

ANALYSE ECONOMIQUE DES PROCESSUS D'EMISSION DES GAZ A EFFET DE SERRE DE LA FILIERE FORET-BOIS D'AQUITAINE

Jean Christophe MARTIN - Jean Jacques MALFAIT - Guillaume PAJOT

Réalisé avec le soutien financier de la Région Aquitaine



Les rapports de recherche du GREThA - Environnement

2011

Présentation

Dans le cadre du contrat "Durabilité du système de production forêt-bois d'Aquitaine dans un environnement changeant : analyse, évaluation et adaptation" soutenu financièrement par la région Aquitaine, la compréhension des mécanismes pouvant aider à la mise en œuvre de la séquestration du carbone et de la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre dans la filière bois est au cœur de la réflexion¹.

La maîtrise des émissions de gaz à effet de serre est en effet complémentaire des politiques de séquestration du carbone. Elle entre dans le cadre des plans climats en particulier régionaux.

D'autre part les politiques de substitution de matériaux peuvent également contribuer à diminuer les émissions globales en "évitant les émissions associées au processus productif".

Ce travail est à replacer dans la perspective de la prise en compte éventuelle de la séquestration du carbone des produits bois dans le cadre des mécanismes de régulation post-Kyoto des émissions de gaz à effet de serre.

¹ *Cette recherche a bénéficié du soutien financier de la région Aquitaine dans le cadre d'une allocation postdoctorale numéro 20071204002 sur "l'analyse des émissions de gaz à effet de serre du système de production forêt-bois d'Aquitaine" et du contrat de recherche numéro 2007-1204002 sur la "Durabilité du Système de production forêt-bois d'Aquitaine dans un environnement changeant".*

SOMMAIRE

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUCTION | 2 |
| 1. FONDEMENTS DE L'ANALYSE ENTREE-SORTIE ET CONSTRUCTION D'UN TABLEAU D'ENTREE-SORTIE REGIONALISE | 4 |
| 1.1. ARCHITECTURE GENERALE DU TES ET LA DETERMINATION DES COEFFICIENTS TECHNIQUES | 4 |
| 1.2. CONSTRUCTION D'UN TABLEAU D'ENTREE-SORTIE REGIONALISE | 6 |
| 1.2.1. Fonctionnement d'un TES et spécificités du TES français | 7 |
| 1.2.2. Détermination générale des variables régionalisées | 9 |
| 1.3. L'ABSENCE D'IMPORTATIONS INTER-REGIONALES DES ACTIVITES DE 1° TRANSFORMATION DE LA FILIERE FORET-BOIS AQUITAINE .. | 13 |
| 1.4. CONSTRUCTION D'UN INVENTAIRE DES EMISSIONS DE GES POUR LA REGION AQUITAINE..... | 15 |
| 2. ANALYSE ECONOMIQUE DE LA PRODUCTION ET DES EMISSIONS DE GES DE LA FILIERE BOIS AQUITAINE | 18 |
| 2.1. INTERDEPENDANCE ECONOMIQUE DES BRANCHES DE LA FILIERE BOIS | 18 |
| 2.2. EFFETS DIRECTS DES ACTIVITES ECONOMIQUES ET DES EMISSIONS DE GES DES BRANCHES DE LA FILIERE BOIS | 22 |
| 2.2.1. Les indicateurs caractérisant l'activité économique | 22 |
| 2.2.2. Les indicateurs d'émission de gaz à effet de serre | 24 |
| 2.3. INDICATEURS INTERNES DE MESURE DE L'ACTIVITE ECONOMIQUE DE LA FILIERE : LES INDICATEURS D'EFFET D'ENTRAINEMENT | 25 |
| 2.3.1. Le calcul des multiplicateurs régionaux de production et d'émissions de GES | 26 |
| 2.3.2. L'analyse des secteurs clés | 27 |
| 2.4. LES ECHANGES DE PRODUITS ET D'EMISSIONS DE GES AU TRAVERS DES BLOCS D'ACTIVITE | 30 |
| 2.4.1. Les effets sur la production régionale | 30 |
| 2.4.2. Les effets sur l'emploi | 33 |
| 2.4.3. Les effets sur les émissions de GES régionales | 34 |
| 2.4.4. Le montant des échanges de produits et d'émissions de GES entre les différents blocs de la filière .. | 35 |
| 2.4.5. Analyse synthétique de la production et des émissions de GES de la filière bois Aquitaine | 38 |
| 2.5. POIDS ET SPECIALISATION REGIONALE DANS LES PRODUITS DE TRANSFORMATION DE LA FILIERE BOIS..... | 41 |
| 2.5.1. Poids des produits bois dans la production des branches de la filière bois | 41 |
| 2.5.2. Spécialisation régionale dans les produits bois | 42 |
| 2.6. ANALYSE DE POLITIQUES INCITATRICES A L'UTILISATION DES PRODUITS BOIS | 44 |
| 2.6.1. Comparaison des effets de l'augmentation de la demande finale sur les productions de la filière bois Aquitaine et Française | 47 |
| 2.6.2. Comparaison des effets de l'augmentation de la demande finale sur l'emploi et les émissions de GES de la filière bois Aquitaine | 48 |
| CONCLUSION | 51 |
| BIBLIOGRAPHIE | 56 |
| GLOSSAIRE | 58 |
| TABLE DES ANNEXES | 62 |

Introduction

La mise en place de politiques incitatives à la séquestration de carbone et à la maîtrise des émissions au niveau de la région Aquitaine suppose de pouvoir comprendre quelles sont les interactions économiques et technologiques entre la filière bois papier, acteur majeur de la séquestration de carbone forestier, et les autres filières de l'économie régionale. Une analyse désagrégée de la production et de la création de richesses permet ce type d'analyse. Ainsi les tableaux entrées-sorties semblent particulièrement appropriés ; ils permettent notamment d'appréhender quelles sont les interrelations entre branches d'activité de l'économie.

A l'étranger, de nombreux pays ont mobilisé des modèles appuyés sur des comptes économiques régionaux. Ainsi, aux Etats-Unis, le BEA (Bureau of Economic Analysis) livre chaque année des résultats détaillés pour chaque Etat dont les politiques sont systématiquement évaluées grâce à des modèles comme REMI (Treyz et al., 1991) ou IMPLAN. Les Pays-Bas, l'Espagne ou encore le Maroc disposent également d'outils de comptabilité économique régionale.

Malheureusement, de telles analyses ne sont pas publiées de façon régulière et systématique au niveau régional en France. Ponctuellement, toutefois, quelques études sont disponibles ; on citera notamment le travail pionnier de Bauchet (1955) sur la région Lorraine, les investigations de Favier sur le département de l'Aube, de Boca pour la région du Nord et de Jouandet Bernandat pour le département de la Gironde (1963) et la Région Aquitaine (1966). Ces travaux s'inscrivaient dans un contexte où planification et centralisation étaient les principes directeurs des politiques économiques.

De son côté, l'INSEE s'était engagé dans des travaux précurseurs dans le développement d'indicateurs agrégés reflétant les économies régionales, permettant de les comparer et d'en étudier les évolutions. L'ambition était aussi de fournir des éléments de guidage des politiques économiques, dont l'évaluation, au travers de comptes économiques régionaux, serait source d'une information à la fois riche et synthétique et tout à fait pertinente dans le contexte actuel où une part importante de la gestion économique s'opère en dehors du budget de l'Etat². Ces deux missions peuvent être servies par deux approches : l'approche dite "produit" et l'approche dite "comptable". L'approche "produit" est matérialisée par un Tableau d'Entrées Sorties (TES) tandis que l'approche "comptable" l'est par un Tableau Economique d'Ensemble (TEE). L'INSEE a opté pour l'approche "comptable"³.

² On souligne ici que les dépenses des collectivités territoriales (régions, départements, communes et groupements à fiscalité propre) ont dépassé (en 2004) 75% du montant des dépenses de l'Etat, hors transfert aux collectivités territoriales et hors service de la dette (Observatoire des Finances locales et le Ministère de l'Economie et des Finances).

³ Depuis 1963, l'INSEE développe les éléments d'une comptabilité régionale en estimant quelques modules du tableau économique d'ensemble, notamment le compte des administrations publiques et le compte de revenu des ménages. Ces comptes sont les plus faciles à évaluer car ces agents concernés sont aisément localisables et mono régionaux. Mais ces TEE restent incomplets.

La réticence à utiliser une approche "produit" pour la comptabilisation régionale s'explique par deux raisons :

- pour travailler au niveau régional, il faudrait raisonner en termes d'établissement alors que la comptabilité nationale raisonne en termes d'entreprise⁴. Par ailleurs, les frontières des régions étant virtuelles, il existe une difficulté de comptabilisation des échanges entre les régions. Il n'existe en effet pas de "contrôle douanier" permettant d'inventorier les importations et exportations entre les régions.

- de plus, cette approche comptable ne permet pas d'analyser les interactions techniques et économiques entre les différentes filières de l'économie.

L'INSEE ne livre donc au niveau régional qu'une mesure du PIB avec une répartition de la valeur ajoutée selon une nomenclature très agrégée, dite NES (Nomenclature Economique de Synthèse) en 16 secteurs. Ceci est loin de couvrir les besoins potentiels en la matière ; une analyse économique fine au niveau régional nécessiterait en effet le recours à une nomenclature la plus désagrégée possible.

Nous avons retenu une démarche de construction combinant données nationales et régionales fournies par l'INSEE. Nous exposerons rapidement les principes de l'analyse entrées-sorties ainsi que les principales propriétés d'un tableau d'entrées-sorties. On présente ensuite les principes gouvernant la construction du tableau au niveau régional.

On tiendra compte de la spécificité de la filière bois Aquitaine, en particulier dans les activités amont. Aux activités de production, on associera l'analyse de l'emploi et les émissions de gaz à effet de serre (GES).

On cherchera à confirmer la structure de la filière bois traditionnelle avec une méthode économique permettant de repérer et quantifier les relations économiques entre branches d'activité. Par différents indicateurs classiques ou plus complexes, on évaluera les contributions des différentes branches d'activité. L'analyse des *effets d'entraînement*, des *multiplicateurs de productions*, des *secteurs clés* poursuivra cette étude de la filière bois.

On essayera, en ventilant la production en différentes composantes, à mieux cerner les impacts induits sur la production, l'emploi et les émissions de GES par les modifications de la demande finale des branches.

Une dernière partie tentera de donner des indications prospectives à court terme face à une augmentation fictive de 10% de la demande finale des produits bois sur les différentes branches.

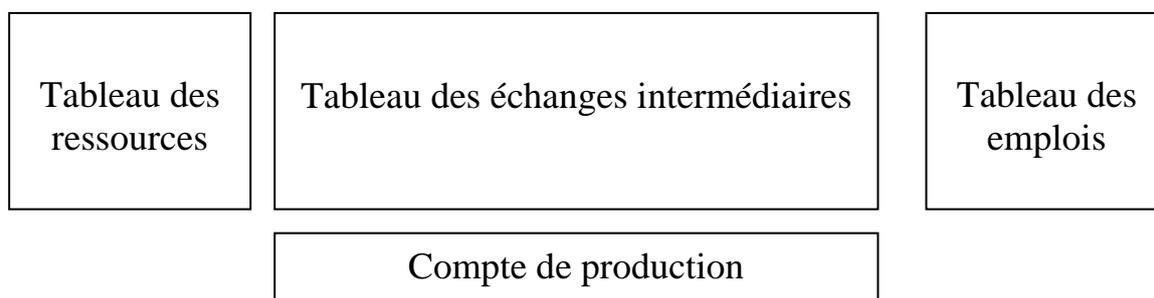
⁴ Tous les établissements n'ont pas de comptabilité propre et les établissements ne sont ni une personnalité juridique, ni une personne morale. Les relations avec l'INSEE ne peuvent se faire que par l'intermédiaire des entreprises. Ceci supposerait que les entreprises possèdent une comptabilité propre pour chaque établissement. Ce qui est loin d'être toujours le cas.

1. *Fondements de l'analyse entrée-sortie et construction d'un tableau d'entrée-sortie régionalisé.*

Indiquons d'abord l'architecture générale du TES et le calcul des coefficients techniques. Nous présenterons ensuite les différentes étapes permettant de constituer un TES pour la région Aquitaine en utilisant la méthode dérivée (ou top-down). Ce TES sera corrigé en incorporant des données de la filière bois directement disponibles au niveau régional. Nous exposerons ensuite la méthodologie de construction d'un inventaire des émissions de GES pour la région Aquitaine.

1.1. *Architecture générale du TES et la détermination des coefficients techniques*

Le TES est composé de quatre tableaux : un tableau des ressources, un tableau des échanges interindustriels, un tableau des emplois et un tableau de compte de production.



Deux lectures du TES sont possibles et fournissent deux types d'information ;

- La lecture verticale nous renseigne sur les structures productives à l'œuvre dans les différentes branches ;
- La lecture horizontale vérifie l'égalité emplois ressources des biens et services de chaque branche. Dans le détail, le tableau des ressources répertorie toute l'offre de biens et services d'un pays ou d'une région de chaque branche noté i . Cette offre est composée de la production de la région et des importations. Pour simplifier la présentation les importations ne seront prises en compte que dans un deuxième temps.

Le tableau des échanges intermédiaires constitue le cœur du TES.

Une lecture horizontale permet de connaître pour chaque branche i la destination des biens et services intermédiaires entre les différentes branches j .

Une lecture verticale nous renseigne pour une branche j sur l'origine des consommations intermédiaires des différentes branches i .

Le tableau des emplois correspond à la demande finale pour chaque branche i , composée de la consommation finale des Ménages et de l'Etat, de la formation brute de capital des entreprises et des exportations vers le reste du Monde. La consommation finale et la formation brute de capital constituent la demande finale domestique.

Le compte de production indique pour chaque branche j les montants de la valeur ajoutée et de la production. On trouvera en annexe 1 les différentes relations qui permettent d'établir l'équilibre général des différents tableaux.

La production d'une branche j (P_j) est composée de l'ensemble de ses consommations intermédiaires (Z_I) et de sa valeur ajoutée (VAB)⁵. Le modèle de Leontief⁶ suppose que les flux interindustriels de i à j dépendent entièrement et exclusivement de la production totale du secteur j pour la même période. Ainsi le montant des consommations intermédiaires est proportionnel au montant de la production ; relation de proportionnalité qu'on peut exprimer grâce aux coefficients techniques.

Les coefficients techniques, notés a_{ij} , sont définis comme la part de consommation intermédiaire venant de la branche i pour la branche j sur la production totale de la branche j .

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{P_j}$$

Concrètement ils indiquent les besoins de biens intermédiaires (en unités monétaires) venant de la branche i afin que la branche j puisse produire une unité monétaire.

La fonction de production utilisée dans le modèle de Leontief implique une relation fixe entre les outputs et les inputs (rendements d'échelle constants). Ainsi, si une branche veut doubler sa production, il faut que tous ses inputs doublent.

$$X_j = \text{Min} \left(\frac{Z_{1j}}{a_{1j}}, \frac{Z_{2j}}{a_{2j}}, \dots, \frac{Z_{nj}}{a_{nj}} \right)$$

Cette fonction de production est caractéristique de facteurs de production complémentaires. Une représentation graphique est donnée en annexe 2.

Nous allons analyser comment des coefficients techniques de la matrice de Leontief vont devenir un outil de prévision.

Le tableau des emplois induit l'équilibre emploi-ressource des biens et services de chaque branche⁷. On peut traduire ce dernier sous forme matricielle.

Notons Z la matrice des consommations intermédiaires, P la matrice de production et Y la matrice de demande finale.

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1j} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2j} & \dots & Z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{n1} & Z_{n2} & \dots & Z_{nj} & \dots & Z_{nn} \end{bmatrix}, P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}$$

Nous avons ainsi : $P = Z + Y$.

Si on reprend la définition précédente des coefficients techniques a_{ij} , on peut déterminer la matrice suivante⁸ avec $A = Z \cdot P^{-1}$ qui est la matrice inverse de Leontief :

⁵ $P_j = \sum_{i=1}^n Z_{ij} + VAB_j$ pour $j=1,2,\dots,n$

⁶ Le modèle de Leontief, à partir de l'hypothèse de stabilité des processus de production, détermine le montant de l'ensemble de production des branches en amont de la filière afin de satisfaire la demande finale.

⁷ $P_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij} + Y_i$ pour $i=1,2,\dots,n$. avec Y_i la demande finale de la branche i égale à $CF_i + FBC_i + X_i$ ou CF_i est

la consommation finale de la branche i , FBC_i la formation brute de capital de la branche i et X_i les exportations de la branche i .

