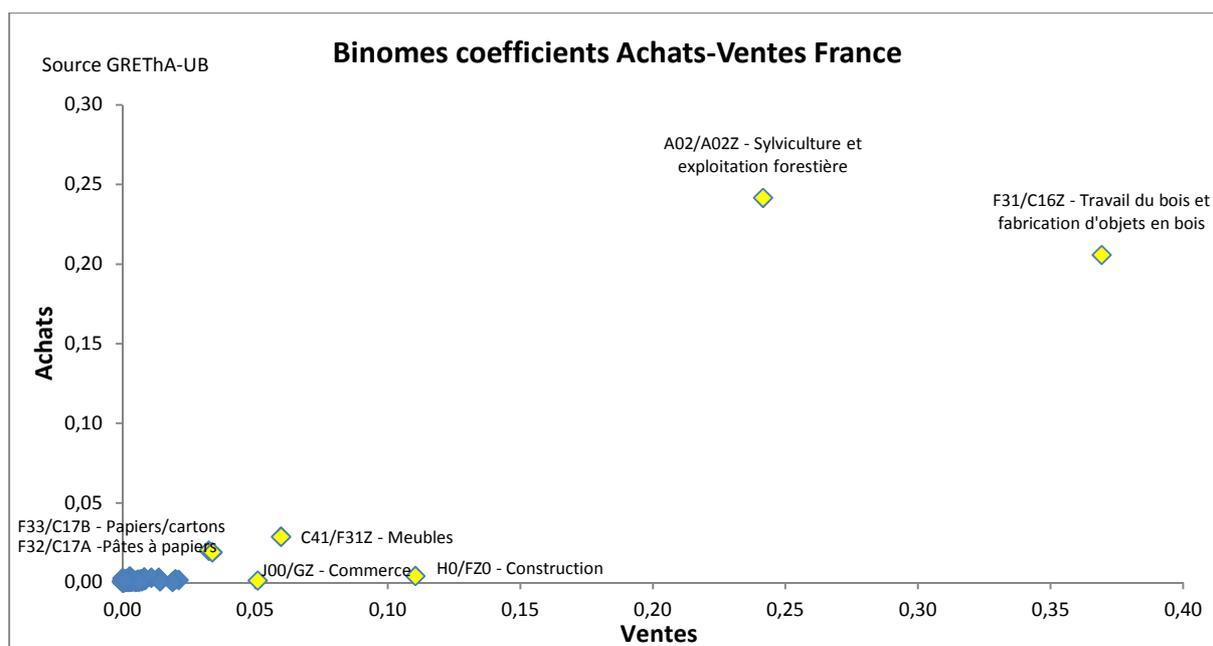
On retrouve la filière bois traditionnelle décrite dans les approches technico-économiques, avec le rôle particulier de la branche construction, montrant la pertinence de la référence aux coefficients d'achats-ventes des produits entre branches d'activité.

Analysons maintenant qualitativement le degré d'intensité directe des échanges entre branches en fonction de la valeur des coefficients d'achats ventes retenus.

Une simple représentation graphique permet déjà de situer l'importance relative des coefficients, les coefficients d'achats sont représentés *en ordonnées* et ceux des ventes *en abscisses*.

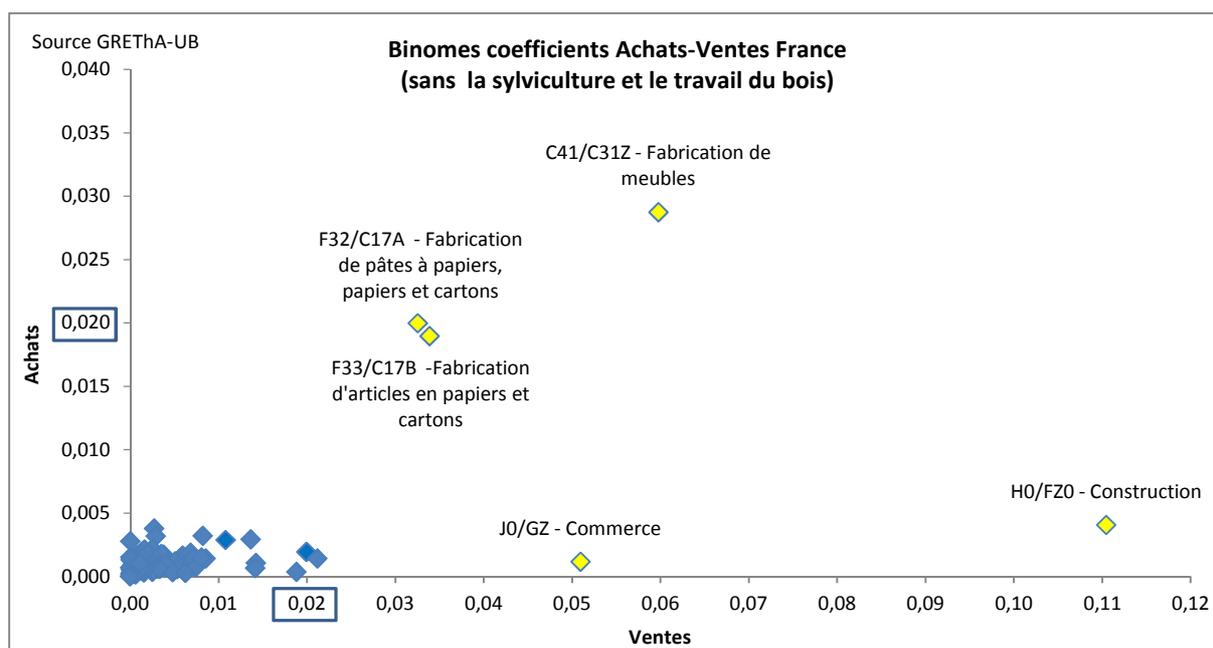
caractère en partie subjectif. Dans tous les cas limites, une analyse de cohérence d'appartenance doit être menée. Nous reviendrons plus loin sur le rôle réel joué par ces branches dans la filière.

¹⁶ Cela peut signifier que les achats des branches au titre des produits intermédiaires sont limités aux seules branches de transformation de la filière.



Graphique 2 : Intensité d'échanges selon les optiques d'achats et de ventes avec les produits de la sylviculture pour la France

La *sylviculture* et le *travail du bois* dominent bien distinctement les intensités d'échanges des autres branches. Occultons ces deux branches et observons ci-dessous le rôle des autres branches.



Graphique 3 : Intensité d'échanges selon les optiques d'achats et de ventes avec les produits de la sylviculture pour la France (sans la sylviculture et le travail du bois)

Les branches *fabrication de pâte à papiers et de papiers, d'articles en papiers-cartons, de meubles*, avec leur rôle limité à la vente pour les branches *construction et commerce*¹⁷, apparaissent bien comme branches d'activités de la filière à côté des deux branches principales.

La concentration des autres coefficients autour de l'origine est confirmée avec les quelques branches déjà signalées dont le coefficient des ventes est situé autour de la valeur limite du seuil β .

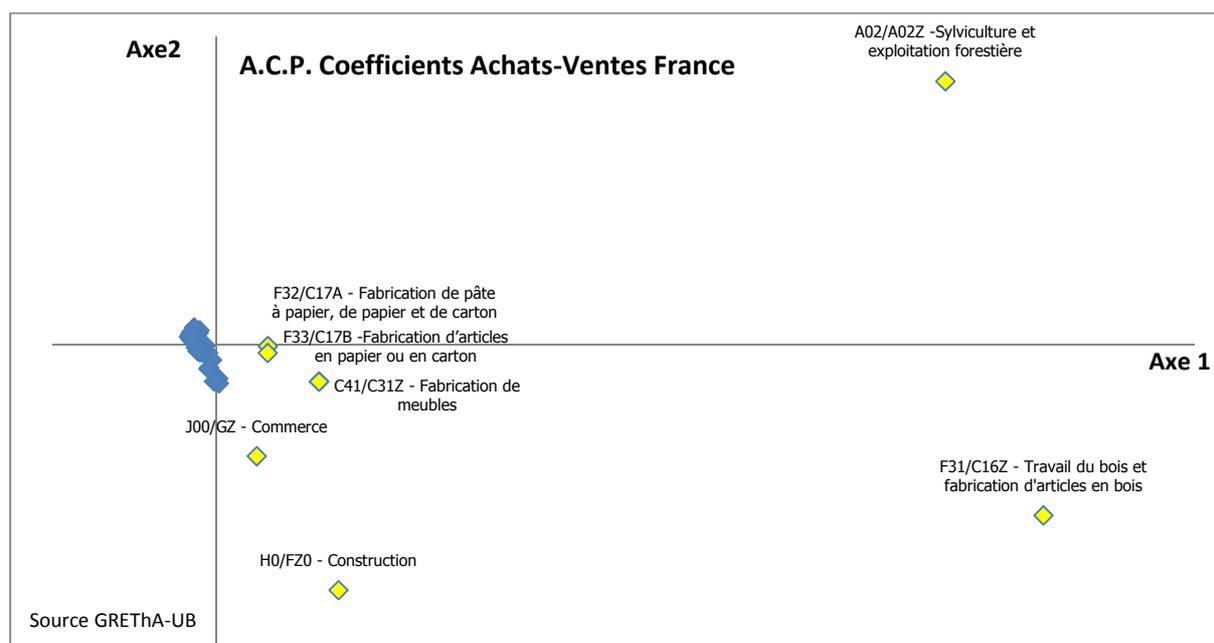
¹⁷ L'inclusion de la branche commerce dans la filière signifie que la production des produits sylvicoles a une influence directe ou indirecte sur les marges commerciales.

La stabilité des seuils d'appartenance des branches à la filière bois en France.

Les valeurs des seuils α et β des coefficients d'échanges appartenant à la filière semblent cohérentes, que l'on retienne le critère de centile ou que l'on observe directement les ruptures dans les valeurs des coefficients pour cette filière. L'application de la règle du seuil limite β pour les coefficients de ventes peut conduire cependant à retenir ou à rejeter une branche hors du champ d'appartenance à la filière de façon trop rigide. On se propose de mener une analyse du nuage des coefficients d'achats et de ventes du produit de la sylviculture, via des méthodes d'analyse des données, pour décider de cette appartenance ou non-appartenance sur des critères plus solides.

On peut penser en particulier à une classification ascendante hiérarchique (CAH) qui permettra de cerner les ensembles de branches en fonction de leur ressemblance (variation intraclasse faible) ou de leur dissemblance (variation interclasses élevée). Les arbres hiérarchiques indicés seront directement obtenus à partir des résultats d'une analyse en composantes principales (ACP) des coefficients d'achats-ventes du produit I^{18} . Une étude de sensibilité déterminera la robustesse des classes obtenues.

Le graphique ci-dessous visualise l'ACP de l'ensemble des coefficients d'achats et de ventes du produit de la sylviculture sur le plan factoriel unique. Le sens de représentation du premier axe est inversé pour être plus facilement comparé aux graphiques en nuages de points précédents.



Graphique 4 : Analyse en composantes principales des binômes d'achats et de ventes des produits de la sylviculture pour la France,

L'axe 1 horizontal interprète 96% de la variance. Il est d'une interprétation facile, il classe les binômes des coefficients achats-ventes selon leurs valeurs croissantes¹⁹. On retrouve les 7 branches précédemment mises en évidence.

¹⁸ L'ACP sera limitée bien sûr à un plan factoriel à deux facteurs puisque seules deux variables sont actives (les binômes coefficients achats-ventes). La totalité de l'inertie du nuage (via les valeurs propres) sera extraite par les deux facteurs. L'interprétation des axes sera tautologique, un axe devant représenter la dimension achats et l'autre la dimension vente. Les individus remarquables seront repérables en fonction de leur distance par rapport au centre de gravité du nuage. On pourra également analyser quelle est la contribution des branches à la construction des deux axes.