⁸ Cela revient à diviser chaque ligne de la colonne j de la matrice des coefficients techniques Z_{ij} par la production P_j correspondante.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

On peut alors exprimer l'égalité précédente sous la forme :

$$P = A.P + Y,$$

En réorganisant, nous avons : $P - AP = Y$

En factorisant : $(I-A)P = Y$

On aboutit à la principale formulation recherchée, qui est d'exprimer la production en fonction de la demande finale, en inversant la matrice $(I-A)$ ⁹, soit :

$$P = (I-A)^{-1}.Y$$

Si on note $B = (I-A)^{-1}$ la matrice inverse de Leontief et b_{ij} les éléments de la matrice, on peut écrire la fonction de production sous cette forme :

$$P_i = b_{i1}.Y_1 + b_{i2}.Y_2 + \dots + b_{in}.Y_n, \text{ pour toute branche } i.$$

$$\text{avec } b_{i1} = \frac{\partial P_i}{\partial Y_1}, b_{i2} = \frac{\partial P_i}{\partial Y_2}, \dots, b_{in} = \frac{\partial P_i}{\partial Y_n}$$

En dehors de leur intérêt en tant qu'indicateur des structures productives de l'économie, les coefficients techniques de Leontief peuvent être utilisés en tant qu'outils de prévision. Les coefficients de la matrice inverse de Leontief indiquent les effets à la fois directs et indirects de la demande finale sur la production. Pour une variation ΔY de la demande on déterminera la variation correspondante ΔP de la production. Il est ainsi permis de connaître les répercussions totales sur toute l'économie en prenant en compte les interdépendances des branches à travers leurs consommations intermédiaires. Nous verrons par la suite que des résultats beaucoup plus approfondis peuvent être obtenus à partir de cet outil. Intéressons-nous maintenant à la construction d'un tableau d'entrée-sortie pour la région Aquitaine.

1.2. Construction d'un tableau d'entrée-sortie régionalisé

Il existe deux types de méthodes permettant de construire des TES à l'échelle régionale :

- les méthodes de type "Bottom-up" qui sont basées sur des résultats d'enquêtes et sont de fait à même de représenter les spécificités d'une économie régionale. Par nature, ces méthodes sont très coûteuses en temps et en main d'œuvre. Par ailleurs, les taux de réponse faibles généralement rencontrés ne garantissent pas une fiabilité absolue des données;
- les méthodes de type "Top-down" qui consistent à "régionaliser" le TES national ; elles reposent sur des hypothèses assez fortes, notamment l'identité des structures productives entre la nation et la région. Elles sont en revanche plus simples à mettre en œuvre et également moins coûteuses.

⁹ Pour que ce système admette une solution unique, il faut que la matrice $(I-A)$ soit non singulière, c'est-à-dire que $|I - A| \neq 0$.. Ceci implique que les coefficients techniques doivent être positifs ($A \geq 0$).

C'est la méthode de la régionalisation du TES national, dite "Top down" qui a été retenue¹⁰. On considère que le TES régional constitue un reflet raisonnable de la matrice technologique de production de la région concernée. Cependant, avant de régionaliser le TES national, des ajustements doivent être effectués ; le TES national tel quel n'est en effet pas directement opérationnel à une analyse entrées-sorties.

1.2.1. Fonctionnement d'un TES et spécificités du TES français

Nous partons des quatre tableaux qui composent le TES: tableau des ressources à gauche, tableau des entrées intermédiaires (TEI) au centre, tableau des comptes de production en bas et tableau des emplois finaux à droite.

Le TES français est un TES "Branche x Produit". Les branches peuvent effectivement avoir plusieurs productions, que l'on qualifiera de primaire ou secondaire, selon leur degré d'importance et de spécificité à la branche. L'égalité emploi-ressource des biens et services produits est vérifiée. En ressource, nous retrouvons l'offre totale de produits constituée de la production distribuée et des importations. Dans le TEI, horizontalement, nous trouvons la destination des produits vers les différentes branches de l'économie nationale. En emploi final, nous avons la répartition des produits entre la consommation finale, la FBC et les exportations. Les emplois intermédiaires et finaux sont exprimés au prix d'acquisition. Verticalement, on analyse la production de chaque branche. Le TEI nous renseigne sur l'origine des différents produits utilisés dans le processus de production (biens et services intermédiaires) de la branche. Dans le compte de production, nous retrouvons la valeur ajoutée et la production effective de chaque branche. Ainsi, la production effective est constituée de l'ensemble des produits intermédiaires et de la valeur ajoutée.

Dans la mesure où une branche peut avoir plusieurs produits, le TES branche-produit est asymétrique. La mise en place d'un TES symétrique est nécessaire à l'utilisation du TES en tant qu'outil de prévision, or l'INSEE ne publie pas la matrice de production permettant de passer à une matrice "Produit x Produit". Il ne discrimine pas non plus l'origine des emplois intermédiaires et finaux entre la production domestique et les importations du fait d'une trop grande approximation des estimations sur l'origine des emplois. En raison de ces spécificités, des calculs et des hypothèses supplémentaires doivent être effectués pour construire un TES symétrique exprimé en prix de base, discriminant la part de production domestique et importée dans les emplois.

La construction TES national symétrique (ou SIOT en anglais), exprimée en prix de base et discriminant la part de production domestique et importée dans les emplois, s'effectue en trois grandes étapes :

– la première étape consiste à évaluer les emplois intermédiaires et les emplois finaux au prix de base. Nous avons réalloué les marges de transport au produit transport et les marges commerciales au produit commerce. Une fois déduites les marges, il restait à soustraire les impôts. Nous disposons ainsi un TEI et des emplois exprimés en prix de base. Mais ce TEI reste toujours exprimé en une matrice "Branche x Produit".

– la deuxième étape consiste à transformer le TEI "Branche x Produit" en un tableau de consommation intermédiaire "Produit x Produit". Pour obtenir un TES symétrique, il faut repérer dans le tableau ressources les branches ayant une activité de production hétérogène (primaire et secondaire). Il faut ensuite transférer ces activités secondaires vers les branches ayant ces activités comme production principale. Il faut passer par une matrice de production carrée, où le total en ligne donne la production effective et le total en colonne donne la

¹⁰ Pour les lecteurs intéressés on se reportera à la thèse "Impacts économiques d'une politique de réduction des émissions de GES." de Jean Christophe MARTIN, GREThA UMR CNRS 5113, Université Bordeaux 4, 2010.

production distribuée. Le passage à un TES "Produit x Produit" permet la diagonalisation de la matrice de production. Pour élaborer une matrice "Produit x Produit", nous avons supposé que tous les produits fabriqués par un même secteur le sont avec la même combinaison d'entrées quels que soient les produits fabriqués (hypothèse dite de technologie par secteur d'activité). Cette hypothèse est la plus pauvre d'un point de vue axiomatique (Jansen et Ten Raa, 1990), mais elle permet d'éviter l'apparition de coefficients techniques négatifs (De Mesnard, 2004). Ainsi, chaque produit d'une même branche a une structure de production identique. Pour atteindre la matrice "Produit x Produit", il suffit de multiplier la matrice TEI par la transposée de la matrice de production exprimée en pourcentage. On aboutit à la détermination de l'ensemble des consommations intermédiaires et de la production pour chaque produit. Leur valeur ajoutée est trouvée par simple différence. On obtient une matrice des emplois intermédiaires qui est une matrice symétrique, exprimée au prix de base.

– la troisième étape consiste à isoler l'origine des emplois selon qu'ils proviennent de la nation ou du reste de monde. Cette estimation est la plus difficile à faire car l'INSEE, en raison d'une marge d'erreur beaucoup trop élevée, est réticent à le communiquer. Les importations ont donc été réparties entre les différentes composantes des emplois intermédiaires et finaux, au prorata des coefficients de distribution, exportations exclues. Les exportations proviennent ensuite entièrement de la production domestique¹¹. Cette hypothèse implique que la part importée de chaque composante de l'emploi domestique et final est identique pour chaque branche. Les coefficients de distribution sont donc définis comme la part des produits intermédiaires et finaux sur la production totale.

Nous disposons ainsi d'un TES national symétrique "Produit x Produit" adapté à une analyse entrées-sorties. Ces adaptations du "modèle français" sont essentielles pour permettre l'élaboration d'un TES régionalisé.

Jusqu'en 2008 l'INSEE utilisait la Nomenclature Economique de Synthèse (NES) pour élaborer le TES. L'objectif de regroupement selon la NES vise à refléter autant que possible les comportements d'agents confrontés à leur marché tandis que la Nomenclature d'Activités Françaises (NAF Rev.1) fait intervenir d'autres critères comme les spécificités techniques du processus de production ou l'organisation en filières de production. La NES comprenait trois niveaux d'agrégation : un TES en 16 branches selon la NES 16, un TES en 40 branches selon la NES 36 et un TES en 118 branches selon la NES 114. Le TES en 118 branches était donc le niveau le plus élevé de désagrégation disponible. La NES 114 était dérivée de la nomenclature d'activités française en 700 branches (NAF 700) et de la classification des produits français (CPF). L'INSEE fournissait les clés de passage entre les NES 114 et la NAF 700.

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. Cependant il n'existe encore aucun TES disponible selon cette nouvelle nomenclature. La régionalisation du TES national a été réalisée en fonction des données disponibles avant cette date. Cette nouvelle nomenclature n'affectera en rien les résultats acquis¹², la réaffectation des nomenclatures jouant à la marge et étant sans effet pour les branches de la filière bois. Tous les traitements et conclusions relatifs à la filière bois sont pertinents pour la situation économique avant la prise en compte de la tempête de 2009.

¹¹ C'est-à-dire que les importations ne concourent pas directement aux exportations.

¹² La nouvelle nomenclature sera indiquée en parallèle à côté de l'ancienne. Voir en annexe 3 une présentation détaillée des nomenclatures relatives à la filière bois.

1.2.2. Détermination générale des variables régionalisées

Le TES régional comporte 104 branches. Des agrégations ont été rendues nécessaires du fait des mauvaises estimations régionales des valeurs ajoutées pour certaines branches comme les activités financières et immobilières, l'industrie de l'automobile, la construction et le commerce. On donne ci-dessous les principes méthodologiques de calcul de chacune des variables essentielles du TES.

Nous supposons que la technologie est la même que l'on se place au niveau de la nation ou de la région. Il faut cependant résoudre des problèmes d'agrégation dans la mesure où des biais sur les coefficients techniques peuvent apparaître. Nous avons admis que la part des différents inputs dans la production est identique entre la nation et la région.¹³

▪ Estimation des valeurs ajoutées

Les valeurs ajoutées sont exprimées au prix de base (taxes exclues). En suivant les principes d'une méthode top-down, on régionalise les valeurs ajoutées nationales en supposant que la productivité des travailleurs est identique entre la nation et la région. Cependant, pour les secteurs de l'industrie et des services privés, il a été possible d'incorporer la différence de productivité entre la région et la nation grâce à des données statistiques régionales disponibles sur la rémunération des salariés. Cette méthode a donné des estimations convenables sauf cas particulier.¹⁴

▪ Consommation finale, formation brute de capital

Il faut distinguer dans les consommations finales celle provenant des ménages, de l'administration publique et des institutions sans but lucratif au service des ménages. Pour la consommation finale des ménages, nous sommes partis de l'hypothèse que la consommation par tête était identique entre la nation et la région. En se référant aux travaux de Courbis et Pommier (1979), nous avons pu incorporer des spécificités régionales. Les données de l'enquête sur le budget des familles ont permis de calculer des coefficients indiquant les différences de consommation par tête pour chaque branche entre la région et la nation.

Pour la consommation finale des administrations publiques, il est important de distinguer la consommation individuelle de la consommation collective. Pour les consommations finales individuelles, nous avons pu incorporer des spécificités régionales grâce à l'existence d'indicateurs régionaux indiquant les effectifs et les capacités d'accueil. Pour les consommations finales collectives, nous avons supposé que les services rendus par l'Etat à la collectivité sont équitablement répartis à la population sans discrimination géographique.

Pour la consommation finale des institutions sans but lucratif au service des ménages, nous avons régionalisé les consommations au prorata de la population en supposant que la consommation par tête ait été identique entre la nation et la région.

Concernant la formation brute de capital (FBC), nous avons retenu l'hypothèse générale que le taux de FBC est identique entre la France et l'Aquitaine et proportionnel à la part de production de l'Aquitaine rapportée à la production française. Cependant nous verrons que pour la branche sylviculture et les branches de première transformation une autre hypothèse a été retenue.

¹³ Voir annexe 4 pour plus de précisions sur la méthode utilisée.

¹⁴ Voir annexe 5 pour une description de la méthode utilisée ainsi que la comparaison avec des résultats obtenus par d'autres méthodes.

▪ Importations

Pour les régions françaises, il n'existe pas, de façon générale, de données en valeur sur le commerce entre régions françaises et les autres pays. Or les importations jouent un rôle fondamental dans le calcul des multiplicateurs régionaux. Ainsi, les effets d'un choc de la demande finale sur l'ensemble de la production régionale dépendent en grande partie des "fuites" représentées par les importations ; une augmentation de la demande peut avoir des effets marginaux, voire nuls sur l'économie régionale si, par exemple, la totalité de l'augmentation de la demande s'oriente vers des biens d'importations. Plus une économie est petite, plus elle est ouverte et ainsi plus les fuites d'importation seraient importantes. Nous verrons cependant dans la deuxième partie que, dans le cas de la filière bois en Aquitaine, cette hypothèse doit être adaptée compte tenu de la spécificité des branches amont. L'estimation des importations joue un rôle important sur les multiplicateurs de production et une grande partie de la recherche dans la régionalisation d'un TES national doit porter sur l'estimation des coefficients d'importation.

Cette variable s'avère la plus complexe à traiter. Il existe en effet trois sortes d'importation :

- les importations venant des pays étrangers ;
- les importations venant des autres régions françaises utilisées dans le processus de production ;
- les importations venant également des autres régions françaises destinées à la demande finale (investissement et consommation).

De façon générale, on projette d'abord la structure nationale sur la région en supposant une absence de commerce avec les autres régions françaises. Cette étape permet de prendre en compte les importations des pays étrangers selon le niveau de l'activité régionale. La deuxième étape consiste à ouvrir les frontières avec les autres régions françaises. L'origine des produits importés va dépendre de la spécialisation régionale et de la taille de l'économie. Dans le même temps, du fait de l'équilibre emploi-ressource, les exportations des produits domestiques vont s'accroître. Au total, au cours de cette étape, les taux d'importations et d'exportations vont croître. La troisième étape concerne les importations directement destinées à la demande finale.

○ *les importations venant des pays étrangers*

On calcule au niveau national pour chaque emploi le montant des importations. On suppose que la part d'importation de chaque composante de consommation intermédiaire et de la demande finale est identique entre la France et l'Aquitaine. L'équilibre emploi-ressource doit toujours être vérifié. L'exportation vers le reste du monde est un résidu : c'est toute l'offre de biens et services qui ne peut être absorbée par la demande finale régionale. Nous trouvons bien des exportations "positives", signifiant que la production est bien supérieure à la demande finale domestique régionale, mais également des valeurs négatives, pouvant être interprétées comme des importations supplémentaires à comptabiliser¹⁵.

¹⁵ En effet, à cause des poids relatifs des différentes branches (différents entre la nation et la région), le taux d'importation serait plus important qu'au niveau national pour satisfaire une demande finale dont la structure est identique à celle de la nation. Les importations supplémentaires vont être d'un même montant mais du signe opposé à ces valeurs en supposant que pour ces branches l'exportation est égale à 0.

- *les importations de consommations intermédiaires venant des autres régions françaises*

Les importations de consommations intermédiaires venant des autres régions françaises sont estimées à partir des coefficients de localisation FLQ développés par Flegg et Webber (1997). Cette méthode suppose que ces importations vont dépendre du poids relatif de trois variables¹⁶ : le poids relatif de la branche vendeuse (i), du poids relatif de la branche acheteuse (j), du poids relatif de la région dans la nation. On utilisera un coefficient dépendant des valeurs ajoutées des branches vendeuses et acheteuses, c'est-à-dire que si la part de la valeur ajoutée régionale de la branche i (vendeuse) est relativement plus importante que la part de la valeur ajoutée régionale de la branche j (acheteuse), la branche acheteuse n'a pas besoin d'importer.

A contrario, si la part de la valeur ajoutée régionale de branche i (vendeuse) est relativement moins importante que la part de la valeur ajoutée régionale de la branche j (acheteuse), la branche aura donc besoin d'importer une part de ses consommations intermédiaires. Il faudra également tenir compte du poids relatif de la région. En effet, une hypothèse classique dans la littérature indique que les propensions à importer doivent augmenter au fur et à mesure que le poids relatif de la région diminue.

Au total, les importations de consommations intermédiaires venant des autres régions françaises représentent plus de 60% des consommations intermédiaires totales de l'Aquitaine. Comme indiqué précédemment, nous verrons dans la partie suivante qu'une règle spécifique sera appliquée pour les branches amont de la filière bois.