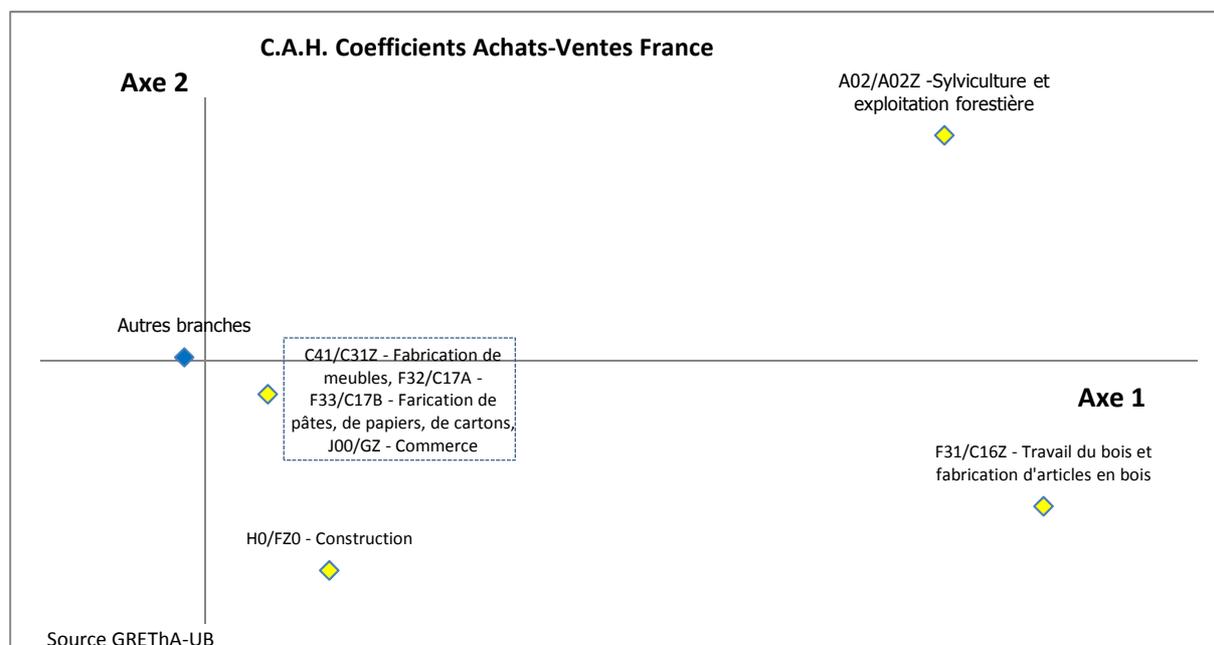
¹⁹ Les coordonnées des modalités (individus-branches) sont ici secondaires.

L'axe 2 de l'ACP apporte une interprétation très secondaire de la variance (4%). Il pourrait s'interpréter comme l'opposition entre les branches participant à la filière plutôt par la vente de produits (*travail du bois, construction, commerce*) et celles participant plutôt par l'achat (*sylviculture* pour ses propres activités). Aucune autre branche n'émerge réellement du plan factoriel de l'ACP²⁰.

Si l'on analyse plus finement les contributions des branches aux axes, on constate que les 7 branches retenues expliquent plus de 96 % des contributions à l'axe 1²¹ et plus de 94% des contributions à l'axe 2²².

La classification ascendante hiérarchique (CAH) va permettre de trancher la question de la présence, ou la non-présence, des branches révélant de fortes interdépendances via les coefficients d'achats-ventes constitutifs de la filière bois.

La CAH est très stable²³. *La variation interclasses représente 99% de l'inertie* sur la base d'une classe comprenant l'ensemble des branches ne faisant pas partie de la filière. L'homogénéité des classes est donc très importante. La CAH par défaut réalise une partition des branches de la filière en 4 classes, sans compter la cinquième classe des branches exclues de la filière. Le graphique 5 ci-après représente les centres de classes sur les axes factoriels de l'ACP.



Graphique 5 : Classification ascendante hiérarchique des coefficients d'achats et de ventes des produits des branches d'activités de la sylviculture pour la France: représentation des centres de classes

Les deux branches de la *sylviculture* (A02/A02Z) et du *travail du bois* (F31/C16Z) sont naturellement des classes à elles seules, compte tenu de leur poids prépondérant dans la filière bois.

²⁰ Si l'on occulte l'effet des deux branches principales de l'analyse, en donnant un poids de 0 dans l'analyse à ces deux branches, le noyau des 94 branches exclues de la filière reste globalement concentré.

²¹ Pour l'essentiel (plus de 90%) la *sylviculture* (A02/A02Z) et le *travail du bois* (F31/C16Z).

²² La *construction* (H0/FZ0) joue aussi un rôle important pour l'interprétation de cet axe (près de 33%, à côté des deux autres branches principales qui représentent 55%).

²³ Au fur et à mesure des itérations de la CAH, l'inertie entre classes mesure les changements d'appartenance des individus aux classes.

Les deux autres classes de la filière dissocient la branche *construction* (H0/FZ0) des quatre autres branches. Son important coefficient de ventes pourrait en être la raison.

Si l'on réduit le nombre de classes total à 4, on réunit simplement la branche *construction* aux autres branches formant ainsi un ensemble cohérent de quatre entités, les deux branches principales de la filière, les cinq autres branches et l'ensemble des autres branches. Inversement, si l'on essaie de provoquer l'éclatement du bloc compact des 94 branches en passant à 6 classes, on retrouve le résultat initial des quatre classes composant la filière, associées à une nouvelle classe qui comporte 7 branches, mais le gain d'explication de l'inertie interclasses est négligeable.

Ce groupe de branches se caractérise, pour l'essentiel, par des coefficients de ventes approchant la limite du centile retenu. Certaines pourraient avoir des relations éloignées, mais explicables avec la sylviculture²⁴, d'autres ont certainement des échanges avec la sylviculture, mais vont appartenir clairement à d'autres filières²⁵, d'autres encore comme les activités de services et financières semblent devoir être partagées entre plusieurs filières sans appartenir exclusivement à l'une d'entre elles, enfin certaines semblent plutôt éloignées de l'utilisation des produits de la sylviculture²⁶.

Une analyse plus poussée des interdépendances avec les branches aux limites de la filière et pouvant appartenir à d'autres filières sera donc menée plus loin pour appréhender les points de connexion entre filières technico-économiques.

L'analyse de l'intensité des échanges directs et indirects des branches, via les coefficients d'achats-ventes, à partir d'un *produit constitutif de la filière*, confirme une composition de la filière bois particulièrement stable autour de sept branches d'activités. Elle conforte la pertinence d'un seuil de valeur générale des binômes de coefficients d'achats-ventes que ce soit par des critères de centiles ou d'analyse directe des coefficients.

Approfondissons maintenant l'étude de la structure interactive entre branches au sein de cette filière dans la suite de la démarche théorique présentée précédemment.

La structure de la filière bois en France

Il s'agit d'utiliser la décomposition de la matrice de Leontief par couches successives²⁷, selon une dimension modale, pour révéler les niveaux de relations d'achats-ventes des différentes branches de la filière bois entre elles. Ces niveaux sont indiqués dans le tableau ci-après. La lecture en ligne permet d'indiquer les intensités d'échange *en aval de la branche*. Ainsi, dans la première ligne, la branche *sylviculture* (A02/A02Z) a de fortes intensités d'échange en aval avec les différentes branches. Réciproquement, la lecture en colonne indique les intensités d'échanges *en amont de la branche*. Nous avons incorporé dans le tableau le **nombre de rangs**, qui exprime le fait que, par exemple, la *sylviculture* échange directement ses produits à la branche *travail du bois* (F31/C16Z-rang 1), alors qu'elle vend ses produits à la branche *fabrication de meubles* (C41/C31Z-rang 2) par l'intermédiaire d'une autre branche.

²⁴ Comme l'édition, l'imprimerie et la reproduction (C20/C18Z).

²⁵ Comme l'agriculture (A01/A01Z).

²⁶ Comme la fabrication de matières plastiques (F46/C22B) ou l'industrie automobile (D0/C29).

²⁷ On a déjà signalé que la décomposition de la matrice de Ghosh conduirait aux mêmes résultats.

	A02/A02Z	C41/C31Z	F31/C16Z	F32/C17A	F33/C17B	H0/H0Z	J0/GZ
A02/A02Z	1	2	1	1	1	2	1
C41/C31Z		1					
F31/C16Z		1	1			1	
F32/C17A				1	1		
F33/C17B				1	1		
H0/H0Z						1	
J0/GZ							1

Tableau 3 : Intensités d'échanges entre les branches de la filière bois dans le cas de la France

A partir des indications de ce tableau, il est possible de représenter sous forme de schéma la structure des échanges des branches de la filière bois dans le cas de la France.

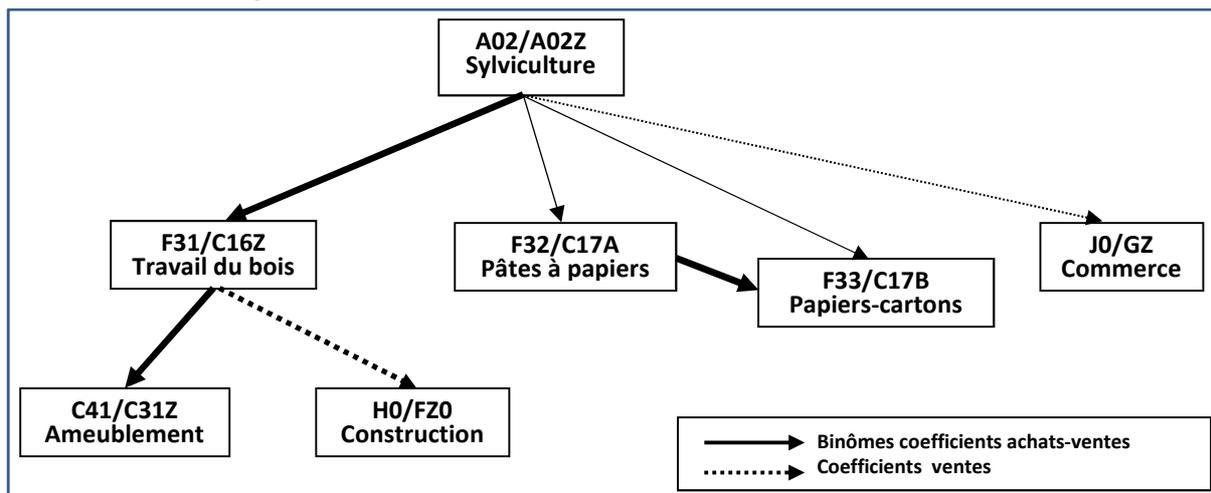


Schéma 1 : Schéma de représentation de la structure d'échanges de la filière bois de la France.

Ce schéma synthétise les trois principales destinations directes des produits de la *sylviculture* (A02/A02Z), pour l'essentiel le *travail du bois* (F31/C16Z), secondairement la *fabrication de pâte à papiers* (F32/C17A) et la *fabrication de papiers-cartons* (F33/C17B). Des produits de la sylviculture sont de façon marginale directement commercialisés (J0/GZ).

Cette détermination des rangs souffre cependant d'une limite due à la nature des données statistiques traitées. En effet des branches apparaissant en premier rang peuvent comprendre des activités de *première et de deuxième transformation du bois*, impliquant des relations économiques croisées très fortes entre elles, en particulier en raison du caractère agrégé des branches d'activité. L'exemple le plus probant concerne la branche *travail du bois* (F31/C16Z) qui comprend aussi bien le *sciage du bois* et la *fabrication de panneaux en bois* (1^{ère} transformation), que la *fabrication de charpentes et de menuiserie* (2^{ème} transformation), mais également *celle des emballages en bois*. D'autre part si l'*industrie papetière* (F32/C17A) utilise des inputs provenant de la branche *sylviculture* (A02/A02Z), elle réalise aussi des *échanges directs* pour la *fabrication d'articles en papiers et en cartons*²⁸ (F33/C17B). Le positionnement de cette dernière branche en premier niveau de transformation sera rediscuté plus loin.

Les produits de la branche *travail du bois* (F31/C16Z) peuvent être destinés comme input de la branche *fabrication de meubles* (C41/C31Z) permettant de catégoriser cette dernière comme une branche de 2^{ème} rang. La branche *construction* (H0/H0Z), intègre bien les produits bois transformés, même si les achats de ces produits n'ont qu'un poids relativement limité dans l'ensemble de ses achats. Elle apparaît logiquement comme une branche de 2^{ème} rang.

²⁸ Cartons ondulés, emballages papiers, articles de papèteries...

L'analyse de la cohérence des échanges de la filière bois au sein de l'économie française, via les binômes des coefficients d'achats-ventes.

La démarche méthodologique que nous venons de mener confirme la pertinence de l'utilisation des binômes des coefficients d'achats-ventes pour l'analyse de la structure des filières. La détermination du **produit d'entrée** de la filière à partir de la connaissance technico-économique de cette dernière nous a permis de simplifier l'analyse empirique des échanges au sein de la filière bois.

On peut facilement montrer, que dans la matrice des coefficients d'achats, le produit de la **branche sylviculture** (A02/A02Z) est bien le **produit le plus en amont** de la filière bois. Pour cela, il suffit de vérifier que la branche sylviculture n'est pas elle-même acheteuse de façon importante d'un autre produit en amont. Dans la matrice **S** à côté des services financiers, activités non manufacturières par excellence²⁹, on note des achats, de faible poids, à la branche **agriculture** (A01/A01Z). Par contre, au niveau des ventes faites à la sylviculture, aucune branche n'émerge au centile 89. Rappelons que la branche sylviculture comprend *l'exploitation forestière*. Ceci induit la forte intensité des achats et des ventes que la branche sylvicole se fait à elle-même (centile 99) et est révélateur de la forte sous-traitance propre à cette branche d'activité.

Pour les branches *directement acheteuses du produit de la sylviculture*, il faut s'assurer ensuite que ce produit est l'intrant principal dans l'activité de transformation de cette branche ou a minima que *la liaison est forte avec la branche amont*. Cette analyse du niveau d'échanges entre branches permet en outre d'étendre le champ d'analyse des coefficients d'achats-ventes aux autres branches d'activités hors filière bois. En particulier, elle permet d'enrichir l'analyse des interactions entre filières et d'éclairer le problème des branches d'activités situées aux limites de la filière bois.

La branche **travail du bois** (F31/C16Z) utilise bien de façon privilégiée la ressource ligneuse dans des activités de sciage³⁰. Le coefficient d'achat avec la sylviculture est extrêmement élevé puisqu'il fait partie des coefficients les plus élevés (centile 99). Les autres achats de la branche concernent tous des activités de services, *services financiers, activités liées au personnel extérieur, aux services de nettoyage et de sécurité*. Seules ces activités concourent de façon significative à l'activité principale de transformation de la ressource ligneuse. Dans la matrice des 11% de coefficients de ventes³¹ **T** les plus élevés, aucun autre produit n'apparaît de façon notable en dehors des échanges internes à la branche. Une liaison « monospécifique » avec la sylviculture semble être privilégiée.

L'autre utilisation principale de la ressource ligneuse est dans les usages papetiers³². La branche **fabrication de pâtes à papiers, de papiers et cartons** (F32/C17A) n'a pas de coefficients d'achats-ventes très importants comme nous l'avons déjà indiqué. En fait on sait que c'est une branche à fort investissement de capital productif, ce qui est logique pour des installations industrielles comme les papèteries. *Si ces industries sont très dépendantes techniquement de la ressource ligneuse*, les achats

²⁹ Ainsi, qu'accessoirement, le recours à la *fourniture de personnel*. Notons de façon générale, sans qu'on le rappelle, que par la suite la branche commerce apparaîtra du fait des marges commerciales pour la plupart des branches, comme c'est le cas ici.

³⁰ C'est le débouché traditionnel du « Bois d'œuvre » avec utilisation des résidus de coupes ou connexes. Rappelons que cette branche comprend également les *industries de fabrication de panneaux de tous types et les activités de transformation des produits d'emballages, de menuiserie et de charpentes*, correspondant aux différents produits détaillés dans la NAF 700.

³¹ Soit 1122 coefficients.

³² C'est le débouché traditionnel du « Bois d'Industrie ».

qui en résultent ne représentent qu'une part limitée dans la totalité des intrants de ces industries. Les produits issus de **l'industrie chimique**³³ (F42/C20.1) pèsent en effet plus dans les achats ainsi que les **fournitures énergétiques** (G21/D35). On retrouve également les apports des activités de services habituelles (*financières...*).

Par contre, pour les coefficients de ventes, celui des produits de la sylviculture reste légèrement plus important que celui des quelques autres branches réalisant des ventes pour la fabrication de pâtes à papiers et de papiers. Là encore, on a une cohérence d'ensemble des indicateurs économiques d'échange avec le fonctionnement technique de la filière, même si la *dépendance économique à la ressource ligneuse* est très nettement moins affirmée que dans le cas de la branche *travail du bois*.

Remarquons cependant que ce niveau de décomposition en 114 branches réunit deux sous branches, la *fabrication de pâtes à papiers* (21.1A/C17.11) et la *fabrication de papiers et de cartons* (21.1C/C17.12) correspondant à deux stades de transformation³⁴ successifs. Dès lors, il est difficile d'analyser les échanges de ce sous ensemble avec le produit de la sylviculture sachant, en outre, qu'une part très importante de ces productions n'est pas produite en France³⁵. Si l'on ajoute que près de 75% des matières utilisées pour la fabrication de papiers et de cartons proviennent de produits recyclés d'origine française, on comprend que le lien direct avec le produit de la *sylviculture* soit plus ténu que pour la branche *travail du bois*.

On considérera que la première étape du processus de transformation de la ressource est bien représentée, via les coefficients d'achats-ventes, par ces deux branches d'activité, malgré la place en retrait des industries papetières.

Deux autres branches respectent le critère de coefficients d'achats-ventes appartenant au centile 89, la *fabrication de meubles* et celle de *papiers-cartons*.

La branche **fabrication de meubles** (C41/C31Z) a le 2^{ème} coefficient d'achat avec le produit sylvicole, derrière la branche *travail du bois*³⁶. Si l'on observe les achats de produits avec les autres branches manufacturières, on constate qu'ils sont très importants avec la branche *travail du bois* (coefficient d'achats appartenant au centile 99). Ceci est bien sûr totalement cohérent avec le processus de transformation de la ressource naturelle, la branche *fabrication de meubles* étant présentée comme une branche de 2^{ème} transformation, on relève simplement le passage par une branche intermédiaire dans la lecture des échanges entre branches de la filière.

Une autre catégorie de branches apporte des inputs nécessaires à la fabrication de meuble, la **fabrication de tissus naturels ou artificiels et celle des matières plastiques**³⁷ (F21/C13Z), mais à un niveau plus faible. Bien sûr il reste les achats, faibles, aux branches de service. En ce qui concerne les coefficients de ventes, on retrouve la branche *travail du bois* et les mêmes produits complémentaires, vendus de façon importante, venant des branches de *fabrication de textiles*

³³ Dite « organique ».

³⁴ Le coefficient d'achats *interne* à la branche F32/C17A est parmi les plus élevés de la matrice S.

³⁵ La production de pâtes à papiers intégrée était de l'ordre de 2 millions de tonnes produites en France sur la période analysée pour une production de papiers-cartons voisine de 9 millions de tonnes. Deux millions supplémentaires de pâtes à papiers étaient importés et 4 à 5 millions de tonnes de papiers -cartons étaient échangés que ce soit en importation ou exportation. Source « Les statistiques de l'industrie papetière Française » COPACEL, 2012.

³⁶ Toujours sans compter les échanges internes à la branche.

³⁷ Le lien avec la branche *travail des métaux* pourrait s'expliquer par les meubles métalliques produits par la filière.

naturels ou artificiels. La branche fabrication de *meubles* s'insère donc dans la filière bois. Cependant son statut de branche de 2^{ème} transformation intégrant d'autres types de produits induit des relations d'échanges importantes avec d'autres filières.

La branche ***fabrication d'articles en papiers et en cartons (F33/C17B)*** a un très fort coefficient d'achat (centile 99) avec la ***fabrication de pâtes à papiers et de papiers*** dont nous venons d'analyser les échanges. Il serait, en principe, comme pour la branche *fabrication de meubles*, révélateur d'un positionnement en 2^{ème} transformation de ces activités ce qui serait tout à fait cohérent avec le processus de transformation technique des produits. *Mais cette branche a des coefficients d'achats et de ventes avec la sylviculture compris dans le centile 89*. L'analyse de la structure des échanges ne va pas donner des résultats probants de liaison aval forte entre la *sylviculture*, via la *fabrication de pâtes à papiers et papiers* et cette branche. La relation semble s'apparenter plutôt à une relation de 1^{ère} transformation. Les autres produits manufacturés achetés par cette branche sont limités en provenance directe de ***l'industrie chimique (F42/C20.1)***. Les ventes à cette branche se limitent essentiellement à des produits provenant de la fabrication de pâtes à papiers. Les autres achats et ventes concernent des activités de services.

Comment analyser ce statut d'industrie de 1^{ère} transformation pour la branche *F33/C17B* ? D'une part le lien direct avec la sylviculture s'estompe par rapport aux échanges plus intenses avec des branches relevant des industries chimiques indiquant un processus de transformation plus complexe. Ensuite il faudrait mener une analyse détaillée des entreprises de cette branche pour vérifier qu'elles n'intègrent pas d'activités amont de transformation de la ressource ligneuse induisant une maîtrise totale du processus de transformation de la ressource jusqu'au produit fini. De façon plus générale, une analyse détaillée des activités des établissements de cette branche serait nécessaire à une meilleure compréhension des échanges avec la sylviculture.

La branche ***construction (H0/FZ0)*** n'achète pas directement le produit de la branche sylvicole, mais des ***matériaux de construction (F12-B08Z)*** et, à un degré moindre, des produits issus de la branche ***travail du bois*** et de la branche ***produits métalliques transformés (E21/C25A)***.

Par contre le coefficient de *ventes des produits de la sylviculture* est très significatif (centile 98), ce qui confirme que la branche *construction* est un débouché important pour la *sylviculture*. De façon plus générale, si la branche *construction* est un débouché important pour près de 70 branches, dont les 2/3 sont des ***branches manufacturières***, la branche ***travail du bois*** fait partie des ***7 produits*** dont les coefficients de ventes appartiennent au centile 99. Elle est juste dépassée par les branches ayant trait à la *fourniture de produits de construction, de matériaux métalliques* et une branche *autres matériaux d'extraction*³⁸.

Si le lien avec la filière bois est donc bien avéré en tant que branche de 2^{ème} transformation, il faut retenir que d'autres analyses de filières pourraient montrer que la branche *construction* est une filière à part entière³⁹.

De façon plus générale, rappelons que les branches de 2^{ème} transformation vont avoir des liens avec la branche commerce via les marges commerciales. De même, elles sont en liaison avec les activités

³⁸ Remarquons que pour la branche *construction (H0/FZ0)* l'approche retenue dans cette recherche offre, via les coefficients achats-ventes, la possibilité de mettre en évidence, de façon objective, la contribution des produits bois, souvent difficile à cerner.

³⁹ On pourrait penser, par exemple, à une filière fortement liée à l'extraction de matériaux.

financières ou d'autres activités de services, sans qu'il soit licite de considérer un lien exclusif avec une filière en particulier.

Nous nous sommes interrogés sur l'intégration de certaines branches d'activités à la filière bois française, branches dont les coefficients d'achats-ventes étaient aux limites des seuils fixés et des résultats de la CAH. L'analyse des échanges entre branches conduit à poser le problème de façon différente.

Prenons un premier type d'activités, l'exemple de *l'agriculture (A01/A01Z)*. Elle a des liens d'échange relativement importants avec la sylviculture, mais il est cependant évident qu'il existe une filière agricole à part entière et que la même méthode appliquée dans ce cas indiquerait que les produits agricoles sont les produits les plus amont de la filière agricole. On pourrait considérer qu'il s'agit « d'activités associées » à la filière que ce soit en intensité d'achats ou de ventes et selon les mêmes critères que pour les branches intrinsèques de la filière.

La question est différente pour des activités comme, par exemple, *l'édition, l'imprimerie et la reproduction (C20/C18Z)*. Les coefficients d'achats et de ventes sont forts avec les *deux branches papetières (F32/C17A –F33/C17B)*, mais il y a aussi des liens importants avec la *parachimie (F43/C20.2)* ce qui est relativement logique. On ne peut pas établir de lien fort direct avec les produits sylvicoles mais, compte tenu des forts coefficients la reliant aux *branches papetières*, on la représentera dans le schéma suivant en limite de filière, cette branche pouvant être vue comme le lieu de convergence de plusieurs filières de produits⁴⁰.

Un dernier cas de figure concerne des branches, dont les activités sont éloignées de la sylviculture et dont le coefficient de vente semble élevé. C'est le cas de *l'industrie automobile (D0/C29)*. Historiquement, les produits ligneux représentaient une part importante dans le processus de fabrication. Ces produits sont encore utilisés dans certaines fabrications particulières⁴¹. Cependant une analyse de l'ensemble des coefficients d'achats-ventes de cette branche éclaire le problème sous un angle différent.

Les seuls coefficients d'achats importants sont liés à des produits issus de la chimie (plastiques), de l'industrie des métaux, de l'électricité,... Si l'on analyse les coefficients de ventes, on constate que l'industrie automobile est le débouché de plus des 2/3 des produits manufacturés et que parmi ces coefficients **celui de la sylviculture est parmi les plus faibles**. La conclusion qui s'impose est que si *l'industrie automobile* se caractérise par des échanges très importants avec toutes les activités de transformation comme dans le cas de la branche *construction*, contrairement à elle, elle appartient de toute évidence à une autre filière industrielle. Cela montre que la simple référence aux coefficients relatifs à un produit *I* est une étape qui doit être complétée par une mise en perspective de l'ensemble des coefficients d'échanges significatifs des matrices **S** et **T**.