- *les importations venant des autres régions françaises visant à satisfaire la demande finale*

La demande finale est constituée de la consommation finale et de la formation brute de capital fixe. Il est assez difficile de connaître la part de bien provenant des autres régions françaises destinée directement à la demande finale. On considère que pour les branches où l'Aquitaine est spécialisée (ayant un "*coefficient de localisation*" simple supérieur à un¹⁷), l'Aquitaine est en capacité de subvenir à ses besoins.

A contrario, pour les branches où les coefficients de localisation sont inférieurs à un, l'Aquitaine ne peut s'auto-suffire. Dans ce cas, les biens destinés aux autres emplois fournis pour la région seront égaux au produit des autres emplois par le coefficient de localisation, le reste représentant les importations. Bien sûr, les branches amont de la sylviculture se confirmeront comme étant des branches de spécialisation pour l'Aquitaine.

▪ Exportations

Une fois déterminées les différentes composantes du TES régional, on doit vérifier l'équilibre emploi-ressources pour chaque produit. Les exportations servent à l'ajustement de l'équilibre pour chaque produit.

¹⁶ Voir annexe 6 pour une description de la méthode mise en œuvre.

¹⁷ Voir annexe 8 pour une définition précise de cette notion.

Les relations ci-dessous résument et synthétisent l'essentiel de la démarche suivie :

- La **production** P_j au niveau régional d'une branche j conservait la proportion observée au niveau national de consommations intermédiaires Z_{ij} et de valeur ajoutée VAB_j , soit pour une branche j , $P_j^R = \sum_{i=1}^n Z_{ij}^R + VAB_j^R$. En divisant par P_j on obtient $1 = v_j + a_{ij}$ avec

$$v_j = \frac{VAB_j^{FR}}{P_j^{FR}} \text{ et } a_{ij} = \frac{\sum Z_{ij}^{FR}}{P_j^{FR}}.$$

- La **valeur ajoutée** réelle de branches hors industrie et services privés pour la région dépendra des effectifs régionaux de branches¹⁸, soit $VAB_i^{AQUI} = \frac{VAB_i^{FR}}{N_i^{FR}} \cdot N_i^{AQUI}$ pour toutes les branches i , avec VAB représentant les valeurs ajoutées et N les effectifs respectifs nationaux et régionaux. La connaissance de la valeur ajoutée estimée modifie en proportion, production et consommation intermédiaires en appliquant les coefficients v_j et a_{ij} précédents.

- Les **consommations intermédiaires** tiennent compte des importations provenant des pays étrangers et des autres régions de la nation. Formellement $\sum Z_{ij}^R$ se décompose en $\sum Z_{ij}^{TR} + \sum Z_{ij}^{ET}$ puis ensuite les **C.I.** nationales $\sum Z_{ij}^{TR}$ se décomposent en $\sum Z_{ij}^{AR} + \sum Z_{ij}^{AQUI}$ avec $\sum Z_{ij}^{AR}$ les **C.I.** provenant des autres régions et $\sum Z_{ij}^{AQUI}$ celles provenant strictement de la région Aquitaine. On peut ensuite facilement déterminer les coefficients techniques régionaux a_{ij}^{AQUI} , en divisant les **C.I.** par la production, c'est-à-dire la part d'input produit au niveau régional pour satisfaire une unité de production régionale.

- La **consommation finale des ménages** dépend des effectifs régionaux et nationaux et également des différences de consommation par tête entre la nation et la région soit $CFM_i^{AQUI} = CFM_i^{FR} \cdot \gamma_i \cdot \frac{N_i^{AQUI}}{N_i^{FR}}$ où N_i représente les populations respectives et avec $\gamma_i = \frac{c_i^{AQUI}}{c_i^{FR}}$ où c_i représente la consommation par tête.

- La **consommation finale des administrations publiques** est régionalisée au prorata des indicateurs régionaux (effectif et capacité d'accueil) pour la consommation individuelle et au prorata de la population pour la consommation collective, soit :

$$CFA_{Individuelle,i}^{AQUI} = \frac{CFA_{Individuelle,i}^{FR}}{Ind_i^{FR}} \cdot Ind_i^{AQUI} \text{ (où } \mathbf{Ind} \text{ représente les indicateurs)}$$

$$CFA_{Collective,i}^{AQUI} = \frac{CFA_{Collective,i}^{FR}}{N_i^{FR}} \cdot N_i^{AQUI}$$

- La **consommation finale des institutions sans but lucratif au service des ménages** est régionalisée au prorata de la population, soit :

$$CFI_i^{AQUI} = \frac{CFI_i^{FR}}{N_i^{FR}} \cdot N_i^{AQUI}$$

¹⁸ Application de la méthode top-down avec une hypothèse de productivité comparable entre la France et la région Aquitaine. Notons que, par souci d'harmonisation avec les comptes régionaux, il faut que la somme des valeurs ajoutées régionales soit égale à celle de l'INSEE qui sont connues au niveau de la NES, ce qui a entraîné agrégation des 114 branches et en retour une correction proportionnelle des valeurs initiales. Voir annexe 5 déjà citée.

- La **formation brute de capital fixe** (FBC) dépend du rapport des productions (P) par branche avec
$$FBC_i^{AQUI} = \frac{FBC_i^{FR}}{P_i^{FR}} \cdot P_i^{AQUI} .$$
- L'équilibre **emploi-ressources** peut être bouclé avec les exportations.

Une fois déterminé le TES régional, permettant de décrire les échanges interindustriels et les relations avec le reste du monde, nous allons analyser plus particulièrement la cohérence des résultats obtenus pour les branches constitutives de la filière forêt-bois-papiers de la région Aquitaine. On a indiqué, entre parenthèse, respectivement la nomenclature NES et NA 2008. Traditionnellement les études de la filière forêt-bois-papier conduisent à retenir les branches d'activités suivantes¹⁹ :

- Sylviculture, exploitation forestière, services annexes (**A02 / A02Z**)
- Travail du bois et fabrication d'articles en bois (**F31 / C16Z**)
- Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (**F32 / C17A**)
- Fabrication d'articles en papier ou en carton (**F33 / C17B**)
- Fabrication de meubles (**C41²⁰ / C31Z**)

*La branche Construction (**H0 / FZ0**) n'est pas traditionnellement rattachée à la filière bois, essentiellement à cause de la difficulté à isoler la part des produits bois dans la production de cette branche. Les analyses économiques conduites dans cette recherche offrent la possibilité d'estimer cette contribution. Elle sera donc intégrée dans la filière bois dans la suite de ce travail.*

L'année de référence étudiée dans ce travail est l'année 2001.

1.3. L'absence d'importations inter-régionales des activités de 1° transformation de la filière forêt-bois Aquitaine.

Nous avons vu que l'estimation des importations est un élément essentiel de la détermination de l'équilibre emploi-ressource. C'est la méthode d'estimation FLQ²¹ qui a été retenue pour l'ensemble des branches. Elle a l'avantage d'être rapide et peu coûteuse. Elle tient compte de trois critères économiques essentiels préconisés par Round (1978) à savoir, le poids relatif des branches acheteuses, des branches vendeuses et de la taille du pays.

Cependant, l'utilisation des quotients de localisation peut être jugée comme trop mécanique en ne tenant pas compte des spécificités sectorielles. Comme l'indique Brand (1997) "les estimateurs de quotient de localisation ont une base théorique solide mais des références empiriques pauvres (...) les recherches seraient effectivement plus efficaces avec des analyses basées sur des enquêtes". De façon générale, il est difficile d'obtenir des enquêtes régionales et leurs réalisations sont souvent très coûteuses. Cependant, concernant les activités de la sylviculture et de 1° transformation de la filière bois, des données régionales sont disponibles et peuvent permettre de caler les estimations du TES régional obtenues.

Concernant la branche *sylviculture et exploitation forestière (A02/A02Z)*, l'application de la méthode FLQ conduit à des taux d'importation, en 2001 pour la région Aquitaine, de 41% contre respectivement 7% pour la France.

Ces estimations directes ne cadrent pas avec les données disponibles pour l'Aquitaine. De façon générale, les travaux de Tohmo (2004) ont montré que, bien que la méthode FLQ

¹⁹ « Le bois en Chiffres » Production industrielle-Chiffres clés, Sessi, Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi, 2008

²⁰ On remarquera que la branche *fabrication de meubles (C41)* se trouvait placée avant la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (F31)* dans la nomenclature de la NES 114.

²¹ Voir annexe 6 déjà citée pour une présentation de la détermination des coefficients de localisation "FLQ"

permette une avancée dans l'estimation des importations, les erreurs peuvent être relativement élevées pour la sylviculture. Cette surestimation des importations conduit, à travers l'équilibre emploi-ressource, également à une surestimation des exportations. Nous savons d'après les données du TES national que les produits sylvicoles sont destinés à être des biens intermédiaires pour les activités de sciage. En effet, 54% de la vente de produits intermédiaires est destinée à la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (F31/C16Z)*, le reste étant consacré à l'autoconsommation.

A ce jour les scieries aquitaines se localisent à proximité des ressources forestières. Il n'est donc pas nécessaire pour elles d'importer des produits sylvicoles dont le coût de transport serait élevé. La région Aquitaine n'ayant pas eu besoin, sauf cas particulier très spécifique, d'importer de produits sylvicoles provenant des autres régions françaises, le coefficient FLQ_{ij} sera égal à 0, $\forall j$ relatif à une branche amont de la filière bois. Autrement dit, les différentes branches qui vont acheter des produits intermédiaires sylvicoles pour leur processus de production vont se fournir directement dans la région sans faire appel aux autres régions françaises. En imposant cette condition, nous trouvons un taux d'importation pour la branche sylvicole et exploitation forestière de 6%²².

Il faut ensuite déterminer la formation brute de capital au niveau régional nécessaire à l'établissement de l'équilibre emploi-ressource induisant les exportations. Dans la construction du TES régional, il faut donc déterminer la part de la production destinée à la formation brute de capital (FBC), composée de la formation brute de capital fixe (FBCF) et de la variation des stocks (VS).

La règle générale a été de supposer celle-ci comme identique entre la nation et la région pour les différentes branches d'activité du TES. Concernant la branche *sylviculture et exploitation forestière (A02/A02Z)*, la structure forestière et productive de l'Aquitaine se trouve être particulièrement atypique. Elle comporte une part de résineux très supérieure à la moyenne nationale avec depuis la tempête de 1999 une récolte de bois équivalente à l'accroissement des peuplements conduisant à une variation nulle de ces stocks, et même à un déstockage pour l'année 2001. De fait, en intégrant l'accroissement des feuillus Aquitains, la variation des stocks a été limitée au tiers de ce qu'elle a été en France²³. Pour le TES national, la part de la production sylvicole destinée à la FBC serait de 34%. Après traitement des données régionales, cette part serait de seulement 12%. Par la simple égalité emplois-ressources on trouve un taux d'exportation voisin de 15%, ce qui peut être considéré comme une estimation acceptable²⁴.

Nous trouvons également des problèmes assez similaires de surestimation des importations pour les branches de *travail du bois et fabrication d'articles en bois (F31/C16Z)* et *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (F32/C17A)*. Les principaux résultats sont résumés dans le Tableau 1-1 où sont comparés les taux d'importation de la France avec ceux de la région estimés par la méthode FLQ et ceux résultant de l'hypothèse d'absence d'importations interrégionales.

²² Cette donnée n'est pas disponible directement dans l'enquête de branche. On peut simplement se référer aux achats de grumes de feuillus en volumes. Cette proportion est sûrement un peu forte.

²³ Voir en annexe 8 le détail de l'établissement de cette variation de stocks pour l'Aquitaine.

²⁴ On note pour l'année 2001 un volume plus élevé de bois exporté. Il s'agit d'un phénomène particulier car ces volumes, résultant des bois de la tempête de 1999, avaient une faible valeur unitaire. Il est donc raisonnable de conserver le chiffre de 15% en valeur. "Récolte de bois et production de sciages en 2001", Agreste n° 116, juin 2003

Tableau 1-1 : Comparaison des taux d'importation entre la France et la région Aquitaine en estimant les importations à partir de la méthode FLQ et en supposant une absence d'importation interrégionale

| | France (TES national) | | Aquitaine (importation interrégionale estimée par FLQ) | | Aquitaine (sans importation interrégionale) | |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|
| | Taux d'importation | Taux d'exportation | Taux d'importation | Taux d'exportation | Taux d'importation | Taux d'exportation |
| F31/C16Z | 26% | 14% | 41% | 83% | 23% | 65% |
| F32/C17A | 63% | 43% | 80% | 120% | 47% | 86% |

Les données provenant de l'enquête récolte de bois et production de sciage de l'AGRESTE confirme que les estimations par la méthode FLQ sont surestimées pour les branches F31/C16Z et F32/C17A. On applique la même règle que celle adoptée pour la branche *sylviculture et exploitation forestière (A02/A02Z)* en supposant une absence d'importation interrégionale pour ces branches (on impose $FLQ_{ij} = 0 \forall j$). Ces taux semblent refléter la réalité correctement²⁵. Les exportations en sont déduites, après détermination de la FBC, par application des proportions nationales, par l'équilibre emploi-ressource.

Pour les branches *fabrication d'articles en papier ou en carton (F33/C17B)*, *fabrication de meubles (C41/C31Z)* et *construction (H0/FZ0)*, la méthode FLQ semble permettre d'estimer assez convenablement les importations. En effet, la somme de la production régionale et des importations provenant des pays hors de France n'est pas suffisante pour satisfaire la demande domestique. Les importations interrégionales sont donc nécessaires.

1.4. Construction d'un inventaire des émissions de GES pour la région Aquitaine

Les émissions de GES peuvent provenir de deux grandes sources. Environ 80% des émissions proviennent de la combustion ou dégradation des combustibles fossiles et les autres types d'émissions sont spécifiques au processus de production (décarbonatation, fermentation entérique, etc...). Elles sont un élément essentiel de la mesure des effets environnementaux de l'activité économique sur l'environnement et plus particulièrement sur ceux relatifs au réchauffement climatique.

Le CITEPA²⁶ a publié en 2007²⁷, grâce à l'aide financière de l'ADEME, un inventaire des émissions de GES de la région Aquitaine. Les résultats des émissions de GES sont présentés selon la nomenclature CRF (Common Reporting Format) en concordance avec les préconisations effectuées par la CCNUCC²⁸. Cependant, cette nomenclature n'est pas reliée à la nomenclature économique NES. Dans le cadre de notre étude, il est donc nécessaire d'adapter l'affectation des émissions présentées dans l'inventaire des émissions de GES avec la nomenclature NES.

Le CITEPA estime les émissions à leur source. Ainsi, la responsabilité des émissions est portée à la branche émettrice. Cependant, cette règle de comptabilisation des émissions de GES à la source n'est pas appliquée pour les émissions de GES provenant du bois. Le bois est un combustible faisant partie des énergies d'origine renouvelable. Il est à la fois source d'émissions de GES lors de sa dégradation ou de sa combustion et source de séquestration de

²⁵ On ne peut se baser que sur les achats de sciage donnés par l'enquête EAB pour la F31/C16Z (Agreste n°116 op citée). Le taux d'importation semble cohérent. Les importations de pâtes à papiers ne sont pas données par la COPACEL pour la région Aquitaine. Des sondages directs donnent des taux d'achats de pâtes en tonnage un peu inférieurs au chiffre retenu.

²⁶ Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

²⁷ Données relatives à l'année 2005.

²⁸ Convention-Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique

carbone lors de l'accroissement de la ressource ligneuse. Lors de sa coupe, le bois peut être incorporé dans la production de biens (ex. : bois-construction), soit destiné à la production d'énergie. Si le bois est destiné à la production énergétique, les émissions de CO₂ s'effectuent au moment de sa combustion et s'il est incorporé dans la production de biens, elles s'effectuent au moment de la dégradation de ces biens.

Une difficulté réside dans l'estimation de la durée de vie des produits. Le CITEPA, pour contourner cette difficulté, attribue la responsabilité des émissions directement à la sylviculture. Le CITEPA compare les émissions provenant de la coupe de bois avec la séquestration provenant de l'accroissement du bois. Il en dégage une variation nette appelée "Variation du stock du bois". Ainsi, dans les inventaires, l'organisme compare les émissions totales de CO₂ en incorporant ou non les émissions provenant du bois, d'où la distinction des émissions de CO₂ avec UTFC (Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt) et hors UTFC.

Les émissions de GES peuvent donc provenir de deux sources, soit de la combustion des énergies fossiles, soit de celles émises au cours du processus de production.

La première source d'émission résulte de la libération du carbone incorporé dans les énergies fossiles au moment de sa combustion. On distingue trois principaux types de combustibles fossiles : les combustibles solides issus le plus souvent du charbon, les combustibles liquides provenant du pétrole et les combustibles gazeux issus du gaz naturel.