Le schéma de la page suivante illustre ce que pourraient être les interactions de la filière avec les branches échangeant de façon importante avec cette dernière tout en pouvant appartenir à une autre filière.

⁴⁰ On pourrait penser à la rattacher principalement à une filière chimique. Notons d'autre part que l'on ne peut pas traiter le cas d'un certain nombre d'utilisations en plein développement de la ressource forestière, activités qui ne sont pas actuellement isolables dans les données des branches de la comptabilité nationale, comme le **bois énergie**.

⁴¹ Pour des véhicules de luxe, de transport ou de loisirs.

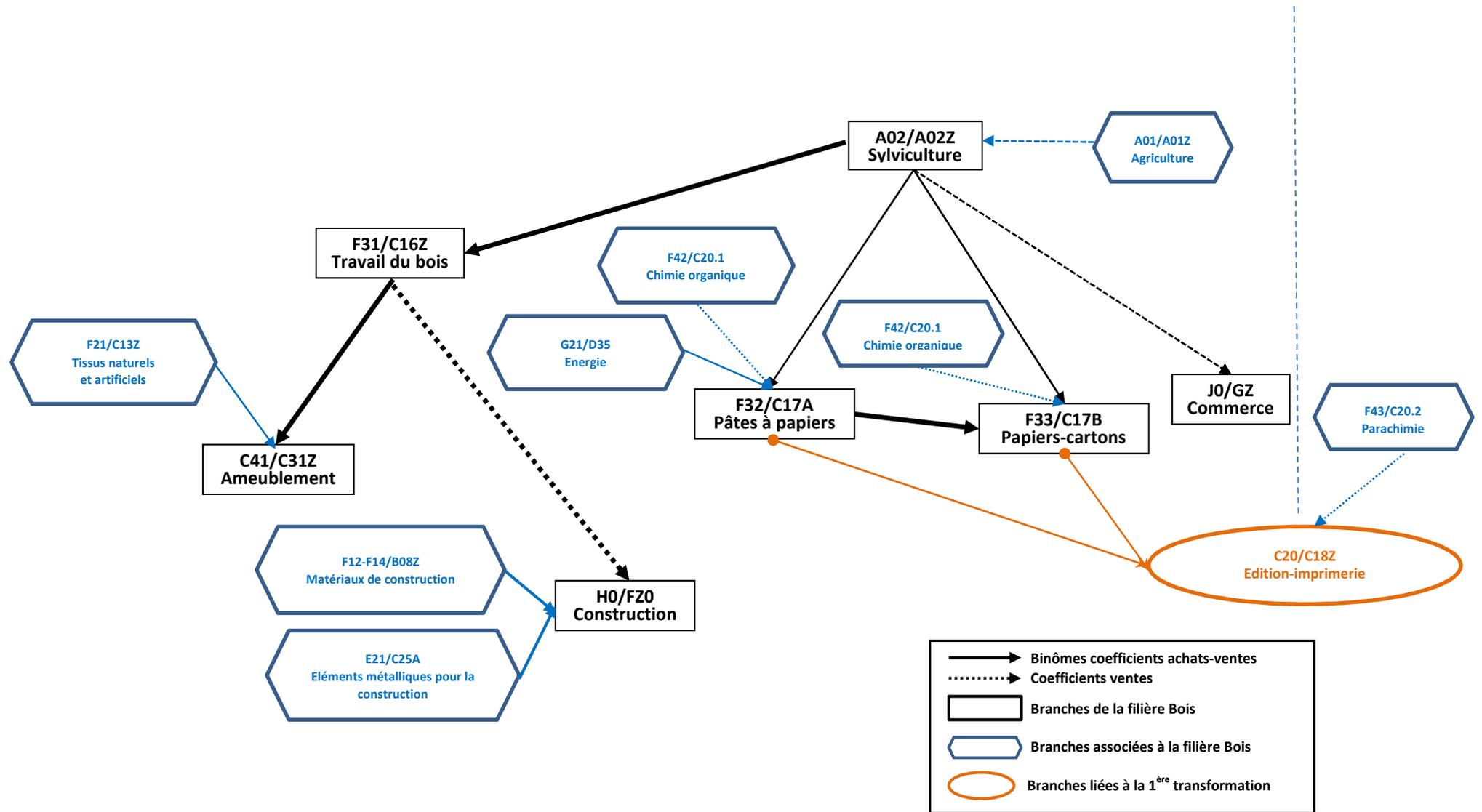


Schéma 2 : Schéma de représentation étendue des échanges de la filière bois en France.

Au terme de cette première analyse empirique, appliquée au niveau national, on confirme l'intérêt de la démarche théorique utilisée au travers de coefficients d'achats-ventes via les matrices de Leontief et de Ghosh pour l'analyse des filières technico-économiques. Bien sûr, des limites apparaissent compte tenu du niveau de décomposition trop faible des activités, entraînant la réunion d'activités de transformation technique que l'on souhaiterait séparées en branches d'activités distinctes. Néanmoins, on retrouve une structure de filière cohérente et robuste qui ouvre le champ de l'analyse des interrelations entre branches d'activités.

Nous allons tester la solidité de ces résultats à un niveau territorial plus limité une région française où la mobilisation de la ressource ligneuse tient une grande importance : l'Aquitaine.

2.2. Analyse comparative de la filière bois au niveau régional : le cas de l'Aquitaine

La comptabilité nationale française souffre de lacunes lorsque l'on veut raisonner sur des entités administratives décentralisées comme les régions. En effet L'INSEE ne fournit pas de TES régionaux en France. Nous avons, pour les besoins de cette étude, construit un TES régional dont un exposé méthodologique détaillé est donné dans Martin (2010) et Martin et Point (2011). Nous allons brièvement indiquer quelques points de repère sur la méthodologie utilisée.

Les données utilisées au niveau de la région aquitaine

Le TES régional est construit selon la méthode descendante (ou top-down) où les différentes composantes du TES national sont régionalisées. Il est nécessaire de travailler avec des TES fortement désagrégés afin d'éviter les biais d'agrégation (Malinvaud, 1954). De plus, la construction de la filière est fortement dépendante de la nomenclature adoptée, d'où l'intérêt de travailler avec une nomenclature très fine (Monfort, 1983).

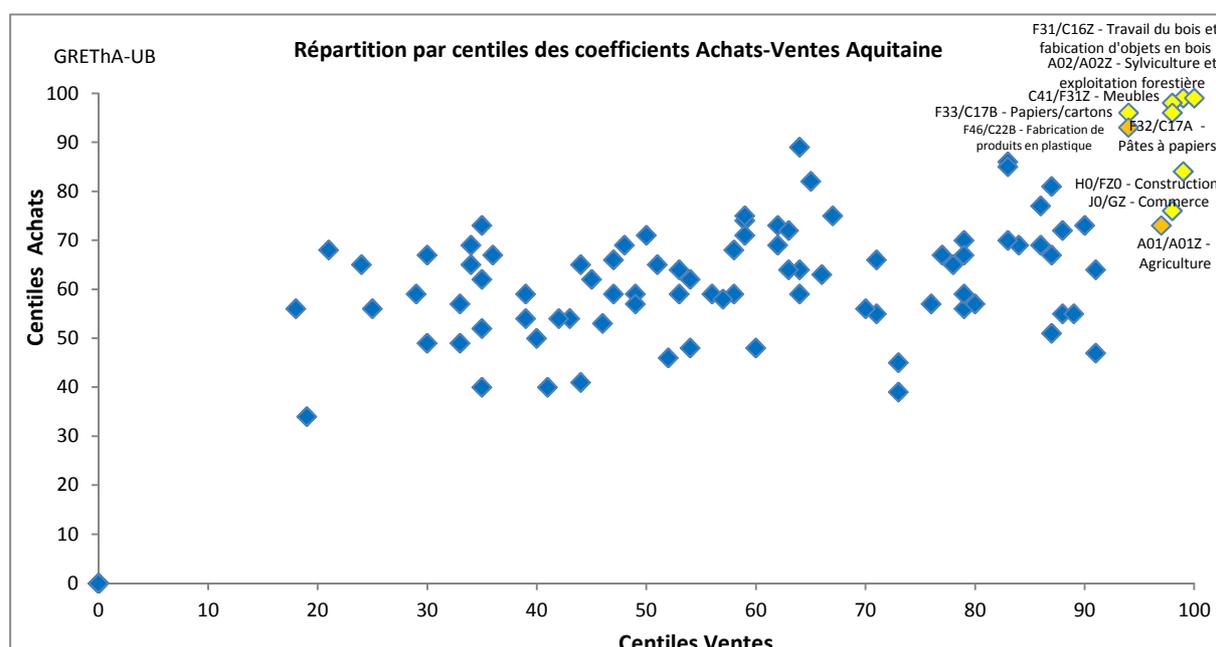
On part du TES national en 114 branches d'activités présenté précédemment. La valeur ajoutée a été régionalisée au prorata des effectifs d'actifs par branche. À partir de la valeur ajoutée régionale des branches, il a été possible de calculer la production et les consommations intermédiaires des branches de la région. Nous avons supposé que les coefficients techniques pour chacune des branches étaient identiques entre la France et l'Aquitaine. Cette hypothèse revient à supposer que les techniques de production sont relativement stables sur le territoire national. Le coefficient de localisation de Flegg (FLQ) (Flegg et Webber, 1997) permet d'estimer la part importée des consommations intermédiaires en tenant compte des 3 critères de Round (1978) : la taille relative des branches acheteuses, des branches vendeuses, ainsi que la taille de la région.

Concernant les différentes composantes de la demande finale, l'enquête du budget des ménages a permis de prendre en considération des spécificités régionales en termes de structure de la consommation finale. La dépense des administrations publiques a été régionalisée au prorata des indicateurs régionaux donnant des informations sur la taille des secteurs tels que les effectifs ou les capacités d'accueil. La part de la production destinée à la formation brute de capital fixe a été supposée constante entre la nation et la région. La part importée des composantes de la demande finale a été estimée selon le coefficient de localisation simple (SLQ). Les exportations ont été considérées comme un résidu : c'est l'ensemble des biens et services non absorbés par la demande domestique. Le TES régional ainsi construit vérifie l'égalité emploi-ressource des différents produits. L'approche ligne est cohérente avec l'approche colonne. Ce TES régional a été corrigé afin de mieux

tenir compte des spécificités régionales concernant l'équilibre emploi-ressources des branches utilisant des produits bois⁴².

La sélection des branches de la filière bois en Aquitaine à partir de l'intensité relative des échanges du produit de la sylviculture au niveau régional

On reste dans le cadre de la **définition technico-économique** de la filière bois identique au cas français. Le **produit le plus en amont** dans le processus de transformation reste celui de la branche *sylvicole (A02/A02Z)*, selon la même nomenclature qu'au niveau national. Reprenons le repère du centile 90 pour les coefficients des matrices S et T des coefficients d'échanges limités *au seul produit de la sylviculture*. On constate que l'ensemble des coefficients d'achats-ventes, en liaison avec le produit de la sylviculture, est plus élevé confirmant l'importance de la sylviculture en Aquitaine par rapport aux autres activités, comparativement au cas français.



Graphique 6 : Intensité d'échanges selon les optiques d'achats et de ventes avec les produits de la sylviculture pour l'Aquitaine, représentation par centiles

On retrouve les mêmes cinq branches constitutives de la filière bois, en respectant de façon plus nette le critère des centiles, puisque le **centile 96** est atteint pour les binômes achats-ventes : *sylviculture (A02/A02Z)*, *travail du bois (F31/C16Z)*, *fabrication de meubles (C41/C31Z)*, *fabrication de pâte à papiers (F32/C17A)*, *fabrication de papiers-cartons (F33/C17B)*. Les deux branches complémentaires *construction (H0/FZ0)* et *commerce (J0/GZ)* se caractérisent toujours par de *fortes relations directes et indirectes de ventes* (centile 98) avec les produits de la sylviculture (abscisses), mais de plus faibles relations directes et indirectes d'achats⁴³ (ordonnées).

⁴² Les services statistiques du Ministère de l'Agriculture (SSP) donnent la récolte de bois ainsi que la consommation de produits bois au niveau des régions françaises. Nous avons adopté un mécanisme de correction des importations de bois pour les branches consommant des produits bois. Pour plus d'information sur les mécanismes d'ajustement, voir Martin et al. (2011).

⁴³ Centiles 84 et 76. Notons qu'il n'existe pas, à l'instar des résultats nationaux, de branche ayant de fortes relations directes et indirectes d'achat, et de faibles relations directes et indirectes de vente simultanées avec les produits de la sylviculture.

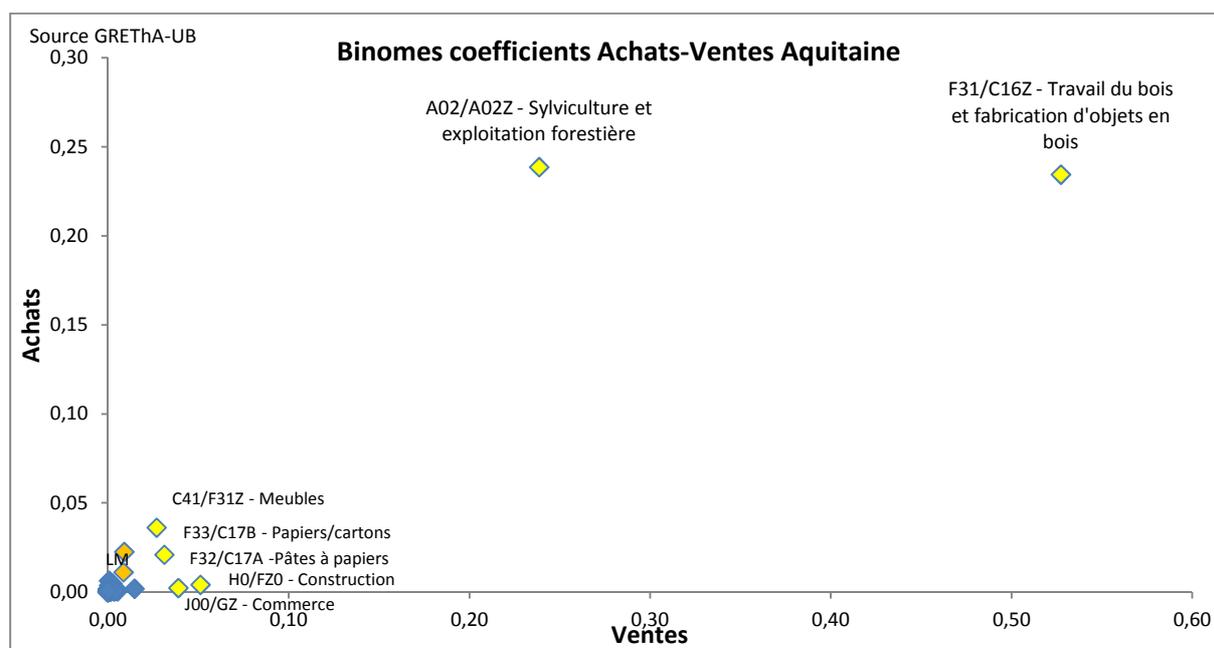
Le graphique 6 montre que deux autres branches semblent apparaître dans le groupe des coefficients d'achats-ventes significatifs (centile 90), *l'agriculture (A01/A01Z*)* pour la dimension ventes et la *fabrication de produits en plastique (F46/C22B*)* pour le binôme achats-ventes.

Le tableau 4 résume les résultats observés selon les seuils α et β correspondant au centile 90 pour les coefficients b_{ij} (achats) et d_{ij} (ventes), avec le cas particulier des deux branches en marge de la filière dont l'appartenance va être discutée. Le seuil α est de **0,007** et celui de β de **0,004**.

	$b_{ij} < \alpha$	$b_{ij} > \alpha$
$d_{ij} < \beta$	92 autres branches	
$d_{ij} > \beta$	H0/FZ0, J0/GZ	A02/A02Z, F31/C16Z, C41/C31Z, F32/C17A, F33/C17B
$d_{ij} > \beta$	A01/A01Z*	F46/C22B*

Tableau 4 : Typologie des branches selon leur intensité d'échange avec les produits de la sylviculture pour l'Aquitaine.

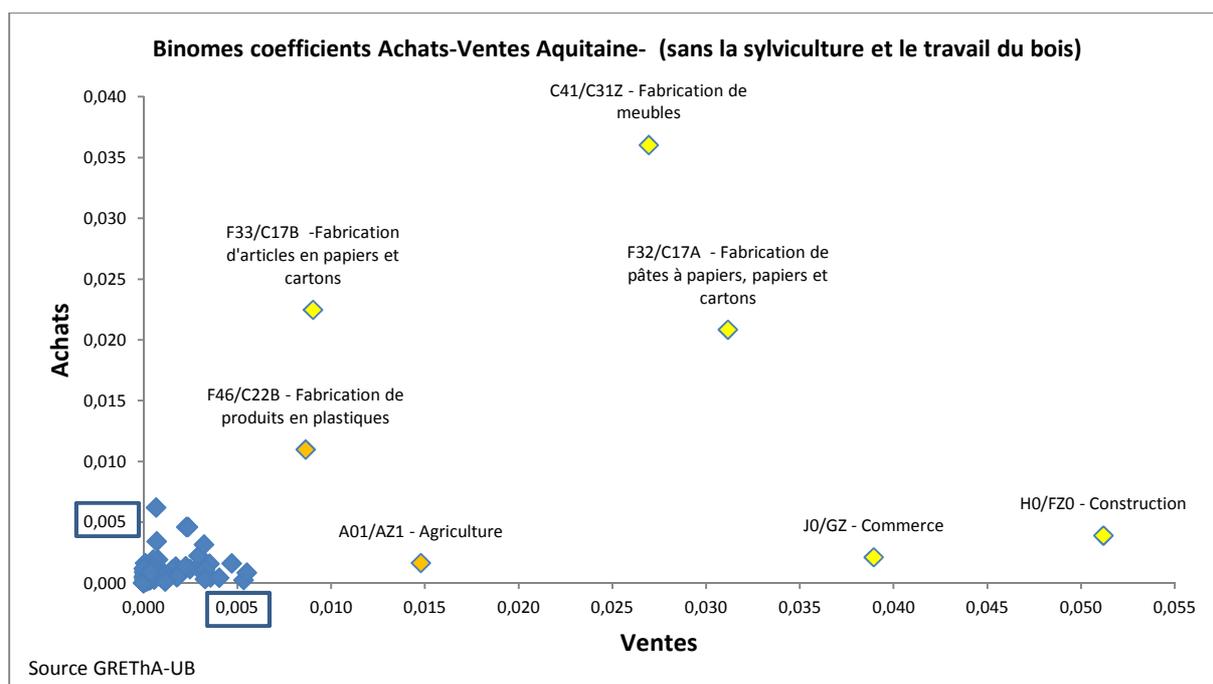
Comme au niveau national, une représentation directe des coefficients d'achats et ventes avec le produit de la branche *sylviculture et exploitation forestière* est donnée ci-après. Les *coefficients d'achats* sont représentés en ordonnées et ceux des *ventes* en abscisses.



Graphique 7 : Intensité d'échanges selon les optiques d'achats et de ventes avec les produits de la sylviculture pour l'Aquitaine

Les deux branches principales, la *sylviculture et exploitation forestière (A02/A02Z)* et le *travail du bois et fabrication d'articles en bois (F31/C16Z)*, occultent le rôle des autres branches.

Si l'on ignore comme dans le cas de la France, ces deux branches, on peut retrouver le rôle des cinq autres branches pour la filière régionale : *fabrication de pâte à papiers, de papiers et de cartons (F32/C17A)*, *fabrication d'articles en papiers ou en cartons (F33/C17B)*, *fabrication de meubles (C41/C31Z)*, avec une place particulière pour les branches *construction (H0/FZ0)* et *commerce (J00/GZ)* concernées simplement par les ventes de la sylviculture.



Graphique 8 : Intensité d'échanges selon les optiques d'achats et de ventes avec les produits de la sylviculture pour la France, (sans la sylviculture et le travail du bois)

Les coefficients des branches *agriculture (A01/AZ1)* et *fabrication de produits en plastiques (F46/C22B)* émergent bien du nuage de points de l'ensemble des autres branches. Rappelons que *l'agriculture* apparaissait déjà aux limites de la filière bois française⁴⁴. L'analyse multidimensionnelle des données va permettre de mesurer l'importance relative de la proximité de ces branches à la filière.

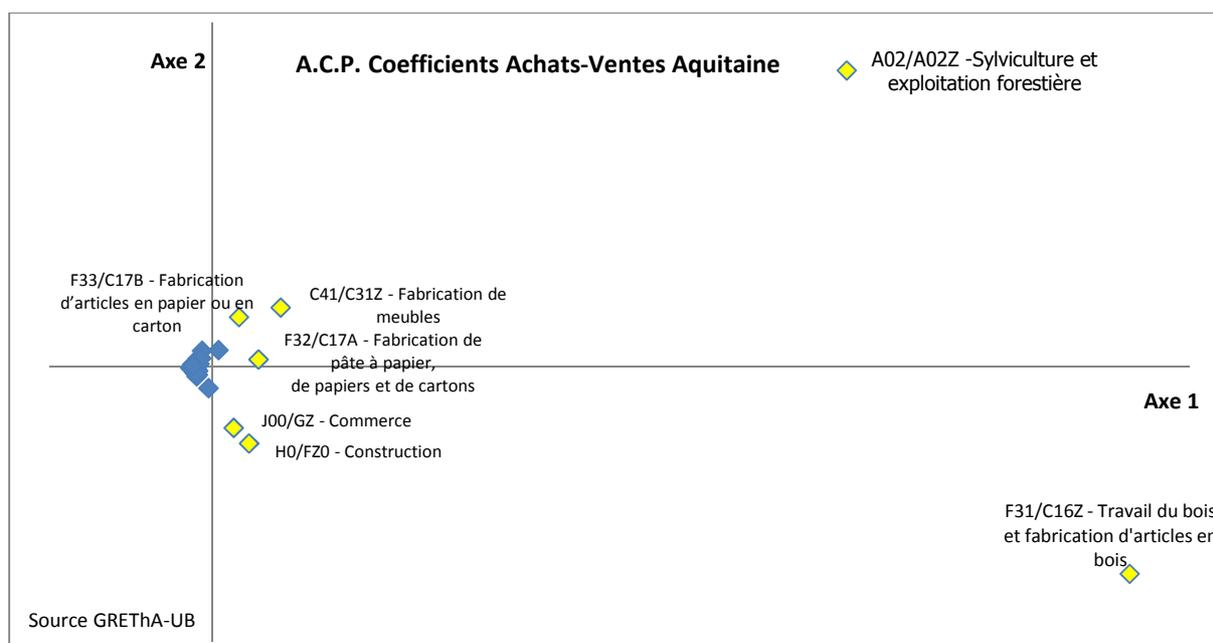
La stabilité des seuils d'appartenance des branches à la filière bois en Aquitaine.

Nous avons réalisé la même analyse en composantes principales des coefficients d'achats-ventes au niveau de l'Aquitaine. Le plan factoriel à deux facteurs de la *page suivante* extrait la totalité de l'inertie du nuage, le premier axe représente toujours la dimension achats et l'autre la dimension ventes. Le sens de représentation des axes du premier plan est toujours inversé pour être plus facilement comparé aux graphiques en nuages de points précédents.

L'axe 1 horizontal interprète toujours 96% de la variance et classe les binômes des coefficients achats-ventes selon leurs valeurs croissantes simultanées. On retrouve les sept branches principales représentées en fonction du binôme achats-ventes, avec cependant un resserrement de cinq branches autour du centre du nuage.

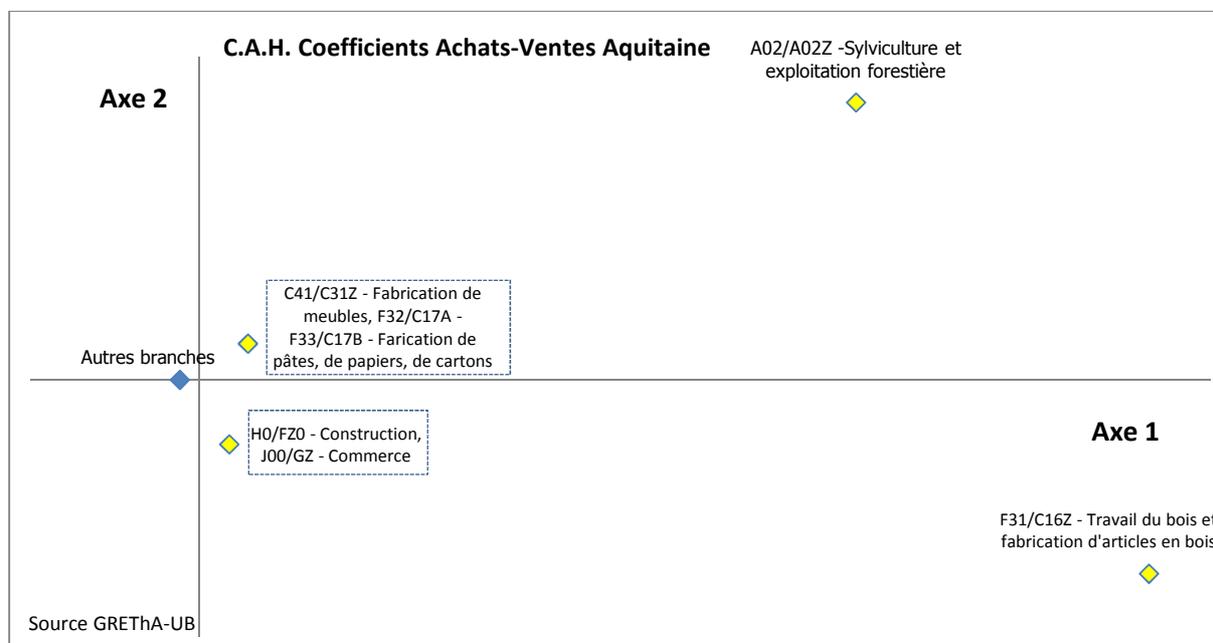
L'axe 2 de l'ACP apporte toujours une interprétation très secondaire de la variance (4%). Seules ces 7 branches apparaissent bien distinctement sur le plan factoriel. L'axe 2 oppose toujours les branches participant à la filière plutôt par la vente de produits (*travail du bois, construction, commerce*) à celles participant plutôt par l'achat (*sylviculture* pour ses propres activités de sous-traitance).