La variation des coefficients d'émissions de GES issues de la combustion des énergies fossiles est très faible du fait que le pouvoir calorifique est dépendant de la teneur en carbone et ce dernier est relativement stable pour chaque type de combustibles. Ainsi, ces émissions de GES ne dépendent pas des types d'équipement, ni des années. Il suffit donc de connaître le montant des consommations énergétiques pour estimer les émissions de CO₂. La formule ci-dessous indique la méthode de calcul des émissions concernant les combustibles fossiles :

$$E_i^C = \sum_{f=1}^s e_f \cdot C_{if} \quad (1-1)$$

E_i^C étant le montant des émissions de GES de la branche i issues des combustibles fossiles, e_j le coefficient d'émissions du combustible f qui représente le montant des émissions provenant de la consommation d'une unité de combustible f , et C_{ij} la consommation totale du combustible f par la branche i .

Le CITEPA dans OMINEA²⁹ indique le montant des coefficients d'émissions (en kgCO₂/GJ) pour chaque type de combustibles en tenant compte des facteurs d'oxydation. Les inventaires des consommations énergétiques utilisent la tonne équivalent pétrole de préférence à des unités en joule.

Les coefficients d'émissions en tonne de CO₂ (tCO₂) ont été convertis en tonne équivalent pétrole (tep) consommé. L'équivalence entre la tonne équivalent pétrole et le joule est toujours stable : elle est de 1 tep = 42 GJ. Le Tableau 1-2 indique les différents coefficients d'émissions classés selon les trois types de combustibles fossiles : ils sont inscrits dans le vecteur e .

²⁹ Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques

Tableau 1-2 : coefficients d'émissions des combustibles fossiles (tCO2/tep)

| combustibles solides | | combustibles liquides | | combustibles gazeux | |
|----------------------|-------|-----------------------|-------|---------------------|--------|
| Charbon | 3,990 | Pétrole brut | 3,066 | Gaz naturel | 2,394 |
| Lignite | 4,200 | Fioul lourd | 3,276 | GPL | 2,688 |
| Coke de houille | 4,494 | Fioul domestique | 3,150 | Gaz haut fourneau | 11,256 |
| Coke de lignite | 4,536 | Gazole | 3,150 | | |
| Coke de pétrole | 3,990 | Kérosène | 3,108 | | |
| Tourbe | 4,620 | Essence auto | 3,066 | | |
| | | Essence aviation | 3,066 | | |
| | | Liqueur noire | 4,410 | | |

Concernant les émissions de méthane (CH₄) provenant des combustibles fossiles, elles sont surtout provoquées par une combustion incomplète des énergies fossiles. Le montant des émissions dépend des conditions d'exploitation, du type d'équipement thermique, du type de combustible et des dispositifs d'épuration. Ainsi, il n'existe pas de coefficients d'émissions stables comme pour les coefficients d'émissions de CO₂. Le CITEPA a estimé les coefficients nationaux d'émissions compte tenu des conditions d'exploitation et du type d'équipements de chaque branche. Nous avons retenu les coefficients nationaux d'émissions en supposant que les caractéristiques régionales sont à peu près identiques aux caractéristiques nationales.

Concernant les émissions de protoxyde d'azote (N₂O), le CITEPA retient un coefficient d'émissions fixe quels que soient les combustibles. Il est de 2,5 kg/GJ, soit 0,105 kgN₂O/tep. Quelques exceptions existent pour certains combustibles. Ces coefficients d'émissions sont donnés dans le tableau 1-3.

Tableau 1-3 : coefficients d'émissions des combustibles fossiles (kgN₂O/tep)

| combustibles solides | | combustibles liquides | | combustibles gazeux | |
|----------------------|-------|-----------------------|-------|---------------------|-------|
| Lignite | 0,126 | Fioul lourd | 0,074 | gaz haut fourneau | 0,735 |
| Bois | 0,168 | Fioul domestique | 0,063 | | |

En ce qui concerne les émissions de GES provenant des processus de production, les coefficients d'émissions issus des procédés de production indiquent le montant des émissions de GES provenant d'une unité de production exprimée en unité physique (le plus souvent en tonne). Ainsi les émissions sont calculées selon l'équation ci-dessous :

$$E_i^P = m_i \cdot P_i \quad (1-2)$$

avec E_i^P représentant les émissions provenant du procédé de production de la branche i , m_i le coefficient d'émissions indiquant le montant des émissions provenant de la production d'une unité, et P_i la production totale de la branche i . Le CITEPA dans OMINEA indique le montant de ces coefficients d'émissions, ainsi que les sources statistiques nécessaires pour connaître le montant de la production. On trouvera en annexe³⁰ le détail de la méthodologie retenue selon la spécificité des branches pour déterminer les données d'émission par branches.

Munis de ce cadre d'analyse général de l'activité économique et des émissions de gaz à effet de serre associées, intéressons-nous au rôle spécifique de la filière forêt-bois-papiers au niveau régional Aquitain.

³⁰ Annexe 9

2. *Analyse économique de la production et des émissions de GES de la filière bois Aquitaine.*

Une première étape consiste à conforter le concept de filière bois à partir de l'analyse économique des relations économiques de proximité existantes entre la branche sylvicole et les principales branches de l'économie de la région Aquitaine. On a mis en œuvre pour cela la méthode de propagation moyenne (Dietzenbacher et al., 2005). Les résultats vont permettre de vérifier l'architecture traditionnelle des branches de la filière bois.

On analyse ensuite les effets directs des activités de la filière, c'est-à-dire en faisant abstraction des relations interindustrielles qui existent entre les différentes branches de la filière bois. Nous indiquerons ainsi la contribution des branches de la filière bois à la production et aux émissions de GES de la région.

La construction d'indicateurs "d'effet d'entraînement" permet enfin d'étudier l'interdépendance des branches entre elles. Ces indicateurs mesurent comment une branche de la filière bois peut induire, à travers ses achats de biens intermédiaires et la vente de ses produits, la production et les émissions de GES au travers des autres branches de la filière bois et, plus globalement, de l'ensemble des branches de la région.

2.1. *Interdépendance économique des branches de la filière bois*

La méthode de la longueur de propagation moyenne développée par Dietzenbacher et al. (2005) est pertinente pour déterminer les branches ayant de fortes relations économiques et repérer la distance de branche à branche.

On part du modèle de Ghosh³¹. L'égalité comptable du TES en colonne est décrite comme suit :

$$P' = i'Z + V' \quad (2-1)$$

Où :

P : le vecteur d'ordre n de production

Z : la matrice des consommations intermédiaires d'ordre $(n \times n)$

V : le vecteur d'ordre n de valeur ajoutée

i : le vecteur d'ordre n composé de valeurs unitaires.

L'accent circonflexe indique une matrice diagonale, l'apostrophe la transposée de la matrice ou du vecteur.

En partant de l'égalité (2-1), il est possible de définir les coefficients de vente c_{ij} qui indiquent la part de la production provenant de la branche i destinée à la branche j . Ils sont calculés comme suit :

$$C = \hat{P}^{-1}.Z \quad (2-2)$$

En intégrant (2-2) dans (2-1) nous obtenons :

$$P' = P'C + V' \quad (2-3)$$

Après transformation de (2-3) nous aboutissons au résultat,

$$P' = V'(I - C)^{-1} = V'D \quad (2-4)$$

Où $D = (I - C)^{-1}$ représente la matrice inverse de Ghosh. Le modèle de Ghosh, perçu comme une alternative au modèle de Leontief, a été fortement critiqué en tant que modèle de

³¹ Le modèle de Ghosh, à partir de l'hypothèse de stabilité des ventes de production, détermine le montant de l'ensemble de la production des branches en aval de la filière provenant de la valeur ajoutée des branches. Une présentation en est donnée en annexe 10.

quantité (Oosterhaven, 1988). Dietzenbacher (1997) a montré que le modèle de Ghosh doit être interprété comme un modèle de prix en supposant les quantités fixes à l'instar du modèle de Leontief qui s'interprète comme un modèle de quantité en supposant les prix fixes.

La matrice inverse de Ghosh peut être décomposée comme suit :

$$D = \sum_{k=0}^{k=+\infty} C^k = I + C + C^2 + C^3 + \dots \quad (2-5)$$

Cette décomposition a l'avantage de distinguer l'effet des différents rangs provenant d'une modification de la valeur ajoutée. I est l'effet direct, C est l'effet indirect de premier rang, C^2 est l'effet indirect de second rang, et ainsi de suite. L'effet total n'est que la somme des effets directs et des effets indirects provenant des différents rangs.

Pour étudier le total des effets indirects, il faut occulter dans la matrice inverse de Ghosh les effets directs. Ainsi :

$$d_{ij} - \delta_{ij} \quad (2-6)$$

Où d_{ij} représente les éléments de la matrice inverse de Ghosh et $\delta_{ij} = 1$ si $i = j$, et 0 sinon.

A partir de ces différentes informations, il est possible de calculer la part de la production provenant du premier rang :

$$\frac{c_{ij}}{d_{ij} - \delta_{ij}} \quad (2-7)$$

Il est également possible de calculer la part de la production provenant du second rang³² :

$$\frac{[C^2]_{ij}}{d_{ij} - \delta_{ij}} \quad (2-8)$$

Et ainsi de suite.

D'une manière globale, le calcul de la production provenant du rang k ($k=1,2,\dots,+\infty$) est effectué comme ci-dessous

$$\frac{[C^k]_{ij}}{d_{ij} - \delta_{ij}} \quad (2-9)$$

Nous pouvons noter que ces parts sont toujours positive et que leur somme est égale à un.

Il est par la suite possible de calculer le nombre moyen de rangs nécessaires (v_{ij}) pour que la production de la branche i ait une influence sur la production de la branche j .

$$v_{ij} = \frac{1c_{ij} + 2[C^2]_{ij} + 3[C^3]_{ij} + \dots}{d_{ij} - \delta_{ij}} \quad (2-10)$$

Il est possible de calculer l'équation (2-10) d'une manière plus simple. Notons $H=(h_{ij})$ le numérateur. Donc $H = \sum_{k=1}^{k=+\infty} k.C^k$. Les éléments de la matrice H peuvent être facilement calculés comme ci-dessous :

$$H = D(D - I) \quad (2-11)$$

³² $[C^k]_{ij}$ indique les éléments (i,j) de la matrice C^k qui diffèrent de c_{ij}^k .

La matrice V de longueur de propagation moyenne est définie comme suit :

$$v_{ij} = \begin{cases} \frac{h_{ij}}{d_{ij} - \delta_{ij}} & \text{si } d_{ij} - \delta_{ij} > 0 \\ 0 & \text{si } d_{ij} - \delta_{ij} = 0 \end{cases} \quad (2-12)$$

Notons que Dietzenbacher et *al.* (2005) montrent que l'on choisisse le modèle de Leontief ou le modèle de Ghosh la méthode de la *longueur de propagation moyenne* donne les mêmes résultats.

En appliquant l'équation (2-12), nous aboutissons à la matrice de longueur de propagation moyenne des 114 branches. En parallèle, nous devons calculer un indicateur permettant de sélectionner les branches ayant de fortes relations économiques entre elles. On calcule ensuite une matrice de liaison F en effectuant la moyenne des éléments de la matrice inverse de Ghosh et les éléments de la matrice inverse de Leontief, en n'oubliant pas de soustraire les effets directs. Ces effets sont respectivement calculés par $G-I$ et $B-I$ (avec B la matrice inverse de Leontief). Ils représentent respectivement les effets en aval et les effets en amont.

La matrice de liaison F est calculée comme ci-dessous :

$$F = \frac{1}{2}[(L-I) + (G-I)] \quad (2-13)$$

La procédure pour retenir la longueur de propagation moyenne induit que les effets de liaison doivent être suffisamment larges ($f_{ij} \geq a$) et que le nombre moyen d'étapes (round) (S_{ij}) est égal à l'entier près v_{ij} . La valeur de a est posée arbitrairement : elle définit la limite de la valeur f_{ij} où les deux branches i et j sont considérées comme ayant de forts effets de liaison entre elles.

La nouvelle matrice S indique le nombre moyen d'étapes pour les branches ayant de forts effets de liaison :

$$S_{ij} = \begin{cases} \text{int}(v_{ij}) & \text{si } f_{ij} \geq a \\ 0 & \text{si } f_{ij} < a \end{cases} \quad (2-14)$$

Pour l'étude des produits bois, nous avons imposé³³ $a = 0,02$. Le tableau ci-dessous indique les éléments de la matrice S_{ij} pour les branches ayant de fortes relations économiques avec les produits bois.

Tableau 2-1 : matrice S pour les produits bois³⁴

| Branches | A02 / A02Z | C41 / F31Z | F31 / C16Z | F32 / C17A | F33 / C17B | H0 / FZ0 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| A02 / A02Z | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| C41 / F31Z | - | 1 | - | - | - | - |
| F31 / C16Z | - | 1 | 1 | 1 | - | 1 |
| F32 / C17A | - | - | - | 1 | 1 | - |
| F33 / C17B | - | - | - | 1 | 1 | - |
| H0 / FZ0 | - | - | - | - | - | 1 |

Les lignes correspondent aux effets en aval et les colonnes aux effets en amont.

³³ La littérature sur la question retient une valeur entre 0,02 et 0,06

³⁴ **A02 / A02Z** : Sylviculture, exploitation forestière, services annexes, **C41 / F31Z** : Fabrication de meubles, **F31 / C16Z** : Travail du bois et fabrication d'articles en bois, **F32 / C17A** : Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton, **F33 / C17B** : Fabrication d'articles en papier ou en carton, **H0 / FZ0** : Construction

Ainsi, ces résultats vérifient bien que les branches traditionnelles attendues sont celles qui ont de fortes relations économiques avec la branche de la sylviculture :

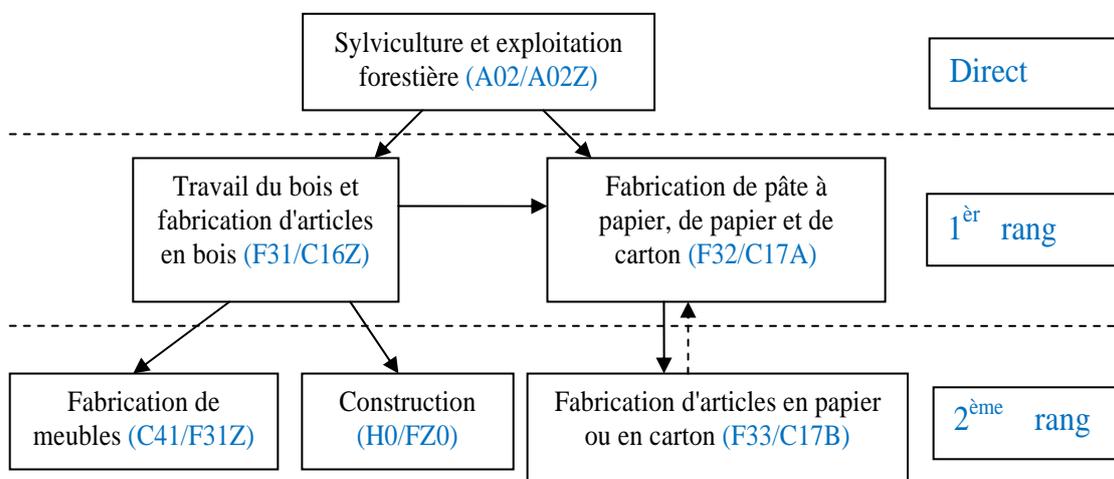
- Sylviculture, exploitation forestière, services annexes (A02 / A02Z)
- Fabrication de meubles (C41 / F31Z)³⁵
- Travail du bois et fabrication d'articles en bois (F31 / C16Z)
- Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (F32 / C17A)
- Fabrication d'articles en papier ou en carton (F33 / C17B)
- Construction (H0 / FZ0)

Les résultats confirment les dépendances attendues. Cependant la branche F32/C16Z *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton* apparaît avec un rang 2. On s'attendait plutôt qu'elle soit de rang 1. En étudiant plus profondément les relations, nous remarquons que, si la majorité des inputs de la branche F32/C16Z (53%) provient bien directement de la branche A02/A02Z (rang 1), 30% des inputs proviennent cependant de branches de rang 2.

Si techniquement ce résultat d'un rang élevé peut s'expliquer par les propriétés de la moyenne (1,71), qui est fortement dépendante des valeurs extrêmes, on peut penser aussi à la dépendance en ressources³⁶ provenant de la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois*. Cependant du fait que la majorité d'inputs de la branche F32/C16Z provienne de la branche A02/A02Z, il est logique de la rétrograder en rang 1 (fréquence la plus élevée). Avec ces informations, nous pouvons donc représenter la filière bois selon les rangs que lient les branches entre elles. *On retrouve bien la correspondance traditionnelle en 1^{er} rang et activité de 1^{ère} transformation et 2^{ème} rang et activité de 2^{ème} transformation. La sylviculture et exploitation forestière sera intégrée par la suite dans les activités de 1^{ère} transformation.*

Le diagramme ci-dessous représente la filière bois compte tenu des informations provenant de la construction des chaînes de production présentées ci-dessus.