⁴⁴ A un niveau plus faible des centiles (55 pour les coefficients d'achat, 83 pour ceux des ventes).



Graphique 9 : Analyse en composantes principales des binômes d'achats et de ventes des produits de la sylviculture pour l'Aquitaine,
 Les contributions des sept branches retenues expliquent presque exclusivement l'inertie de deux axes (98 et 99%).

Afin de confirmer la stabilité de la composition de la filière, on a réalisé une classification ascendante hiérarchique. La variation interclasse des cinq classes représente 99,5% de l'inertie, une classe comprenant l'ensemble des branches ne faisant pas partie de la filière⁴⁵. L'homogénéité des classes est très importante. La CAH réalise une partition des branches de la filière, représentée par les centres de classes dans le graphique ci-dessous.



Graphique 10 : Classification ascendante hiérarchique des coefficients d'achats et de ventes des produits des branches d'activités de la sylviculture pour l'Aquitaine: représentation des centres de classes

⁴⁵ Toujours 94 branches d'activité sur 101.

Les deux branches de la *sylviculture* (A02/A02Z) et du *travail du bois* (F31/C16Z) sont toujours des classes à elles seules, compte tenu de leur poids prépondérant dans la filière bois. Les deux autres classes de la filière regroupent les trois branches de transformation (*meubles, pâtes à papiers, papiers-cartons*) et les branches finales d'utilisation ou de commercialisations des produits (*construction, commerce*). L'important coefficient des ventes pour ces deux branches est la raison de cet éloignement du centre des autres classes. Par rapport à la France, *commerce et construction* sont réunis en une classe commune.

Si l'on réduit le nombre de classes total à 4, on réunit ces deux dernières classes en une seule entité. L'ensemble redevient identique au cas français : *deux branches principales de la filière, les cinq autres branches et l'ensemble des branches restantes*.

Inversement, si l'on essaie de provoquer l'éclatement du bloc compact des 94 branches en passant à 7 classes, le groupe des 5 branches est séparé en 3 classes mais cela apporte peu d'explication supplémentaire⁴⁶. Une nouvelle classe de quelques branches, indépendante d'un bloc de 90 branches, apparaît bien, mais avec un gain d'explication de l'inertie interclasse totalement négligeable. En définitive, les analyses de sensibilité des classes de la CAH ne font pas apparaître les branches supplémentaires par rapport au niveau national comme s'écartant notablement du profil moyen des autres branches. Les deux branches, *agriculture et fabrication de matières plastiques*, dont les coefficients d'achats-ventes semblaient relativement importants ne se distinguent pas significativement de l'ensemble des autres branches externes à la filière bois Aquitaine. Ces branches semblent rester dans une logique de relations "d'échange associées" avec la sylviculture. On approfondira ce point plus loin lors de l'analyse de la cohérence des échanges entre branches d'activités.

L'analyse des intensités d'échanges directs et indirects ramenée à l'ensemble des branches d'activité détermine donc une structure de la filière bois comparable à celle du niveau français. Les binômes des coefficients d'achats-ventes des deux branches principales sont encore plus élevés dans le cas aquitain. Le poids plus important du nombre d'actifs dans ces branches en région aquitaine comparativement à la France entière explique sûrement cette accentuation du rôle de ces branches.

L'ensemble des méthodes d'analyse des données utilisées conduit donc à des résultats cohérents avec les résultats obtenus à partir des binômes des coefficients d'achats-ventes. Il faut ajouter que la région aquitaine est spécialisée dans la *sylviculture* avec un coefficient de localisation égale à 2,57, bien supérieur à l'unité. La part de la valeur ajoutée de la branche *sylviculture* dans le PIB est deux fois plus élevée dans la région aquitaine que pour la France. Cette spécialisation implique des intensités d'échanges plus fortes au niveau régional des branches avec les produits de la *sylviculture*. Analysons comment la composition de la structure de la filière bois régionale en est affectée.

La structure de la filière bois en Aquitaine

On utilise comme précédemment la décomposition de la matrice de Leontief par couches successives⁴⁷, selon une dimension modale, pour révéler les niveaux de relations d'achats-ventes des différentes branches de la filière bois entre elles. Ces niveaux sont indiqués dans le tableau 3. La lecture en ligne permet d'indiquer les intensités d'échange *en aval de la branche*, la lecture en

⁴⁶ Les *activités de papèterie* sont alors séparées de celle de *l'ameublement* et de celle des *activités de commerce et construction*.

⁴⁷ On rappelle que la décomposition de la matrice de Ghosh conduirait aux mêmes résultats.

colonne indique les intensités d'échanges *en amont de la branche*. Nous avons incorporé dans le tableau le **nombre de rangs**, qui exprime le fait que, par exemple, la *sylviculture (A02/A02Z)* vend directement ses produits à la branche *travail du bois (F31/C16Z-rang 1)*, mais qu'elle vend ses produits à la branche *fabrication de meubles (C41/C31Z-rang 2)* par l'intermédiaire d'une autre branche.

	A02/A02Z	C41/C31Z	F31/C16Z	F32/C17A	F33/C17B	H0/H0Z	J0/GZ
A02/A02Z	1	2	1	1	1	2	1
C41/C31Z		1				1	
F31/C16Z	1	1	1	1			
F32/C17A				1	1		
F33/C17B					1		
H0/H0Z						1	
J0/GZ							1

Tableau 3 : Intensités d'échanges entre les branches de la filière bois dans le cas de la région Aquitaine

À partir du tableau précédent, il est possible de visualiser la structure de la filière bois pour le cas de la région Aquitaine.

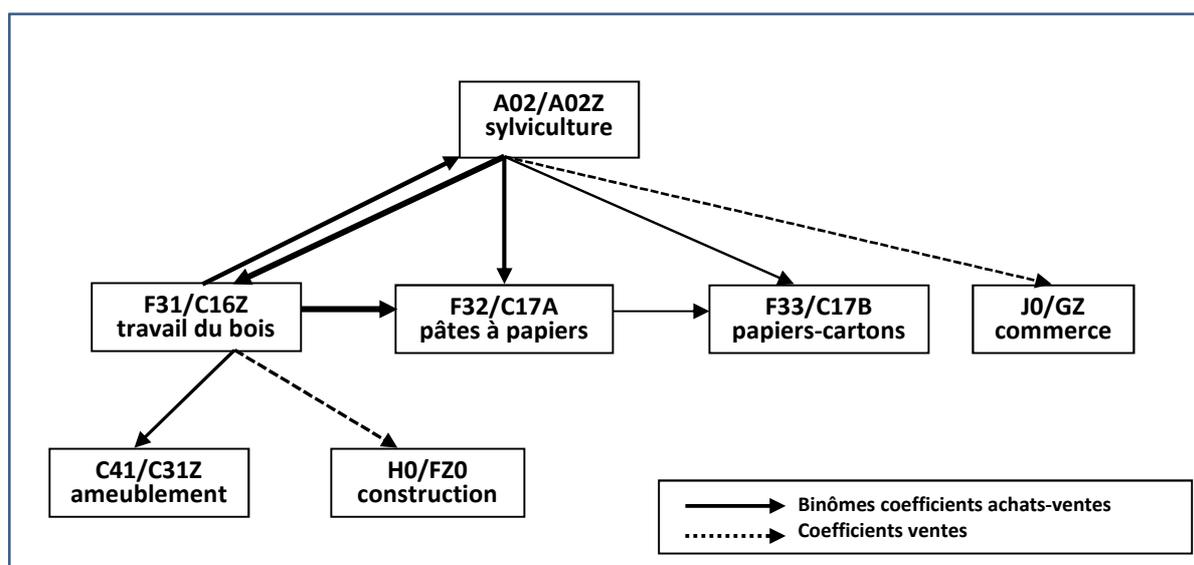


Schéma 3 : Représentation graphique de la structure d'échanges de la filière bois de la région Aquitaine

Le schéma 3 visualise, comme au niveau national, les interrelations des branches. Les destinations directes de produits concernent toujours les mêmes trois principales destinations, *travail du bois (F31/C16Z)*, *fabrication de pâtes à papiers et papiers (F32/C17A)* et *fabrication de papiers-cartons (F33/C17B)*. L'intégration d'activités de première et deuxième transformation au sein d'une même branche reste une limite à la détermination des rangs d'appartenance des branches, comme pour les branches *travail du bois* et *fabrication de pâtes à papiers et papiers*. La branche *fabrication de meubles (C41/C31Z)* est toujours destinataire des produits via la branche *travail du bois (F31/C16Z)*.

Apparaissent simplement comme spécifiques par rapport au niveau national les échanges inverses entre la branche *travail du bois (F31/C16Z)* et la *sylviculture (A02/A02Z)* et ceux directs avec la branche

fabrication de pâtes à papiers et papiers (F32/C17A). La place en premier rang de la branche *fabrication de papiers-cartons (F33/C17B)* ressort des mêmes explications que pour le cas Français.

L'analyse de l'intensité des échanges directs et indirects des branches, via les coefficients d'achats-ventes, à partir d'un *produit constitutif de la filière*, se confirme comme une méthodologie fiable de détermination des filières au niveau régional. Elle conforte la pertinence d'un seuil de valeur générale des binômes de coefficients d'achats-ventes.

L'analyse de la cohérence des échanges de la filière bois aquitaine au sein de l'économie régionale, via les binômes des coefficients d'achats-ventes.

Comme au niveau national, on peut constater que le produit de la **branche sylviculture (A02/A02Z)** est bien le **produit le plus en amont** de la filière bois dans la matrice des coefficients d'achats; la branche sylviculture n'est pas elle-même acheteuse de façon importante d'un autre produit en amont. La démarche méthodologique retenue reste donc valable pour une économie décentralisée.

Dans les deux matrices de coefficients, on relève peu d'échanges significatifs si l'on fait abstraction, comme au niveau national, des échanges internes à la branche très importants (centile 99), toujours en liaison avec la forte sous-traitance propre à cette branche d'activité. On note deux autres coefficients significatifs, ceux des échanges avec l'**agriculture (A01/A01Z)** et ceux des ventes de la branche **fabrication de matériels agricoles**⁴⁸ (E25/C28.3). Le seul point original par rapport aux échanges nationaux réside dans les échanges, de faible intensité, constatés de la branche *travail du bois* vers la *sylviculture*. Il est difficile ici d'avancer des explications simples sur ce point sans des études approfondies des échanges régionaux⁴⁹.

Pour les branches *directement acheteuses du produit de la sylviculture*, assurons nous que ce produit est l'intrant principal dans l'activité de transformation ou que *la liaison est forte avec la branche amont*. Cette analyse du niveau d'échanges entre branches externes à la filière bois régionale va permettre d'enrichir l'analyse des interactions entre filières et d'éclairer, comme dans le cas Français, la question des branches d'activités situées aux limites de la filière.

La branche **travail du bois (F31/C16Z)** utilise de **façon unique en achats** la ressource ligneuse dans ses activités⁵⁰, sans compter les échanges internes à la branche. Le coefficient d'achat avec la sylviculture est extrêmement élevé puisqu'il fait partie des *quelques coefficients les plus élevés*. Dans la matrice des 10% des coefficients de ventes **T** les plus élevés, apparaît la **fabrication de machines spécifiques (E27/C28.9)**⁵¹, ce qui est très cohérent avec cette industrie de transformation mécanisée. *La liaison « monospécifique » avec la sylviculture est encore plus accentuée qu'au niveau national.*

⁴⁸ On pense aux tracteurs forestiers naturellement. On ne revient pas sur le rôle de la branche commerce, via les marges commerciales.