Diagramme 2-1 : Visualisation de la filière bois



Ces résultats ont le grand intérêt de confirmer de façon objective des interactions de branche implicitement et empiriquement décrites. Pour mieux analyser l'ensemble des interactions entre branche, nous allons construire une nomenclature spécifique détaillée pour les branches ayant de fortes interactions économiques avec la sylviculture et en parallèle une nomenclature agrégeant les autres branches en grands secteurs économiques. Dans cette nomenclature détaillée, nous avons incorporé une branche en marge de la filière bois, *la production d'électricité et de chaleur*. *Bien que la place de la biomasse ligneuse dans les*

³⁵ Rappelons que la branche *fabrication de meubles (C41)* se trouvait placée avant la branche *travail du bois et fabrication d'objets en bois (F31)* dans la nomenclature de la NES 114. Nous conservons cet ordre pour la cohérence des traitements de données. A noter que la nouvelle nomenclature N.A. donne un ordre plus naturel dans le classement des branches d'activités de la filière, (*F31Z et C16Z*)

³⁶ En particulier les connexes de fabrication ou déchets de scierie (sciure, délingneuses, dosses, ...)

produits commercialisés de cette branche soit encore faible, elle peut représenter un fort potentiel substitutif dans l'avenir. Le tableau ci-dessous présente cette nomenclature spécifique en branches ou secteurs d'activités (S*).

Tableau 2-2: Présentation de la nomenclature adaptée à l'analyse de la filière forêt-bois-papiers

| | Branche d'activités | Nom de la branche | Correspondance NES et NA |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------|
| Filière bois | S1-Sylviculture (1 ^{er} tr) | Sylviculture et exploitation forestière | A02 / A02Z |
| | S2-Meubles (2 ^o tr) | Fabrication de meubles | C41 / C31Z |
| | S3-Travail du bois (1 ^{er} tr) | Travail du bois et fabrication d'articles en bois | F31 / C16Z |
| | S4-Pâtes à papiers (1 ^{er} tr) | Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton | F32 / C17A |
| | S5-Papiers-cartons (2 ^o tr) | Fabrication d'articles en papier ou en carton | F33 / C17B |
| | S6-Construction (2 ^o tr) | Construction | H0 / FZ0 |
| | S7-Electricité et chaleur | Production et distribution d'électricité et de chaleur | G21 / D35A et B |
| Autres branches ou secteurs d'activités | S8-Agriculture | Agriculture, Pêche | EA / A |
| | S9-Indus agro-alim | industries agro-alimentaires | EB / CA |
| | S10-Indus manufacturières | industries manufacturières | EC-EF / C (-CA) |
| | S11-Energie | Energie | EG / B, D, E |
| | S12-Commerce | Commerce | EJ / G |
| | S13-Transports | Transports | EK / H |
| | S14-Services | Services | EL à ER / de I à U |

Cette nomenclature spécifique à la filière bois va permettre d'analyser les effets directs de la filière sur l'activité économique. Elle donne un cadre particulièrement adapté à une perception intelligible de l'ensemble des activités économiques de la région Aquitaine *en se limitant à 14 branches ou secteurs d'activités*.

2.2. Effets directs des activités économiques et des émissions de GES des branches de la filière bois

Analysons d'abord le rôle et le poids de la filière bois dans l'ensemble des activités économiques de la région, sans prendre en considération le rôle de l'interdépendance des branches. Ce travail permet de connaître la contribution des différentes branches de la filière bois à la production et aux émissions de GES de la région.

2.2.1. Les indicateurs caractérisant l'activité économique

Les indicateurs sectoriels et macro-économiques sont construits à partir du TES de la région Aquitaine. Nous avons retenu cinq indicateurs :

- La valeur ajoutée brute (VAB). (données provenant directement du TES régional).
- La contribution des branches à la richesse régionale. Elle est égale au ratio de la valeur ajoutée des branches rapportée à la valeur ajoutée totale de la région.
- L'emploi. Les données proviennent directement du recensement de la population de 1999 (INSEE) comptabilisé selon le nombre d'emplois sur le lieu du travail. Les données ont été actualisées pour 2001.
- Le coefficient de localisation simple (SLQ). Il est égal au ratio de la contribution de la branche à la richesse régionale rapportée à la contribution de cette même branche à la richesse nationale. Si ce coefficient est supérieur à 1, alors la branche contribue d'une manière relativement plus élevée à la richesse au niveau régional qu'au niveau national. La région est donc spécialisée dans cette branche. Dans le cas contraire, la région ne sera pas spécialisée dans cette branche car la branche contribue d'une manière relativement plus faible à la richesse au niveau régional qu'au niveau national.
- Le taux d'importation. Il est égal au rapport de l'importation à la production de la branche. Il indique la place de l'importation du produit relativement à la production correspondante.

➤ Le taux d'exportation. Il est égal au rapport de l'exportation à la production de la branche. Il indique la place de l'exportation du produit relativement à sa production correspondante.

La valeur de ces différents indicateurs est indiquée dans le tableau suivant.

Tableau 2-3: Indicateurs sectoriels de la région Aquitaine

| | Branches | VAB (en Millions d'euros) | Contribution à la richesse régionale | Emploi | SLQ | taux d'importation | taux d'exportation |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| Filière bois | S1-Sylviculture (1^{er} tr) | 426 | 0,71% | 4 387 | 2,57 | 6% | 15% |
| | S2-Meubles (2 ^o tr) | 177 | 0,30% | 5 158 | 0,84 | 78% | 37% |
| | S3-Travail du bois (1^{er} tr) | 490 | 0,82% | 11 471 | 2,69 | 23% | 65% |
| | S4-Pâtes à papiers (1^{er} tr) | 264 | 0,44% | 2 975 | 2,20 | 47% | 86% |
| | S4-Papiers-cartons (2 ^o tr) | 86 | 0,14% | 1 777 | 0,48 | 226% | 119% |
| | S6-Construction (2 ^o tr) | 3 772 | 6,32% | 69 951 | 1,22 | 11% | 14% |
| | S7-Electricité et chaleur | 973 | 1,63% | 7 906 | 1,01 | 38% | 27% |
| Autres branches ou secteurs d'activités | S8-Agriculture | 2 866 | 4,80% | 83 068 | 2,15 | 26% | 57% |
| | S9-Indus agro-alim | 1 575 | 2,64% | 32 216 | 1,03 | 66% | 25% |
| | S10-Indus manufacturières | 5 620 | 9,42% | 100 375 | 0,64 | 201% | 154% |
| | S11-Energie | 87 | 0,15% | 3 467 | 0,16 | 2330% | 1190% |
| | S12-Commerce | 6 403 | 10,73% | 158 662 | 1,01 | 24% | 76% |
| | S13-Transports | 2 212 | 3,71% | 42 548 | 0,84 | 53% | 92% |
| | S14-Services | 34 706 | 58,17% | 582 472 | 1,03 | 31% | 26% |
| TOTAL | | 59 658 | 100% | 1 106 433 | 1,00 | 67% | 63% |

En 2001, la valeur ajoutée régionale totale de la région Aquitaine est estimée à 59 658 M€ soit 4,3% de la valeur ajoutée nationale totale. Les branches des premiers rangs de la filière bois (S1, S3, S4) contribuent à 2% à la richesse régionale (0,7% pour la France entière). En intégrant les branches S2 et S5 de deuxième rang, la contribution de ces branches à la richesse régionale se monte à 2,4%. La part des produits bois dans les 6,3% supplémentaires de la branche construction (S6) est sûrement faible.

Le nombre total d'emplois de la région Aquitaine était de 1 106 433 en 1999, dont 18 833 emplois dans les branches de 1^o transformation (1^o rang) de la filière bois (soit 2% de l'emploi total). Le nombre total d'emplois de la filière bois, en intégrant la 1^o et 2^o transformation (1^o et 2^o rang), était de 95 719 (soit 8,7% de l'emploi total de la région³⁷).

Les indicateurs de spécialisation confirment que la région est bien spécialisée dans les activités de la filière bois pour les activités dites de "premier rang" (S1, S3, S4) avec des coefficients SLQ supérieurs à 2. Ces branches contribuent de façon deux fois plus importante à la richesse régionale qu'à la richesse nationale. On notera que seule l'*agriculture* (S8) apporte la même contribution importante à l'activité régionale.

Au niveau des activités dites de "deuxième rang", il est à noter que la région Aquitaine n'apparaît pas comme spécialisée dans les activités de 2^o transformation de la filière bois, à savoir la *fabrication de meubles* (S2) ou celle d'*articles en papier ou en carton* (S5). Seule la *construction* (S6) apparaît comme une activité importante pour la région, mais ceci pour des raisons indépendantes de l'influence de la filière bois.

Ces différents résultats confirment de façon formelle la contribution relativement importante de la forêt des Landes de Gascogne et des activités de 1^o transformation à l'économie régionale et nationale.

Les branches de 1^{ère} transformation de la filière bois ont des taux d'importation et d'exportation relativement faibles, comparés au niveau national. Pour ces branches, le différentiel de la balance commerciale est positif. Cela s'explique à la fois par la spécialisation régionale et par le fait que ces activités sont localisées à proximité de leur source d'approvisionnement, induisant un faible besoin d'importation.

³⁷ En rappelant que la branche S6 construction concerne essentiellement des activités hors matériaux bois

2.2.2. Les indicateurs d'émission de gaz à effet de serre

L'inventaire des émissions de GES de la région Aquitaine permet de donner une mesure des effets de l'activité économique sur le milieu naturel. Elles révèlent le faible poids des émissions représenté par la filière bois.

Tableau 2-4: Emissions de GES de la région Aquitaine en 2005

| | Branches d'activités | Emissions (ktCO ₂ eq) | Part en % |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------|
| Filière bois | S1-Sylviculture (1° tr) | 40 | 0,3% |
| | <i>S2-Meubles (2° tr)</i> | <i>13</i> | <i>0,1%</i> |
| | S3-Travail du bois (1° tr) | 81 | 0,5% |
| | S4-Pâtes à papiers (1° tr) | 279 | 1,9% |
| | <i>S5-Papiers-cartons (2° tr)</i> | <i>17</i> | <i>0,1%</i> |
| | S6-Construction (2° tr) | 555 | 3,7% |
| | S7-Electricité et chaleur | 642 | 4,3% |
| Autres branches ou secteurs d'activités | S8-Agriculture | 5 474 | 36,3% |
| | S9-Indus agro-alim | 340 | 2,3% |
| | S10 Indus manufacturières | 2 984 | 19,8% |
| | S11-Energie | 92 | 0,6% |
| | S12-Commerce | 711 | 4,7% |
| | S13-Transports | 1 699 | 11,3% |
| | S14-Services | 2 138 | 14,2% |
| Total | | 15 065 | 100% |

Les émissions de GES de la région Aquitaine provenant du processus de production seraient de 15 065 ktCO₂eq. Les émissions de GES provenant des activités de 1° transformation de filière bois (S1, S3, S4) contribueraient pour seulement 2,7% aux émissions régionales. En intégrant la 2° transformation (S2, S5 et S6), la part des émissions régionales se monterait à 6,5%, dont 3,7% pour la seule construction. La filière bois contribuerait donc faiblement aux émissions de GES régionales³⁸. Cependant ces chiffres doivent être rapportés à la richesse régionale créée par ces activités. L'indicateur de l'intensité d'émissions, représentant le montant des émissions de GES nécessaires à la production d'un euro, est plus approprié car il supprime les effets d'échelle. Le tableau ci-dessous donne le montant des coefficients d'émissions.

Tableau 2-5: coefficients d'émissions de la région Aquitaine

| | Branches | Coefficient d'émissions (kgCO ₂ e /€) |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|
| Filière bois | S1-Sylviculture (1° tr) | 0,060 |
| | <i>S2-Meubles (2° tr)</i> | <i>0,026</i> |
| | S3-Travail du bois (1° tr) | 0,054 |
| | S4-Pâtes à papiers (1° tr) | 0,279 |
| | S5-Papiers-cartons (2° tr) | 0,062 |
| | <i>S6-Construction (2° tr)</i> | <i>0,063</i> |
| | S7-Electricité et chaleur | 0,275 |
| Autres branches ou secteurs d'activités | S8-Agriculture | 0,892 |
| | S9-Indus agro-alim | 0,058 |
| | S10-Indus manufacturières | 0,144 |
| | S11-Energie | 0,305 |
| | S12-Commerce | 0,058 |
| | S13-Transports | 0,157 |
| | S14-Services | 0,009 |
| Total | | 0,12 |

³⁸ Il est à noter que les émissions de GES provenant de la *production et distribution de chaleur* en Aquitaine (S7) contribuent à elle seule à 4,3% des émissions de GES régionales, mais avec une part très faible provenant de la biomasse forestière, les émissions directes de bois de feu n'étant cependant pas comptabilisées dans ce chiffre.

En moyenne, la production d'un euro en Aquitaine implique directement une émission de 0,12 kgCO₂eq. Nous pouvons remarquer que, de façon générale, les branches de la filière bois de 1^{ère} et 2^{ème} transformation (1^o et 2^o rang) sont faiblement intensives en émissions de GES. Cependant la *fabrication de pâtes à papier, de papier et de carton* (S4) se démarque fortement des autres branches. Elle est fortement intensive en émissions de GES du fait d'une consommation importante de combustibles gazeux nécessaires à son processus de production. La branche *production et distribution d'électricité et de chaleur* est fortement émettrice de GES, mais la part de produit ligneux à l'origine de ces émissions est faible. Le recours à la biomasse d'origine naturelle, dont la ressource ligneuse, pourrait sensiblement améliorer ce résultat dans l'avenir du fait du mode de comptabilisation particulier de ces émissions.

Ces études d'effets directs ne permettent pas cependant d'expliquer les émissions qui concernent les échanges interindustriels. En effet, la production de la branche amont est déterminée par la commande de produits intermédiaires des branches se trouvant en aval. Nous allons analyser ce type d'échanges de produits et les émissions de GES associées.

2.3. Indicateurs internes de mesure de l'activité économique de la filière : les indicateurs d'effet d'entraînement

Les indicateurs d'effets d'entraînement permettent de prendre en compte les relations complexes d'interdépendance interindustrielle d'une branche avec les autres branches de l'économie. Ils permettent de connaître les impacts de la production et des émissions de GES d'une branche sur la production et les émissions de GES sur les autres branches. Ces impacts d'interdépendance interindustrielle peuvent concerner à la fois les branches en amont (à travers leurs achats de produits intermédiaires), les branches en aval (à travers la vente de leurs productions comme produits intermédiaires) et la demande finale de la branche (à travers la vente de sa production comme produit final). Le modèle entrées-sorties est très pertinent pour réaliser ces études d'interdépendance des branches. Trois types d'indicateurs vont être construits: les multiplicateurs de production et d'émissions de GES, les indices d'Hirschman-Rasmussen et les indicateurs de décomposition des émissions de GES directes et intégrées des branches développés par Sanchez-Choliz et Duarte (2003a, 2003b, 2005).

Les *multiplicateurs de production et d'émissions de GES* d'une branche estiment les impacts directs et indirects, respectivement sur la production et les émissions de GES de l'ensemble des branches, suite à la demande finale d'une unité de cette branche. Ils ne s'intéressent qu'aux effets en amont, à savoir ceux de l'ensemble des branches qui fournissent directement ou indirectement des produits intermédiaires à la branche en question.

Les *indices d'Hirschman-Rasmussen* (1958) ont l'avantage, relativement aux multiplicateurs, de prendre en considération à la fois les effets en amont et les effets en aval des activités économiques. Ils permettent de sélectionner les branches clés, à savoir celles qui ont relativement un effet important en amont et en aval pour la production et/ou les émissions de GES. Les branches clés sont celles ayant d'importants "effets d'entraînement" à travers leurs achats de produits intermédiaires et d'autre part la vente de leur produit. Ils sont fréquemment utilisés dans la littérature. Cependant, Sanchez-Choliz et Duarte (2003a) ont montré les limites de ces indices : ils ne tiennent compte que des effets indirects et la classification sectorielle associée à cet indice ne dépend pas de la composition de la demande finale mais plutôt des caractères des branches "vendeuses" et des branches "acheteuses".

Le *troisième type d'indicateur* développé par Sanchez-Choliz et Duarte (2003a, 2003b, 2005) est une méthode permettant de décomposer, pour chacune des branches, la *production directe et intégrée et les émissions correspondantes*. La *production directe* d'une branche représente la production totale de cette branche tandis que la *production intégrée* regroupe l'ensemble de la production des différentes branches visant à satisfaire la demande finale de cette branche. Ces auteurs ont repris la notion d'intégration verticale développée par Pasinetti (1977). La production et les émissions de GES directes et intégrées des branches seront

analysées selon quatre composantes : la composante interne, la composante mixte, la composante nette en amont et la composante nette en aval, notions précisées ultérieurement.

2.3.1. Le calcul des multiplicateurs régionaux de production et d'émissions de GES

Le multiplicateur régional de production de la branche j est défini comme la valeur totale de la production de toutes les branches de l'économie régionale suite à l'augmentation d'une unité monétaire de la demande finale du secteur j (Miller et Blair, 1985).

Afin de satisfaire la demande finale d'un euro de la branche j , la production de cette branche doit augmenter d'un même montant : c'est l'effet direct. Afin que cette branche puisse produire, elle doit augmenter ses achats de consommations intermédiaires. Ainsi, les branches fournissant ces consommations intermédiaires doivent, à leur tour, augmenter leur production pour répondre à la demande de cette branche. Afin de réaliser ces productions, ces branches doivent également augmenter leurs consommations intermédiaires et ainsi de suite, en remontant en amont dans la filière de production. Tous ces effets en amont de la filière sont appelés les effets indirects. Le multiplicateur de production est ainsi un indicateur de l'interdépendance de cette branche avec l'ensemble des autres branches en amont. Un fort multiplicateur de production signifie que la production de la branche en question a un fort impact sur la production des autres branches en amont de sa production. Autrement dit, elle a un fort effet d'entraînement sur la production régionale. Deux grands facteurs peuvent expliquer la valeur des multiplicateurs de production :

- la part des consommations intermédiaires dans la production : si la part des consommations intermédiaires dans la production est faible dans une branche, l'augmentation de la production de cette branche n'aura qu'un faible impact sur la production des autres branches en amont. Autrement dit, la production nécessite peu de consommations intermédiaires, et elle est surtout le fruit des facteurs de production (travail et capital).

- Les importations : les importations sont considérées comme des fuites dans l'analyse entrées-sorties réduisant les effets d'interdépendance entre les branches dans une même région. Les fuites liées à l'importation peuvent provenir de la demande finale ou de la demande intermédiaire.

Pour calculer les multiplicateurs de production de chaque branche il suffit de diviser la *production intégrée* par le niveau de la demande finale de la branche. Pour le calcul des multiplicateurs des émissions de GES, c'est le même principe : il suffit de diviser les *émissions de GES intégrées* des différentes branches par leur demande finale. En partant du TES en 114 branches, il suffit pour calculer les multiplicateurs d'agréger en 14 secteurs d'activité la production et les émissions de GES respectives.

Le montant des multiplicateurs de production et d'émissions de GES des différentes branches ou secteurs d'activité de la région Aquitaine est donné dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2-6: multiplicateurs de production (en €) multiplicateurs d'émissions de GES (kgCO₂eq/€) et multiplicateur d'emplois (emplois/M€)

| Branches d'activités et composantes | Sylviculture (S1) | Meubles (S2) | Travail du bois (S3) | Pâtes à papiers (S4) | Papiers-cartons (S5) | Construction (S6) | Electricité et chaleur (S7) | |
|-------------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| multiplicateur de production | 1,29 | 1,41 | 1,50 | 1,34 | 1,54 | 1,24 | 1,22 | |
| multiplicateurs d'émissions de GES | 0,08 | 0,06 | 0,09 | 0,35 | 0,16 | 0,09 | 0,31 | |
| multiplicateur d'emploi | 8,63 | 13,57 | 11,27 | 4,48 | 9,91 | 9,79 | 4,62 | |
| Branches d'activités et composantes | Agriculture (S8) | Indus agro-alim (S9) | Indus manufac. (S10) | Energie (S11) | Commerce (S12) | Transports (S13) | Services (S14) | Ensemble branches ou secteurs |
| multiplicateur de production | 1,17 | 1,49 | 1,37 | 1,62 | 1,19 | 1,24 | 1,16 | 1,24 |
| multiplicateurs d'émissions de GES | 0,97 | 0,29 | 0,19 | 0,40 | 0,08 | 0,17 | 0,05 | 0,15 |
| multiplicateur d'emploi | 15,10 | 10,59 | 7,20 | 16,02 | 14,42 | 4,93 | 20,59 | 10,91 |

On peut remarquer que les multiplicateurs de production de la filière sont relativement élevés, tout particulièrement pour les blocs de 1^{er} rang (S1, S3, S4) et de 2^{ème} rang (de S2, S5). *La demande des branches de la filière bois provoque des effets importants d'entraînement sur la production régionale.*

Les multiplicateurs d'emplois sont, par contre, hétérogènes dans la filière bois : ils sont élevés dans la *fabrication de meubles (S2)* et dans le *travail du bois et la fabrication d'articles en bois (S3)*. Ils sont faibles pour la *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (S4)*³⁹

Il est également bon de noter que les multiplicateurs d'émissions de GES sont élevés pour la *fabrication de pâte à papier, papier et carton (S4)* et dans la *fabrication d'articles en papier ou en carton (S5)*⁴⁰. Les multiplicateurs d'émissions dans les autres branches de la filière bois sont relativement faibles. Les éléments de la matrice inverse de Leontief calculés précédemment et les éléments de la matrice inverse de Ghosh vont permettre de repérer les branches clés.

2.3.2. L'analyse des secteurs clés

L'identification des secteurs clés repose sur l'analyse des effets d'entraînement à la fois en amont de la filière ("backward linkage") et en aval de la filière ("forward linkage")⁴¹. Ils permettent de savoir si la production de la branche a relativement un effet d'entraînement sur la production et sur les émissions de GES régionales de la région et si cet effet d'entraînement concerne les branches : seulement en amont de la filière de production, seulement en aval de la filière de production ou dans les deux cas.

- Les effets sur la production régionale

Nous avons calculé la matrice inverse de Leontief et de Ghosh selon le TES en 114 branches. Afin que les résultats soient lisibles, il faut présenter les résultats selon la nomenclature que nous avons adoptée. Se pose alors le problème de l'agrégation des données.

Supposons qu'au départ nous ayons n branches et que nous devions calculer les indicateurs d'Hirschman-Rasmussen pour m branches avec $m < n$. Dans notre cas, $n = 114$ et $m = 14$.

Les différentes étapes nécessaires pour agréger les indices normalisés d'Hirschman-Rasmussen pour les effets en amont sont :

- le calcul de la production intégrée des n branches $P_j^{int} = b_{.j} \cdot Y_j$ avec $j = 1 \dots n$ où $b_{.j}$ représente la somme en colonne des éléments de la matrice inverse de Leontief pour chaque ligne j : $b_{.j} = \sum_i b_{ij}$
- l'agrégation de la production intégrée ainsi que de la demande finale associée en supposant que la branche J agrège les t premières branches.

$$P_J^{int} = \sum_{j=1}^t P_j^{int} \text{ et } Y_J = \sum_{j=1}^t Y_j \text{ avec } J=1 \dots m$$

- le rapport de la production intégrée avec la demande finale. Nous obtenons les multiplicateurs de production de Leontief pour les m branches.

$$b_{.J} = \frac{P_J^{int}}{Y_J}$$

- le calcul des indices normalisés d'Hirschman-Rasmussen pour les effets en amont.

$$B_J = \frac{b_{.J}/m}{\sum_{J=1}^m b_{.J}/m^2}$$

³⁹ Et la *production et distribution d'électricité et de chaleur*

⁴⁰ Et bien sûr pour la branche *Production et distribution d'électricité et de chaleur*

⁴¹ Voir en annexe 11 une présentation de la démarche aboutissant à la construction d'indicateurs pertinents

Reprenons les mêmes étapes pour calculer les indices normalisés d'Hirschman-Rasmussen pour les effets en aval :

- le calcul de la production intégrée des n branches $P_i^{int} = c_i \cdot Y_i$ avec $i = 1 \dots n$ et c_i la somme en colonne des éléments de la matrice inverse de Ghosh pour chaque ligne i :

$$c_i = \sum_j c_{ij}$$

- l'agrégation de la production intégrée ainsi que la demande finale associée en supposant que la branche I agrège les t premières branches.

$$P_I^{int} = \sum_{i=1}^t P_i^{int} \text{ et } Y_I = \sum_{i=1}^t Y_i \text{ avec } I=1 \dots m$$

- le rapport de la production intégrée à la valeur ajoutée augmentée des taxes et des importations. Nous obtenons les multiplicateurs de production de Ghosh pour les m branches

$$d_I = \frac{P_I^{int}}{Y_I}$$

- le calcul des indices normalisés d'Hirschman-Rasmussen pour les effets en aval

$$F_I = \frac{d_{I.}/m}{\sum_{I=1}^m d_{I.}/m^2}$$

Selon les valeurs prises par B_J et B_I , il est possible de classer les branches comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

| | | Effets en amont | |
|----------------|-----------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| | | $B_J < 1$ | $B_J > 1$ |
| Effets en aval | $F_I < 1$ | Branches à faibles liaisons (L) | Branches à fortes liaisons an amont (B) |
| | $F_I > 1$ | Branches à fortes liaisons en aval (F) | Branches clés : branches à fortes liaison en amont et en aval (K) |

Le tableau 2-7 indique le montant des indicateurs d'effets d'entraînement d'Hirschman-Rasmussen pour chacune des branches.

Tableau 2-7: Le montant des indicateurs d'effets d'entraînement d'Hirschman-Rasmussen pour la production régionale

| | | Effets en amont (backward effects) | Effets en aval (Forward effects) | Effets dominants |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Filière bois | S1-Sylviculture (1° tr) | 0,962 | 1,524 | F |
| | S2-Meubles (2° tr) | 1,051 | 0,853 | B |
| | S3-Travail du bois (1° tr) | 1,119 | 1,177 | K |
| | S4-Pâtes à papiers (1° tr) | 0,996 | 1,135 | F |
| | S5-Papiers-cartons (2° tr) | 1,148 | 1,036 | K |
| | S6-Construction (2° tr) | 0,920 | 0,839 | L |
| | S7-Electricité et chaleur | 0,906 | 0,974 | L |
| Autres branches ou secteurs d'activités | S8-Agriculture | 0,867 | 1,019 | F |
| | S9-Indus agro-alim | 1,106 | 0,906 | B |
| | S10-Indus manufacturières | 1,022 | 0,950 | B |
| | S11-Energie | 1,208 | 0,862 | B |
| | S12-Commerce | 0,909 | 0,895 | L |
| | S13-Transports | 0,920 | 0,907 | L |
| | S14-Services | 0,866 | 0,923 | L |

Les résultats confirment que la *sylviculture et exploitation forestière (S1)* a un effet d'entraînement en aval sur la production régionale. Il est intéressant de noter que la branche *fabrication de pâte à papiers (S4)* a un effet d'entraînement en aval important tandis que cet effet est faible en amont. A contrario, la branche *fabrication de meubles (S2)* a principalement un effet important en amont. Deux branches de la filière bois sont des branches clés pour la région Aquitaine : ce sont le *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* et la *fabrication d'articles en papier ou en carton (S5)*. Les branches *construction (S6)* et la *production distribution d'électricité et de chaleur (S7)* ont des effets d'entraînement relativement faibles.

- *Les effets sur l'emploi*

Le mode de calcul des indicateurs d'effets d'entraînement d'Hirschman-Rasmussen est le même que dans le cas de la production. On associe pour chacune des branches la production avec les emplois correspondants déterminant ainsi la *quantité d'emplois nécessaires pour produire une unité monétaire supplémentaire dans une branche donnée*. On utilisera par la suite le terme "d'intensité d'emploi".

Les résultats des indicateurs d'effets d'entraînement d'Hirschman-Rasmussen pour l'emploi sont présentés dans le tableau 2-8.

Tableau 2-8: Le montant des indicateurs d'effets d'entraînement d'Hirschman-Rasmussen pour emploi

| | | Effets en amont (backward effects) | Effets en aval (Forward effects) | Effets dominants |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Filière bois | S1-Sylviculture (1° tr) | 0,843 | 1,370 | F |
| | S2-Meubles (2° tr) | 1,325 | 1,091 | K |
| | S3-Travail du bois (1° tr) | 1,101 | 1,172 | K |
| | S4-Pâtes à papiers (1° tr) | 0,438 | 0,578 | L |
| | S5-Papiers-cartons (2° tr) | 0,969 | 0,925 | L |
| | S6-Construction (2° tr) | 0,956 | 0,858 | L |
| | S7-Electricité et chaleur | 0,451 | 0,558 | L |
| Autres branches ou secteurs d'activités | S8-Agriculture | 1,476 | 1,583 | K |
| | S9-Indus agro-alim | 1,035 | 0,705 | B |
| | S10-Indus manufacturières | 0,704 | 0,626 | L |
| | S11-Energie | 1,565 | 1,445 | K |
| | S12-Commerce | 1,409 | 1,381 | K |
| | S13-Transports | 0,482 | 0,495 | L |
| | S14-Services | 1,248 | 1,214 | K |

Les branches de la filière bois ayant des effets d'entraînement relativement importants, aussi bien en amont qu'en aval, sur l'emploi régional sont la *fabrication de meubles (S2)* et le *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)*. La branche *sylviculture et exploitation forestière (S1)* a essentiellement un effet d'entraînement en aval sur l'emploi régional. Les autres branches de la filière ont des effets d'entraînement relativement limités.

- *Les effets sur les émissions de GES régionales*

La méthode de calculs des indicateurs d'effets d'entraînement d'Hirschman-Rasmussen pour les émissions de GES est identique à la précédente. Il suffit de remplacer l'intensité d'emplois par les coefficients d'émissions de GES. Le tableau ci-dessous indique le montant de ces indicateurs. Comme il s'agit d'émissions de GES, *les indicateurs doivent être lus inversement par rapport aux indicateurs précédents*.

Tableau 2-9 : Le montant des indicateurs d'effets d'entraînement d'Hirschman-Rasmussen pour les émissions de GES régionales

| | | Effets en amont (backward effects) | Effets en aval (Forward effects) | Effets dominants |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| Filière bois | S1-Sylviculture (1° tr) | 0,359 | 0,643 | L |
| | S2-Meubles (2° tr) | 0,251 | 0,177 | L |
| | S3-Travail du bois (1° tr) | 0,373 | 0,540 | L |
| | S4-Pâtes à papiers (1° tr) | 1,499 | 1,661 | K |
| | S5-Papiers-cartons (2° tr) | 0,664 | 0,466 | L |
| | S6-Construction (2° tr) | 0,393 | 0,335 | L |
| | S7-Electricité et chaleur | 1,327 | 1,452 | K |
| Autres branches ou secteurs d'activités | S8-Agriculture | 4,118 | 4,435 | K |
| | S9-Indus agro-alim | 1,218 | 0,457 | B |
| | S10-Indus manufacturières | 0,789 | 0,816 | L |
| | S11-Energie | 1,709 | 1,534 | K |
| | S12-Commerce | 0,351 | 0,373 | L |
| | S13-Transports | 0,728 | 0,839 | L |
| | S14-Services | 0,219 | 0,270 | L |

Il est intéressant de noter que les branches de la filière bois ont un effet d'entraînement relativement faible sur les émissions de GES. Cependant, une exception apparaît pour la branche *fabrication de pâtes à papier, de papier et de carton* qui a un effet relativement important sur les émissions de GES aussi bien pour les branches en amont et en aval de sa filière de production. Ce résultat est cohérent avec un processus industriel de fabrication des pâtes fortement consommateur au niveau énergétique⁴².

2.4. Les échanges de produits et d'émissions de GES au travers des blocs d'activité

Le calcul des productions directes et indirectes des différentes branches, en distinguant les composantes interne, mixte, nette en amont et nette en aval, va permettre d'approfondir la connaissance des activités de la filière bois d'Aquitaine. Nous déterminerons ensuite les indicateurs des émissions de GES en intégrant dans la production les intensités d'émissions. Nous repèrerons enfin les principales branches ayant de fortes relations économiques et environnementales. Cette analyse en quatre composantes sera réalisée par la mise en œuvre de la décomposition de l'activité économique en un *système de blocs d'activités*.

2.4.1. Les effets sur la production régionale

Nous allons déterminer l'origine et la destination de produits régionaux.

On part de l'équilibre emploi-ressource des produits régionaux.

$$P^R = A^R P^R + Y^R \quad (2-15)$$

Où P^R est vecteur de production régionale d'ordre ($n \times 1$), Y^R le vecteur de la demande finale de produits régionaux d'ordre ($n \times 1$) et A^R la matrice des coefficients techniques régionaux d'ordre ($n \times n$).

L'équation (2-15) après arrangement peut également s'écrire comme ci-dessous :

$$P^R = (I - A^R)^{-1} Y^R \quad (2-16)$$

Dans l'équation (2-16) $\Delta^R = (I - A^R)^{-1}$ représente la matrice inverse de Leontief d'ordre $n \times n$. Nous allons partitionner la matrice inverse de Leontief en deux grands *blocs*.