⁴⁹ Par exemple, la maîtrise de l'exploitation forestière des coupes de bois par certaines entreprises de la branche *travail du bois* pourrait être une explication.

⁵⁰ Rappelons que cette branche comprend également les *industries de fabrication de panneaux de tous types et les activités de transformation des produits d'emballages, de menuiserie et de charpentes*, correspondant aux différents produits détaillés dans la NAF 700.

⁵¹ On néglige ici les activités de service.

Analysons maintenant les échanges de la **branche fabrication de pâtes à papiers, de papiers et cartons (F32/C17A)**. Sa place dans la filière bois régionale est plus affirmée qu'au niveau national. Ses coefficients d'échanges avec la *sylviculture* sont très importants⁵². D'autre part les échanges avec les produits issus de *l'industrie chimique* sont beaucoup moins significatifs qu'au niveau français⁵³.

Seules les **fournitures énergétiques (G21/D35A)** atteignent le critère retenu au niveau régional.

Par contre les échanges, assez faibles au niveau national, avec la *branche travail du bois* deviennent importants au niveau régional, que ce soit pour les achats ou les ventes⁵⁴. Les échanges inverses sont par contre non significatifs. On a donc un renforcement des échanges de la *sylviculture avec le premier niveau de transformation de la filière régionale*, même si la *dépendance économique à la ressource ligneuse* est plus affirmée pour le **travail du bois** que pour les **industries papetières**. Comme pour la France les échanges internes à la *branche F32/C17A* sont très élevés⁵⁵.

Observons ensuite la place des branches de 2^{ème} transformation respectant le critère du binôme des coefficients d'achats-ventes appartenant au centile 90, la *fabrication de meubles* et celle de *papiers-cartons*.

La *branche fabrication de meubles (C41/C31Z)* garde le 2^{ème} coefficient d'achat avec le produit sylvicole, derrière la *branche travail du bois*. Il est cependant normal que le coefficient d'achats avec la *branche du travail du bois* soit beaucoup plus important (centile 99), ceci étant bien sûr totalement cohérent avec le processus de transformation de la ressource naturelle, la *branche fabrication de meubles* étant une *branche de 2^{ème} transformation*, les échanges passent par une *branche intermédiaire*⁵⁶.

Les coefficients de ventes de produits à la *branche meubles* font apparaître les mêmes branches que pour la France, on retrouve bien, à côté de la *branche travail du bois* les mêmes produits complémentaires, vendus de façon importante, venant des *branches de fabrication de textiles naturels ou artificiels (F31/C13Z) et celle de matières plastiques (F46/C28B)*. La *branche fabrication de meubles* s'insère donc parfaitement dans la filière bois. S'ajoutent bien sûr, à un niveau plus faible, différentes activités de services.

La *branche fabrication d'articles en papiers et en cartons (F33/C17B)*, si elle est liée significativement avec les achats de produit sylvicole (centile 96), a surtout un très fort coefficient d'achat (centile 99) avec la **fabrication de pâtes à papiers et de papiers** dont nous venons d'analyser les échanges. Toujours comme pour la *branche fabrication de meubles*, on pourrait penser à une activité de 2^{ème} transformation. *Mais, comme dans le cas français, cette branche a des coefficients d'achats et de ventes avec la sylviculture importants (centiles supérieur à 94)*. L'analyse de la structure des échanges menés dans la partie précédente privilégie toujours une liaison directe avec la *sylviculture*. Les autres produits manufacturés achetés par cette *branche* sont d'ailleurs limités en provenance directe de la *branche travail du bois*, et secondairement de celle de *l'industrie chimique (F42/C20.1)* et celle de

⁵² Centile 96 pour les achats, 98 pour les ventes.

⁵³ Le coefficient d'achats appartient au centile 86 seulement.

⁵⁴ Centile 96. La teneur de ces échanges serait à approfondir (poids des connexes de sciages dans les échanges...)

⁵⁵ La part de papiers et cartons recyclés reste très importante, même si les usines régionales utilisent plus de ressources de résineux pour des raisons de proximité de la ressource et de contraintes techniques inhérentes à la fabrication des papiers et cartons d'emballage.

⁵⁶ Des échanges sont également à noter avec la *fourniture de produits métalliques*.

l'énergie (G21/D35). Les ventes à cette branche se limitent essentiellement à des produits provenant de la fabrication de pâtes à papiers. Les autres achats et ventes concernent des activités de services.

Une analyse des activités amont de transformation directe de la ressource ligneuse régionale serait nécessaire pour clarifier ce point. Remarquons que par rapport au cas Français on constate une intensité d'échanges plus forte entre les branches de la filière bois, signe sûrement d'une véritable interdépendance de ces activités. Cependant ces conclusions restent dépendantes de la construction du TES régional et des hypothèses simplificatrices retenues, la référence restant les résultats obtenus au niveau national.

La branche **construction** (H0/FZ0) apparaît comme très importante pour les ventes de la sylviculture, avec un coefficient de vente appartenant au centile 99. Par contre le coefficient d'achat, même s'il est loin d'être négligeable n'atteint pas le seuil du centile 90⁵⁷. Les seuls coefficients d'achats importants pour la **construction**, outre les propres échanges internes à la branche, concernent trois branches fournisseuses de matériaux, que ce soit celle de **produits métalliques pour la construction** (E21/C25A), de **matériaux de construction** (F12-F14/B08Z), mais aussi de produits bois transformés par la branche **travail du bois**, confirmant l'importance de ces produits bois dans le cycle de production de la branche H0/FZ0.

Vu du côté des branches vendeuses de produits, la branche construction est le débouché naturel de la plupart des produits régionaux pour plus de la moitié des branches manufacturières. Parmi elles le poids des trois types de matériaux précédents (produits métalliques, d'extraction, issus du bois) est prépondérant. Le lien avec la filière bois est donc bien avéré.

Pour la filière bois, la construction sera donc bien une activité de 2^{ème} transformation sachant qu'elle sera un débouché important pour la plupart des produits manufacturiers, mais aussi les activités de services financières ou commerciales, sans qu'il soit licite de considérer un lien exclusif de ces branches avec une filière en particulier. Pour mémoire la branche **commerce** (J00/GZ) sera un débouché pour les ventes des produits de la sylviculture.

Reprenons la question des deux branches situées aux limites de la filière après cette mise en perspective des interrelations des branches de la filière bois d'Aquitaine avec l'ensemble du tissu économique régional. La classification ascendante hiérarchique avait déjà montré que ces deux branches, l'**agriculture** (A01/A01Z) et la **fabrication de matières plastiques** (F46/C22B) étaient plus proches de l'ensemble des branches hors filière que des branches de la filière.

La situation de la **branche agricole** (A01/A01Z) reste identique au cas français avec seulement un coefficient de vente de la sylviculture très important. Comme pour la France, il existe une filière agricole à part entière, les produits agricoles étant les plus amont de cette filière. On considèrera qu'il s'agit « d'activités associées » à la filière bois, de débouchés pour des produits peu transformés directement commercialisés, compte tenu de la proximité territoriale des activités.

En ce qui concerne la branche **fabrication de matières plastiques** (F46/C22B), les deux coefficients d'achats et de ventes répondent au critère du centile 90. Si l'on analyse les échanges de cette branche, on constate qu'elle appartient à une filière de la chimie dont le produit le plus amont serait

⁵⁷Il appartient au centile 84 cependant.

celui de *l'industrie chimique*⁵⁸. On serait donc dans le cas d'une spécificité régionale. Il est cependant très difficile d'apporter une explication pratique simple à ces résultats. L'analyse de la nomenclature détaillée des produits nous éclaire peu sur les activités qui utiliseraient directement les produits de la sylviculture ou des produits semi-transformés, car les coefficients d'achats-ventes avec la branche travail du bois sont aussi significatifs⁵⁹. On sait que des activités de transformation spécifiques existent en Aquitaine⁶⁰, le pin maritime étant propice à des usages tournés vers la chimie, mais Il faut cependant tenir compte des effets éventuels dus à la construction du TES régional sur l'accentuation du niveau des échanges au niveau régional. Les échanges de cette branche au niveau national étant aussi loin d'être négligeables, c'est donc une voie de réflexion et d'approfondissement qui est ouverte aux acteurs de la filière pour analyser et comprendre la complexité et la richesse des échanges potentiels en cause avec les activités relevant d'une filière de la chimie que ce soit au niveau régional ou au niveau national.

La question est différente pour des activités comme *l'édition, l'imprimerie et la reproduction (C20/C18Z)*. Comme au niveau français, les liens directs ou indirects avec le produit de la sylviculture ne donnent pas de coefficients appartenant au centile 90, même s'ils s'en approchent dans le cas Aquitain⁶¹. Les coefficients d'achats et de ventes sont par contre *importants avec les deux branches papetières au sens large (F32/C17A - F33/C17B)*, ou la *parachimie (F43/C20.2)* comme pour la France.

Des liens sont donc avérés avec des produits d'origine ligneuse *déjà transformés*. Comme pour la France, l'incorporation importante d'intrants *hors filière bois* lors du processus de transformation des *papèteries et fabricants de papiers-cartons*, éloigne cette branche d'activités de la filière bois régionale dans le cadre méthodologique retenu. Cependant compte tenu des forts coefficients la reliant aux branches papetières (centile 99 pour la F32/C17A), on la placera dans le schéma suivant en limite de filière, ce type de branche pouvant être vu comme le lieu de convergence de plusieurs filières de produits.

Nous avons déjà signalé les activités économiques de service comme les *activités financières*, seront partagées entre les filières et elles ne peuvent être rattachées spécifiquement à une filière particulière.

Enfin, comme pour la France, quelques branches sont des débouchés significatifs pour la plupart des produits manufacturés, dont ceux de la sylviculture à un niveau assez faible. La mise en perspective de l'ensemble des coefficients d'échanges significatifs des matrices **S** et **T** permet dans ces cas de clarifier l'appartenance réelle à une filière donnée.

Le schéma de la page suivante illustre ce que pourraient être les interactions de la filière avec les branches échangeant de façon importante avec cette dernière tout en pouvant appartenir à une autre filière.

⁵⁸ Dite "organique". Les coefficients d'achats et de ventes de la *fabrication de matières plastiques à l'industrie chimique (F42/C20.1)* appartiennent au centile 99.

⁵⁹ Centiles supérieurs à 95.

⁶⁰ Chimie verte, bois composites,...

⁶¹ Centile 86 pour les ventes et 77 pour les achats.

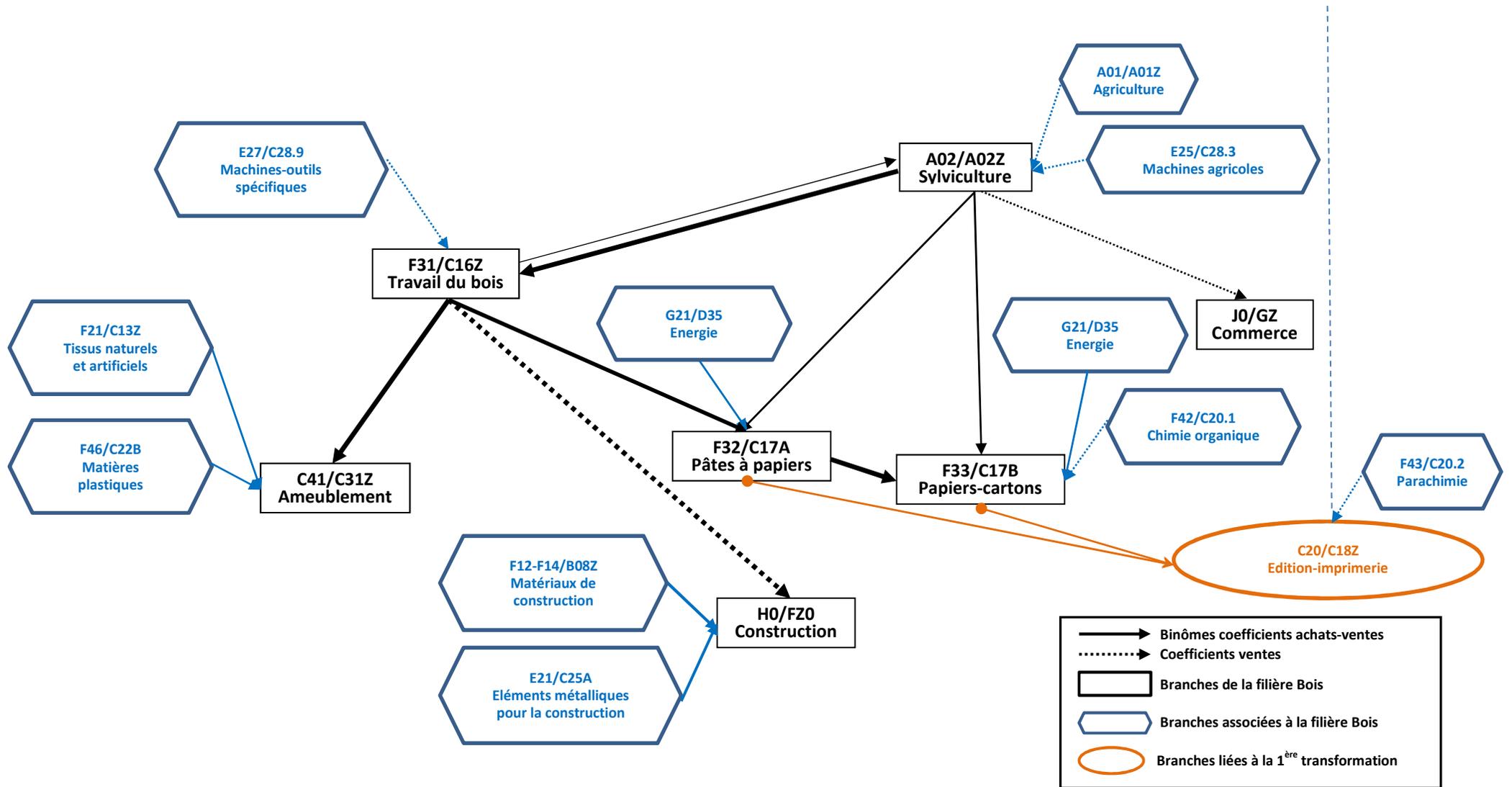


Schéma 4 : Schéma de représentation étendue des échanges de la filière bois en Aquitaine.

Conclusion

Au terme de ce travail, on confirme l'intérêt de la démarche théorique utilisée au travers des coefficients d'achats-ventes, obtenus à partir des matrices de Leontief et de Ghosh, pour l'analyse des filières technico-économiques. Bien sûr, des limites apparaissent compte tenu du niveau de décomposition trop faible des activités dans la comptabilité nationale, entraînant la réunion d'activités de transformation technique que l'on souhaiterait séparées en branches d'activités distinctes.

Cette étude a été l'occasion de développer davantage la méthodologie de construction des ensembles de branches à fortes interactions d'échanges économiques. Dans un premier temps, nous avons clarifié l'utilisation des modèles input-output dans la construction d'une filière. Nous avons montré que les modèles de Leontief et de Ghosh pouvaient être utilisés simultanément afin de calculer respectivement les intensités d'achats et de ventes. En effet, leur utilisation à des fins descriptives n'implique pas une modification de la structure productive contrairement à des études d'impacts ou de simulation. De plus, les études empiriques ont démontré qu'une stabilité de la structure productive implique une stabilité conjointe à court et moyen terme des coefficients techniques et des coefficients de débouchés.

La détermination des branches d'une filière repose sur la valeur des binômes achats-ventes des coefficients d'échanges. Le choix d'un seuil d'échange significatif entre branches ne dépend pas d'une référence théorique. La répartition par quantiles de l'ensemble des valeurs permet de déterminer un niveau d'intensité des échanges que l'on va juger significatif. L'approche en termes de produit le plus amont de la filière s'impose, compte tenu de la grande taille des matrices de coefficients. Conforté par l'analyse intrinsèque des valeurs des coefficients ou par des méthodes d'analyse de données, un ensemble de coefficients d'achats-ventes significatif est déterminé pour la filière analysée.

Nous avons également démontré que l'utilisation de la moyenne, afin de déterminer la distance économique entre deux branches d'une même filière (méthode de propagation moyenne), n'est pas un bon indicateur pour analyser la structure de la filière, car elle est sujette aux valeurs extrêmes. La valeur modale semble plus appropriée pour calculer la distance économique entre deux branches d'activités d'une même filière (méthode de propagation modale).

Enfin, il est apparu que l'approche selon le produit le plus amont devait être confrontée à l'étude des échanges des branches aval de la filière avec les autres branches externes dès le stade de la première transformation. En effet cette analyse permet de comprendre comment des branches, appartenant à d'autres filières, participent de façon significative par leurs produits aux différentes étapes de transformation des produits de la filière.

Ce travail sur la filière bois au niveau national et régional est l'occasion de démontrer l'intérêt des études de filières à un niveau délocalisé. Les caractéristiques d'une filière peuvent changer entre une nation et une région, car les coefficients régionaux peuvent être différents des coefficients nationaux. Cette différence peut être expliquée par des spécificités régionales provenant aussi bien de la technologie des branches d'activités que de la structure productive. Il est important de noter que ces études descriptives sont le plus souvent une première étape permettant de développer par la suite des scénarios de développement de la filière.

Bibliographie

- Albino V., Izzo C., Kühtz S. (2002) Input-output models for the analysis of a local/global supply chain, *International Journal of Production Economics*, 78, 119-131.
- Aragon F.M., Rud J.P. (2013) Natural Resources and Local Communities: Evidences from a Peruvian Gold Mine, *American Economic Journal: Economic Policy*, 5(2), 1-25
- Ashby A., Leat M. Hudson-Smith M. (2012) Making connections: a review of supply chain management and sustainability literature, *Supply Chain Management: An International Journal*, 17, 497–516
- Augustinovics M.A. (1970) Methods of international and intertemporal comparison of structure. In: A.P. Carter and A.Brody, *contributions to input-output analysis*, Amsterdam: North Holland.
- Auray J.P. (1984) Filière de production et structure prétopologiques, *Cahiers de l'ACE*, n°1
- Bon R. (1986) comparative stability analysis of demand-side and supply-side input-output models, *International Journal of Forecasting*, 2, 231-235
- De Mesnard L. (2009) Is the Ghosh model interesting?, *Journal of Regional Science*, 49, 2, 361-372.
- Dieztenbacher E., Romero I., Bosma N.S. (2005) Using average propagation lengths to identify production chains in the andalusian economy, *Estudios de Economía Aplicada*, 23, 405-422
- Dieztenbacher E., Romero I. (2007) Production Chains in an Interregional Framework: Identification by Means of Average Propagation Lengths, *International Regional Science Review*, 30, 362-383
- Ehret H. (1970) Die Anwentbarkeit von Input-Output Modellen als Prognose Instrument, Berlin:Dunkler and Humblot.
- Flegg A.T., Webber C.D. (1997) On the appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input-Output Tables: Reply, *Regional Studies*, 31, 795-805
- Giarratani F. (1981) A supply-constrained interindustry model: Forecasting performance and an evaluation. In: W.Buhr and P.Friedrich, *Regional development under stagnation*, Baden-Baden: Nomos Verlag.
- Goetz Renan U., Hritonenko N, Mur R, Xabadia A, Yatsenko Y (2013) Forest management for timber and carbon sequestration in the presence of climate change: The case of Pinus Sylvestris, *Transaction Costs and Environmental Policy*, 88, pp. 86-96.
- Gruver G.W. (1989) On the plausibility of the supply-driven input-output model: a theoretical basis for input coefficient change, *Journal of Regional Science*, 29, 441–450.
- Martin J.C., Malfait J.J., Pajot G. (2011) Analyse économique des processus d'émission des gaz à effet de serre de la filière forêt-bois d'Aquitaine, *Les rapports de recherche du GREThA – Environnement 2011*
- Martin J.C., Point P. (2011) Construction of linkage indicators of greenhouse gas emissions for Aquitaine region, *Les cahiers du Gretha*, n°2011-05
- Martin J.C. (2010) Impacts économiques d'une politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour la région Aquitaine, thèse, Université Montesquieu-Bordeaux IV

- Miller R.E., Blair P.D. (2009) input-output analysis: foundations and extensions, Cambridge University Press
- Monfort J.A. (1983) A la recherche des filières de production, *Economie et statistique*, 151, 3-12
- Oosterhaven J. (1988) On the plausibility of the supply-driven input-output model, *Journal of Regional Science*, 28, 203-271
- Oosterhaven J. (1989) The supply-driven input-output model: a new interpretation but still implausible, *Journal of Regional Science*, 29, 459-465
- Peeters L., Tiri M., Berwert A. (2001) Identification of techno-economic clusters using input-output data: application to Flanders and Switzerland. In: Hertorg P.D., Reme S., *Innovative Clusters: Drivers of National Innovation Systems*, OECD, 251-268
- Rainelli M. (1991) Les filières de production dans Arena, Benzoni et al. *Traité d'économie industrielle*, Paris, Economica, 222-226
- Rose A. (1995) Input-output economics and computable general equilibrium models, *Structural Change and Economic Dynamics*, 6, 295-304
- Rose A., Allison T. (1989) On the plausibility of the supply-driven input-output model: empirical evidence on joint stability, *Journal of Regional Science*, 29, 451-458
- Rouillon S. (2013) A simple characterization of the optimal extraction policy of a non-renewable resource when extraction cost is stock-independent, *Energy Economics*, 37, 100-103
- Round J.I. (1978) An interregional input-output approach to the evaluation of nonsurvey methods, *Journal of Regional Science*, 18, 179-94
- Schulze W.D. (1974) The optimal use of non-renewable resources: the theory of extraction, *Journal of Environmental Economics and Management*, 1, 53-73
- Seuring S., Müller M. (2008) From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management, *Journal of Cleaner Production*, 16, 1699-1710
- Skonhøft A., Vestergaard N., Quaas M. (2012) Optimal Harvest in an Age Structured Model with Different Fishing Selectivity, *Environmental and Resource Economics*, 51(4), 525-544
- Titze M., Brachert M., Kubis A. (2011) The identification of regional industrial clusters using qualitative input-output analysis, *Regional Studies*, 45, 89-102
- Torre A. (1986) Le problème des priorités industrielles et la détermination des industries motrices, *Mondes en développement*, tome XIV, n°56
- Torre A. (1988) Une approche industrielle des déstructurations internes des processus de production, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°3
- Twomey J., Tomkins J.M. (1996) Supply chains, Material Linkage and Regional Development, *Urban studies*, 33, 937-954
- West G.R.(1995) Comparison of Input-Output, Input-Output Econometric and Computable General Equilibrium Impact Models at the Regional Level, *Economic Systems Research*, 7, 209-227
- Zhang Y. (2010) Supply-side structural effect on carbon emissions in China, *Energy Economics*

Cahiers du GREThA

Working papers of GREThA

GREThA UMR CNRS 5113

Université de Bordeaux
Avenue Léon Duguit
33608 PESSAC - FRANCE
Tel : +33 (0)5.56.84.25.75
Fax : +33 (0)5.56.84.86.47

<http://gretha.u-bordeaux.fr/>

Cahiers du GREThA (derniers numéros – last issues)

- 2015-05 : RAITERI Emilio, *Un temps pour nourrir ? Evaluer l'effet des marchés publics innovants sur la généralité technologique à partir des données de brevet*
- 2015-06 : FERRARI Sylvie, *Fondements et enjeux bioéconomiques de la durabilité: L'apport de Nicholas Georgescu-Roegen*
- 2015-07 : FERRARI Sylvie, *De la Bioéconomie à la Décroissance : proximités et distances entre Nicholas Georgescu-Roegen et Serge Latouche*
- 2015-08 : CLEMENT Matthieu, BONNEFOND Céline, *Does social class affect nutrition knowledge and food preferences among Chinese urban adults?*
- 2015-09 : LEVASSEUR Pierre, *Causal effects of socioeconomic status on central adiposity: Evidence using panel data from urban Mexico*
- 2015-10 : BERGE Laurent, *Network proximity in the geography of research collaboration*
- 2015-11 : MAVEYRAUD Samuel, *The international contagion of short-run interest rates during the Great Depression*
- 2015-12 : ROUGIER Eric, *"The parts and the whole": Unbundling and re-bundling institutional systems and their effect on economic development*
- 2015-13 : BEDU Nicolas, VANDERSTOCKEN Alexis, *L'impact des subventions régionales à la R&D: le cas des PME aquitaines*
- 2015-14 : URSU Eugen, PEREAU Jean-Christophe, *Application des processus périodiques auto-regressifs à la modélisation des débits de la Garonne*
- 2015-15 : LE HERON Edwin, MAROUANE Amine, *Une histoire de la modélisation post keynésienne Stock-Flux Cohérente contemporaine*
- 2015-16 : KAMDEM Edwige, *Incertitude et politique monétaire dans la zone CEMAC*
- 2015-17 : BLANCHETON Bertrand, *Towards a tacit low-degree independence central banking model ?*
- 2015-18 : BECUWE Stéphane, BLANCHETON Bertrand, MEISSNER Christopher, *France's international insertion strategy in globalization in long run perspective 1836-1938*