⁴² Les résultats confirment que la branche *production et distribution d'électricité et de chaleur (S7)* via la production d'électricité et de chaleur, est une branche particulièrement émettrice de GES. Le recours à la *biomasse ligneuse* pourrait réduire dans l'avenir les effets d'entraînement de cette branche sur les émissions régionales de GES

Notons par B_S le bloc composé de m branches (avec $m < n$) et B_{-S} toutes les autres branches (soit $n-m$ branches).

Avec le "système de bloc", le vecteur de la production et les équations ci-dessus peuvent s'écrire comme ci-dessous.

$$P^R = \begin{bmatrix} P_S^R \\ P_{-S}^R \end{bmatrix} \quad (2-17)$$

$$\begin{bmatrix} P_S^R \\ P_{-S}^R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{S,S}^R & A_{S,-S}^R \\ A_{-S,S}^R & A_{-S,-S}^R \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_S^R \\ P_{-S}^R \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_S^R \\ Y_{-S}^R \end{bmatrix} \quad (2-18)$$

$$\begin{bmatrix} P_S^R \\ P_{-S}^R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta_{S,S}^R & \Delta_{S,-S}^R \\ \Delta_{-S,S}^R & \Delta_{-S,-S}^R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_S^R \\ Y_{-S}^R \end{bmatrix} \quad (2-19)$$

Avec

$$(I - A^R)^{-1} = \begin{bmatrix} \Delta_{S,S}^R & \Delta_{S,-S}^R \\ \Delta_{-S,S}^R & \Delta_{-S,-S}^R \end{bmatrix} \quad (2-20)$$

Où $\Delta_{S,S}^R \geq (I - A_{S,S}^R)^{-1}$ et $\Delta_{-S,-S}^R \geq (I - A_{-S,-S}^R)^{-1}$

Le système de bloc permet de distinguer quatre composantes associées à B_S :

- composante interne : $(I - A_{S,S}^R)^{-1} \cdot Y_S^R$
- composante mixte : $\left[\Delta_{S,S}^R - (I - A_{S,S}^R)^{-1} \right] \cdot Y_S^R$
- composante nette en aval : $\Delta_{S,-S}^R \cdot Y_{-S}^R$
- composante nette en amont : $\Delta_{-S,S}^R \cdot Y_S^R$

La **composante interne** capture les inputs produits par les branches comprises dans B_S , avec une absence d'intervention provenant des autres branches, et utilisés par B_S pour satisfaire la demande finale Y_S .

La **composante mixte** contient les inputs produits par les branches B_S , qui vont ensuite être vendus comme produits intermédiaires dans les branches provenant des autres blocs B_{-S} et qui reviennent comme inputs au bloc initial B_S pour satisfaire sa demande finale.

La **composante nette en aval** représente les inputs produits par le bloc B_S qui vont servir à la production des autres blocs B_{-S} destinés à satisfaire leur demande finale. On parlera de "**ventes nettes**".

La somme de la composante **interne**, de la composante **mixte** et de la composante **nette en aval** correspond à la **production directe** de B_S . Ces trois composantes indiquent la destination de la production du bloc B_S : *premièrement en restant à B_S sans quitter le bloc pour satisfaire la demande finale, deuxièmement en quittant le bloc pour revenir ensuite pour satisfaire la demande finale et troisièmement en quittant définitivement le bloc afin de satisfaire la demande finale de B_{-S} .*

On s'intéressera particulièrement à la part de la composante nette aval rapportée à la production directe.

La **composante nette en amont** contient les inputs produits par les branches provenant des autres blocs B_{-S} qui sont nécessaires à la production B_S servant à satisfaire directement sa demande finale. On parlera "**d'achats nets**".

La somme de la composante **interne**, de la composante **mixte** et de la composante **nette en amont** correspond à la **production intégrée** de B_S . Les composantes interne et mixte restent les mêmes, on intègre la composante nette en amont qui représente la production du bloc B_{-S} servant comme produits intermédiaires par le bloc B_S afin de répondre à sa demande finale.

On s'intéressera particulièrement à la part de la composante nette amont rapportée à la production intégrée.

La comparaison entre les productions directe et intégrée permet de savoir si un bloc est un "acheteur net" ou un "vendeur net de produits". Pour l'ensemble de l'économie, les deux productions sont identiques. Chaque bloc se positionne par rapport à un comportement moyen. Un bloc est un acheteur net si sa production intégrée est plus élevée que sa production directe, c'est à dire si sa composante en amont est plus importante que sa composante nette en aval. A contrario, un bloc est vendeur net si sa production directe est plus élevée que sa production intégrée, c'est à dire si sa composante nette en aval est plus importante que sa composante nette en amont.

Les résultats en 14 blocs indiquent le montant de la production directe et intégrée, ainsi que les différentes composantes associées⁴³.

Tableau 2-10 : Production directe, production intégrée et composantes

| En millions d'euros | Production intégrée (a) | Production directe (b) | Composante interne | % sur (a) | Composante mixte | % sur (a) | Composante nette en amont | % sur (a) | Composante nette en aval | % sur (b) |
|-----------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|-----------|------------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| S1 - Sylviculture | 336 | 669 | 321 | 96% | 1 | 0% | 14 | -4% | 347 | 52% |
| S2 - Meubles | 622 | 501 | 445 | 71% | 0 | 0% | 177 | 29% | 56 | 11% |
| S3 - Travail du bois | 1 317 | 1 506 | 1 052 | 80% | 3 | 0% | 263 | 20% | 451 | 30% |
| S4 - Pâtes à papiers | 847 | 1 001 | 758 | 89% | 0 | 0% | 89 | 11% | 243 | 24% |
| S5 - Papiers-cartons | 291 | 269 | 197 | 68% | 0 | 0% | 94 | 32% | 72 | 27% |
| S6 - Construction | 9 743 | 8 787 | 8 300 | 85% | 4 | 0% | 1 439 | 15% | 483 | 5% |
| S7 - Electricité et chaleur | 2 158 | 2 336 | 1 886 | 87% | 1 | 0% | 271 | 13% | 449 | 19% |
| S8 - Agriculture | 5 009 | 6 134 | 4 591 | 92% | 15 | 0% | 404 | 8% | 1 528 | 25% |
| S9 - Indus agro-alim | 7 337 | 5 877 | 5 272 | 72% | 33 | 0% | 2 032 | 28% | 572 | 10% |
| S10 - Indus manufac. | 22 413 | 20 695 | 19 031 | 85% | 53 | 0% | 3 329 | 15% | 1 611 | 8% |
| S11 - Energie | 422 | 301 | 272 | 65% | 0 | 0% | 150 | 35% | 28 | 9% |
| S12 - Commerce | 12 638 | 12 300 | 10 547 | 83% | 26 | 0% | 2 065 | 16% | 1 726 | 14% |
| S13 - Transports | 11 044 | 10 812 | 9 853 | 89% | 9 | 0% | 1 182 | 11% | 950 | 9% |
| S14 - Services | 51 574 | 54 566 | 48 956 | 95% | 196 | 0% | 2 422 | 5% | 5 413 | 10% |
| Total | 125 753 | 125 753 | 111 481 | 89% | 342 | 0% | 13 930 | 11% | 13 930 | 11% |

Pour l'ensemble des blocs, la composante interne est très forte (89%), la composante mixte est négligeable et la part de la composante nette en amont et en aval est très faible (11%). De façon générale cela signifie que la production régionale destinée à satisfaire la demande domestique est peu expliquée par les inputs d'origine régionale.

Analysons les échanges interindustriels de la filière bois. Sans surprise, la *sylviculture et exploitation forestière (S1)*, se trouvant le plus en amont de la filière bois, est un vendeur net de produits régionaux. La composante nette en amont est la plus faible des blocs (4% de la production intégrée) tandis que **la part de la composante nette en aval est la plus forte des blocs (52% de la production directe)**.

Les blocs de la filière bois de 1^{er} rang, *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* et *fabrication de pâtes à papier, papier et carton (S4)*, sont également **acheteurs nets de produits régionaux**. Cependant, la part de la composante nette en amont et en aval dans le *travail du bois et fabrication en bois est relativement importante*.

Les blocs de la filière bois de 2^{ème} rang, *fabrication de meubles (S2)*, *fabrication d'articles en papier ou en carton (S5)* et *construction (S6)*, sont plutôt acheteurs nets de produits régionaux. Il est important de noter que la *fabrication d'articles en papier ou en carton (S5)* a des parts de composante nette en amont et en aval importantes, la composante interne est donc relativement faible. **Ce bloc (ou branche) effectue un nombre relativement important d'échanges à l'intérieur de la région** : il utilise les inputs d'origine régionale et vend ses produits intermédiaires aux agents économiques régionaux.

Les seules autres composantes nettes en amont notables dans les autres blocs, hors filière bois, concernent les *industries agro-alimentaires (S9)* et secteur de l'*énergie (S11)*.

⁴³ Notons que rien n'empêche qu'un bloc se réduise à une seule branche, ce qui est ici le cas ici pour les branches de la filière bois. Le concept est particulièrement utile pour les autres secteurs d'activité.

Ces résultats permettront de déterminer les échanges d'émissions de GES en intégrant l'intensité d'émissions de GES. Intéressons-nous d'abord aux effets sur l'emploi.

2.4.2. Les effets sur l'emploi

Pour connaître le montant des transferts d'emploi de la région entre les différents blocs, il suffit d'intégrer dans la matrice inverse de Leontief l'intensité d'emploi. Le montant d'emploi des branches est calculé à partir de l'équation (2-21) ci-dessous :

$$N^R = n^R (I - A^R)^{-1} Y^R \quad (2-21)$$

Où n^R représente l'intensité d'emplois, à savoir le montant d'emplois nécessaires pour produire un euro. Pour chaque branche i , elle est calculée comme ci-dessous :

$$n_i^R = \frac{N_i^R}{P_i^R} \quad (2-22)$$

En intégrant les branches en deux grands blocs B_S et B_{-S} , l'emploi de ces deux blocs est obtenu :

$$\begin{bmatrix} N_S^R \\ N_{-S}^R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_S^R & 0 \\ 0 & n_{-S}^R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_{S,S}^R & \Delta_{S,-S}^R \\ \Delta_{-S,S}^R & \Delta_{-S,-S}^R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_S^R \\ Y_{-S}^R \end{bmatrix} \quad (2-23)$$

A l'instar de la production, il est possible de décomposer l'emploi de chaque bloc selon quatre grandes composantes :

- composante interne : $n_S^R \cdot (I - A_{S,S}^R)^{-1} \cdot Y_S^R$
- composante mixte : $n_S^R \cdot \left[\Delta_{S,S}^R - (I - A_{S,S}^R)^{-1} \right] \cdot Y_S^R$
- composante nette en aval : $n_S^R \cdot \Delta_{S,-S}^R \cdot Y_{-S}^R$
- composante nette en amont : $n_{-S}^R \cdot \Delta_{-S,S}^R \cdot Y_S^R$

La composante interne représente les emplois générés par la production du bloc B_S destinés à satisfaire la demande finale de B_S . La composante mixte représente les emplois générés par la production du bloc B_S servant comme inputs pour la production de B_{-S} et qui revient ensuite au bloc initial B_S pour satisfaire la demande finale. La composante nette en aval représente les emplois générés par la production dans le bloc B_S et transférés à B_{-S} afin de répondre à sa demande finale sans revenir au bloc initial. La composante nette en amont représente les emplois générés par la production dans le bloc B_{-S} servant comme produits intermédiaires par le bloc B_S afin de répondre à sa demande finale. Le tableau ci-dessous indique les emplois directs et intégrés, décomposés selon ses différentes composantes.

Tableau 2-11 : Emplois directs, emplois intégrés et composantes

| En nombre d'emplois | Emplois intégrés (a) | Emplois directs (b) | Composante interne | % sur (a) | Composante mixte | % sur (a) | Composante nette en amont | % sur (a) | Composante nette en aval | % sur (b) |
|-----------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------|------------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| S1 - Sylviculture | 2 242 | 4 387 | 2 104 | 94% | 6 | 0% | 132 | 6% | 2 277 | 52% |
| S2 - Meubles | 5 973 | 5 158 | 4 581 | 77% | 0 | 0% | 1 392 | 23% | 577 | 11% |
| S3 - Travail du bois | 9 877 | 11 471 | 8 014 | 81% | 23 | 0% | 1 840 | 19% | 3 434 | 30% |
| S4 - Pâtes à papiers | 2 837 | 2 975 | 2 252 | 79% | 1 | 0% | 584 | 21% | 722 | 24% |
| S5 - Papiers-cartons | 1 868 | 1 777 | 1 298 | 69% | 1 | 0% | 569 | 30% | 478 | 27% |
| S6 - Construction | 77 134 | 69 951 | 66 073 | 86% | 35 | 0% | 11 027 | 14% | 3 844 | 5% |
| S7 - Electricité et chaleur | 8 188 | 7 906 | 6 383 | 78% | 2 | 0% | 1 802 | 22% | 1 521 | 19% |
| S8 - Agriculture | 64 927 | 83 068 | 62 176 | 96% | 200 | 0% | 2 551 | 4% | 20 692 | 25% |
| S9 - Indus agro-alim | 52 283 | 32 216 | 29 546 | 57% | 97 | 0% | 22 640 | 43% | 2 573 | 8% |
| S10 - Indus manufac. | 117 496 | 100 375 | 90 769 | 77% | 285 | 0% | 26 441 | 23% | 9 321 | 9% |
| S11 - Energie | 4 164 | 3 467 | 3 159 | 76% | 0 | 0% | 1 005 | 24% | 308 | 9% |
| S12 - Commerce | 149 227 | 158 662 | 136 060 | 91% | 337 | 0% | 12 830 | 9% | 22 265 | 14% |
| S13 - Transports | 44 052 | 42 548 | 35 922 | 82% | 57 | 0% | 8 073 | 18% | 6 569 | 15% |
| S14 - Services | 566 165 | 582 472 | 546 206 | 96% | 1 262 | 0% | 18 697 | 3% | 35 005 | 6% |
| Total | 1 106 433 | 1 106 433 | 994 542 | 90% | 2 306 | 0% | 109 584 | 10% | 109 584 | 10% |

Comme précédemment la composante interne des blocs est très forte (90%). En outre, la composante mixte est quasi-nulle. La composante nette associée en amont et en aval est très faible (10%). Ainsi, la production régionale afin de satisfaire la *seule demande finale domestique* provient peu des emplois d'origine régionale.

Concernant la filière bois, les branches ayant une composante nette en amont importante pour l'emploi sont la *fabrication d'articles en papier ou en carton (S5)* (30%) et la *fabrication de meubles (S2)* (23%) tandis que cette composante est naturellement faible pour la *sylviculture et l'exploitation forestière (S1)* (6%) en tant que branche de début de filière.

A contrario, la *sylviculture et l'exploitation forestière (S1)* a une composante nette en aval très élevée (52%) suivie, dans une moindre mesure, par le *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* (30%), la *fabrication d'articles en papier ou en carton (S5)* (27%) et la *fabrication de pâtes à papier, de papier et de carton (S4)* (24%). La branche *construction (S6)* a, au contraire, une part de la composante nette en aval très faible (5%).

Dans l'ensemble on relève que les branches de la filière bois ont des effets notables sur l'emploi des branches amont et aval, en comparaison des effets provenant des autres branches d'activités régionales.

Dans les autres blocs d'activités, hors filière bois, seules les *industries agro-alimentaires (S9)* ont une composante nette en aval supérieure à celles des branches de la filière bois. L'*agriculture (S8)* a un profil qui se rapproche logiquement de la *sylviculture et exploitation forestière (S1)*.

2.4.3. Les effets sur les émissions de GES régionales

Pour connaître le montant des échanges d'émissions de GES régionales entre les différents blocs, il suffit d'intégrer l'intensité d'émissions de GES. Le montant des émissions de GES des branches est calculé à partir de l'équation (2-24) ci-dessous :

$$E^R = e^R (I - A^R)^{-1} Y^R \quad (2-24)$$

où e^R représente l'intensité d'émissions, à savoir le montant des émissions nécessaires pour produire un euro. Pour chaque branche i , elle est calculée ci-dessous :

$$e_i^R = \frac{E_i^R}{P_i^R} \quad (2-25)$$

En intégrant les branches en deux grands blocs B_S et B_{-S} , les émissions de ces deux blocs sont obtenues comme ci-dessous :

$$\begin{bmatrix} E_S^R \\ E_{-S}^R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_S^R & 0 \\ 0 & e_{-S}^R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_{S,S}^R & \Delta_{S,-S}^R \\ \Delta_{-S,S}^R & \Delta_{-S,-S}^R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_S^R \\ Y_{-S}^R \end{bmatrix} \quad (2-26)$$

A l'instar de la production, il est possible de décomposer les émissions du bloc selon quatre grandes composantes :

- composante interne : $e_S^R \cdot (I - A_{S,S}^R)^{-1} \cdot Y_S^R$
- composante mixte : $e_S^R \cdot \left[\Delta_{S,S}^R - (I - A_{S,S}^R)^{-1} \right] \cdot Y_S^R$
- composante nette en aval : $e_S^R \cdot \Delta_{S,-S}^R \cdot Y_{-S}^R$
- composante nette en amont : $e_{-S}^R \cdot \Delta_{-S,S}^R \cdot Y_S^R$

La composante interne représente les émissions générées par la production du bloc B_S destinés à satisfaire la demande finale de B_S . La composante mixte représente les émissions de GES générées par la production du bloc B_S servant comme inputs pour la production de B_{-S} et qui revient ensuite au bloc initial B_S pour satisfaire la demande finale. La composante nette en aval représente les émissions de GES générées par la production dans le bloc B_S et transférées à B_{-S} afin de répondre à sa demande finale sans revenir au bloc initial. La

composante nette en amont représente les émissions de GES générées par la production dans le bloc B_s servant comme produits intermédiaires par le bloc B_s afin de répondre à sa demande finale.

Tableau 2-12 : Emissions de GES directes, émissions de GES intégrées et composantes

| En ktCO ₂ eq | Emissions intégrées (a) | Emissions directes (b) | Composante interne | % sur (a) | Composante mixte | % sur (a) | Composante nette en amont | % sur (a) | Composante nette en aval | % sur (b) |
|-----------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|-----------|------------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| S1 - Sylviculture | 22 | 40 | 19 | 88% | 0 | 0% | 3 | 12% | 21 | 52% |
| S2 - Meubles | 26 | 13 | 11 | 44% | 0 | 0% | 15 | 56% | 1 | 11% |
| S3 - Travail du bois | 77 | 81 | 57 | 74% | 0 | 0% | 20 | 26% | 24 | 30% |
| S4 - Pâtes à papiers | 224 | 279 | 212 | 95% | 0 | 0% | 12 | 5% | 68 | 24% |
| S5 - Papiers-cartons | 30 | 17 | 12 | 42% | 0 | 0% | 17 | 58% | 5 | 27% |
| S6 - Construction | 731 | 555 | 524 | 72% | 0 | 0% | 206 | 28% | 31 | 5% |
| S7 - Electricité et chaleur | 554 | 642 | 523 | 94% | 0 | 0% | 31 | 6% | 118 | 18% |
| S8 - Agriculture | 4 171 | 5 474 | 4 093 | 98% | 13 | 0% | 65 | 2% | 1 369 | 25% |
| S9 - Indus agro-alim | 1 417 | 340 | 273 | 19% | 6 | 0% | 1 137 | 80% | 60 | 18% |
| S10 - Indus manufac. | 3 032 | 2 984 | 2 724 | 90% | 6 | 0% | 302 | 10% | 253 | 8% |
| S11 - Energie | 105 | 92 | 85 | 81% | 0 | 0% | 20 | 19% | 7 | 8% |
| S12 - Commerce | 857 | 711 | 610 | 71% | 2 | 0% | 245 | 29% | 100 | 14% |
| S13 - Transports | 1 533 | 1 699 | 1 443 | 94% | 2 | 0% | 88 | 6% | 253 | 15% |
| S14 - Services | 2 287 | 2 138 | 1 851 | 81% | 10 | 0% | 426 | 19% | 277 | 13% |
| Total | 15 065 | 15 065 | 12 437 | 83% | 41 | 0% | 2 587 | 17% | 2 587 | 17% |

D'une manière globale, on note que la part de la composante interne (83%) est un peu plus faible que pour la production régionale (89%)⁴⁴. Concernant les branches de la filière bois, les blocs qui sont *acheteurs nets* de produits régionaux sont également *acheteurs nets d'émissions* de GES. Réciproquement, les blocs qui sont *vendeurs nets de produits régionaux* sont également *vendeurs nets d'émissions de GES*.

Les parts des composantes en amont d'émission de GES sont plus importantes par rapport à celles des échanges de produits⁴⁵ pour les branches : *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* (26% contre 20%), *fabrication d'articles en papier ou en carton (S5)* (58% contre 32%) et *construction (S6)* (28% contre 15%). L'augmentation de la composante en amont induit une baisse de la composante interne. Ces résultats semblent indiquer que ces branches consomment des inputs relativement intensifs en émissions de GES. A contrario, la branche *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (S4)* a une composante en amont plus faible relativement aux échanges de produits régionaux (de 11% à 5%). Cela implique une composante interne moindre.

Dans les autres blocs, hors filière bois, seules les industries agro-alimentaires (S9) ont une composante nette extrêmement importante, de 80%.

La part de la composante en aval est stable pour les branches de la filière bois. Ce résultat s'explique par le fait que, par construction, chaque branche constitue à elle seule un bloc et que les émissions directes d'une branche, qu'elles soient destinées à la demande finale ou aux branches en aval, sont reliées proportionnellement à la production à travers l'intensité d'émission. Par contre, la part de la composante en aval peut se modifier si *un bloc est composé de plusieurs branches* car la destination des produits de ce bloc entre demande finale et bloc en aval peut différer.

2.4.4. Le montant des échanges de produits et d'émissions de GES entre les différents blocs de la filière

Il est possible de mieux comprendre ces mécanismes en déterminant le montant des échanges de production et d'émissions de GES entre les différents blocs.

Les tableaux 2-13, 2-14 et 2-15 donnés ci-contre montrent respectivement le montant des échanges de produits, des emplois et des émissions de GES entre les différents blocs de la région Aquitaine. Ces éléments sont essentiels pour la réalisation de réflexions prospectives.

⁴⁴ Tableau 2-10

⁴⁵ Tableau 2-10

Tableau 2-13 : Montant des échanges de produits entre les différents blocs de la région Aquitaine (en M€)

| | | | Effet en amont | | | | | | | | | | | | | | Production intégrée |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------|----------------|--------------|---------------------|
| | | | Filière bois | | | | | | | Autres branches ou secteurs | | | | | | | |
| | | | S1 Sylviculture | S2 Meubles | S3 Travail du bois | S4 Pâtes à papiers | S5 Papiers-cartons | S6 Construction | S7 Electricité et chaleur | S8 Agriculture | S9 Indus agro-alim | S10 Indus manufac. | S11 Energie | S12 Commerce | S13 Transports | S14 Services | |
| Effets en aval | Filière bois | S1 - Sylviculture | 322 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 3 | 336 | |
| | | S2 - Meubles | 16 | 445 | 74 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 23 | 0 | 17 | 5 | 37 | 622 | |
| | | S3 - Travail du bois | 205 | 0 | 1 055 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 9 | 14 | 6 | 22 | 1 317 | |
| | | S4 - Pâtes à papiers | 13 | 0 | 12 | 758 | 1 | 1 | 9 | 0 | 1 | 11 | 0 | 6 | 7 | 26 | 847 |
| | | S5 - Papiers-cartons | 4 | 0 | 3 | 29 | 197 | 1 | 3 | 0 | 2 | 10 | 0 | 10 | 6 | 27 | 291 |
| | | S6 - Construction | 31 | 1 | 150 | 1 | 2 | 8 304 | 17 | 53 | 7 | 415 | 1 | 161 | 59 | 533 | 9 735 |
| | | S7 - Electricité et chaleur | 1 | 0 | 2 | 3 | 0 | 47 | 1 887 | 7 | 1 | 23 | 4 | 11 | 17 | 156 | 2 158 |
| | Autres branches ou secteurs | S8 - Agriculture | 7 | 0 | 32 | 2 | 1 | 5 | 9 | 4 606 | 120 | 64 | 2 | 60 | 17 | 86 | 5 009 |
| | | S9 - Indus agro-alim | 6 | 1 | 26 | 19 | 10 | 9 | 34 | 1 159 | 5 305 | 100 | 3 | 207 | 81 | 376 | 7 337 |
| | | S10 - Indus manufac. | 22 | 29 | 64 | 88 | 31 | 46 | 125 | 33 | 63 | 19 084 | 5 | 681 | 256 | 1 887 | 22 412 |
| | | S11 - Energie | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 15 | 6 | 0 | 1 | 18 | 272 | 8 | 7 | 93 | 423 |
| | | S12 - Commerce | 22 | 3 | 30 | 8 | 4 | 24 | 41 | 91 | 56 | 174 | 2 | 10 574 | 213 | 1 368 | 12 608 |
| | | S13 - Transports | 4 | 2 | 12 | 43 | 3 | 35 | 34 | 7 | 12 | 141 | 1 | 130 | 9 862 | 799 | 11 083 |
| | | S14 - Services | 16 | 21 | 42 | 49 | 20 | 299 | 169 | 174 | 308 | 622 | 9 | 420 | 274 | 49 153 | 51 575 |
| Production directe | | | 669 | 501 | 1 506 | 1 001 | 269 | 8 787 | 2 336 | 6 134 | 5 877 | 20 695 | 301 | 12 300 | 10 812 | 54 566 | 125 753 |

Tableau 2-14 : Montant des échanges d'emplois entre les différents blocs de la région Aquitaine (en nombre de personnes)

| | | | Effet en amont | | | | | | | | | | | | | | Emplois intégrés |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------|----------------|--------------|------------------|
| | | | Filière bois | | | | | | | Autres branches ou secteurs | | | | | | | |
| | | | S1 Sylviculture | S2 Meubles | S3 Travail du bois | S4 Pâtes à papiers | S5 Papiers-cartons | S6 Construction | S7 Electricité et chaleur | S8 Agriculture | S9 Indus agro-alim | S10 Indus manufac. | S11 Energie | S12 Commerce | S13 Transports | S14 Services | |
| Effets en aval | Filière bois | S1 - Sylviculture | 2 110 | 0 | 34 | 0 | 0 | 1 | 24 | 1 | 7 | 0 | 28 | 8 | 29 | 2 242 | |
| | | S2 - Meubles | 104 | 4 581 | 561 | 2 | 3 | 8 | 6 | 8 | 7 | 155 | 1 | 215 | 41 | 281 | 5 973 |
| | | S3 - Travail du bois | 1 346 | 2 | 8 037 | 1 | 3 | 6 | 8 | 18 | 2 | 51 | 1 | 185 | 44 | 174 | 9 877 |
| | | S4 - Pâtes à papiers | 86 | 1 | 89 | 2 253 | 7 | 6 | 32 | 5 | 4 | 60 | 1 | 81 | 36 | 175 | 2 837 |
| | | S5 - Papiers-cartons | 28 | 1 | 23 | 85 | 1 299 | 5 | 9 | 5 | 5 | 56 | 1 | 124 | 36 | 192 | 1 868 |
| | | S6 - Construction | 201 | 11 | 1 145 | 25 | 11 | 66 107 | 56 | 717 | 27 | 2 541 | 14 | 2 074 | 378 | 3 827 | 77 134 |
| | | S7 - Electricité et chaleur | 4 | 1 | 12 | 10 | 1 | 374 | 6 385 | 88 | 6 | 128 | 88 | 138 | 71 | 881 | 8 188 |
| | Autres branches ou secteurs | S8 - Agriculture | 45 | 1 | 243 | 5 | 5 | 43 | 29 | 62 376 | 337 | 396 | 15 | 778 | 136 | 518 | 64 927 |
| | | S9 - Indus agro-alim | 42 | 7 | 201 | 57 | 65 | 71 | 114 | 15 693 | 29 643 | 643 | 24 | 2 673 | 599 | 2 451 | 52 283 |
| | | S10 - Indus manufac. | 146 | 294 | 485 | 263 | 204 | 363 | 424 | 446 | 326 | 91 054 | 50 | 8 780 | 1 728 | 12 932 | 117 496 |
| | | S11 - Energie | 1 | 1 | 5 | 2 | 2 | 123 | 19 | 6 | 4 | 98 | 3 159 | 100 | 47 | 597 | 4 164 |
| | | S12 - Commerce | 144 | 28 | 226 | 116 | 28 | 190 | 137 | 1 234 | 271 | 1 026 | 19 | 136 397 | 1 453 | 7 957 | 149 227 |
| | | S13 - Transports | 26 | 16 | 88 | 12 | 19 | 276 | 115 | 93 | 54 | 701 | 12 | 1 672 | 35 979 | 4 990 | 44 052 |
| | | S14 - Services | 103 | 213 | 323 | 145 | 129 | 2 378 | 571 | 2 355 | 1 531 | 3 458 | 82 | 5 417 | 1 992 | 547 467 | 566 165 |
| Emplois directs | | | 4 387 | 5 158 | 11 471 | 2 975 | 1 777 | 69 951 | 7 906 | 83 068 | 32 216 | 100 375 | 3 467 | 158 662 | 42 548 | 582 472 | 1 106 433 |

Tableau 2-15 : Echange des émissions de GES entre les différents blocs (en ktCO₂eq)

| | | | Effet en amont | | | | | | | | | | | | | | Emissions intégrées |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------|----------------|--------------|---------------------|
| | | | Filière bois | | | | | | | Autres branches ou secteurs | | | | | | | |
| | | | S1 Sylviculture | S2 Meubles | S3 Travail du bois | S4 Pâtes à papiers | S5 Papiers-cartons | S6 Construction | S7 Electricité et chaleur | S8 Agriculture | S9 Indus agro-alim | S10 Indus manufac. | S11 Energie | S12 Commerce | S13 Transports | S14 Services | |
| Effets en aval | Filière bois | S1 - Sylviculture | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | |
| | | S2 - Meubles | 1 | 11 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 | 2 | 26 | |
| | | S3 - Travail du bois | 12 | 0 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 77 | |
| | | S4 - Pâtes à papiers | 0,8 | 0 | 0,6 | 212 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 224 |
| | | S5 - Papiers-cartons | 0 | 0 | 0 | 8 | 12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 | 2 | 29 |
| | | S6 - Construction | 2 | 0 | 8 | 0 | 0 | 525 | 4 | 48 | 1 | 88 | 0 | 9 | 15 | 30 | 731 |
| | | S7 - Electricité et chaleur | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 523 | 6 | 0 | 2 | 5 | 1 | 2 | 12 | 554 |
| | Autres branches ou secteurs | S8 - Agriculture | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 106 | 24 | 22 | 0 | 3 | 6 | 3 | 4 171 |
| | | S9 - Indus agro-alim | 0 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 9 | 1 040 | 280 | 22 | 0 | 12 | 27 | 19 | 1 417 |
| | | S10 - Indus manufac. | 1 | 1 | 3 | 24 | 2 | 3 | 38 | 29 | 7 | 2 730 | 1 | 39 | 68 | 86 | 3 032 |
| | | S11 - Energie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 85 | 0 | 1 | 14 | 105 |
| | | S12 - Commerce | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 8 | 82 | 5 | 22 | 0 | 611 | 54 | 67 | 857 |
| | | S13 - Transports | 0 | 0 | 1 | 12 | 0 | 2 | 11 | 6 | 1 | 9 | 0 | 7 | 1 446 | 38 | 1 533 |
| | | S14 - Services | 1 | 1 | 2 | 14 | 1 | 19 | 41 | 154 | 21 | 74 | 1 | 24 | 74 | 1 861 | 2 287 |
| Emissions directes | | | 40 | 13 | 81 | 279 | 17 | 555 | 642 | 5 474 | 340 | 2 984 | 92 | 711 | 1 699 | 2 138 | 15 065 |

Ces tableaux vérifient, en *sommant les lignes* (bas du tableau), le montant "direct" de la production, de l'emploi et des émissions de GES des blocs et en *sommant les colonnes* (droite du tableau) le montant "intégré" de la production, de l'emploi et des émissions des blocs.

Ils permettent de connaître le montant des échanges de produit, d'emplois et d'émissions entre les blocs de la filière bois, mais également entre branches de la filière bois et les autres secteurs d'activités :

- le **quadrant nord-ouest** indique le montant de produits, d'emplois et d'émissions internes dans la filière bois,
- le **quadrant nord-est** le montant de produits, d'emplois et d'émissions des autres branches servant à satisfaire la demande finale de la filière bois,
- le **quadrant sud-ouest** le montant de produits, d'emplois et des émissions de GES de la filière bois servant à satisfaire la demande finale des autres branches,
- le **quadrant sud-est** le montant de produits, d'emplois et d'émissions de GES des autres branches servant à satisfaire la demande finale de ces branches.

On se contentera ici de synthétiser les principaux flux de produits, d'emplois et des émissions de GES entre les différents blocs de la filière bois. La production d'électricité et de chaleur (S7) n'a pas été intégrée dans ce diagramme, la part de la biomasse ligneuse étant faible. On se reportera aux tableaux 2-13 à 2-15 pour le détail des autres données, en particulier pour les demandes finales. *On a conservé le nombre d'emplois exact pour pouvoir se repérer dans les tableaux de données, mais la précision du chiffre à l'unité est bien sûr illusoire.*

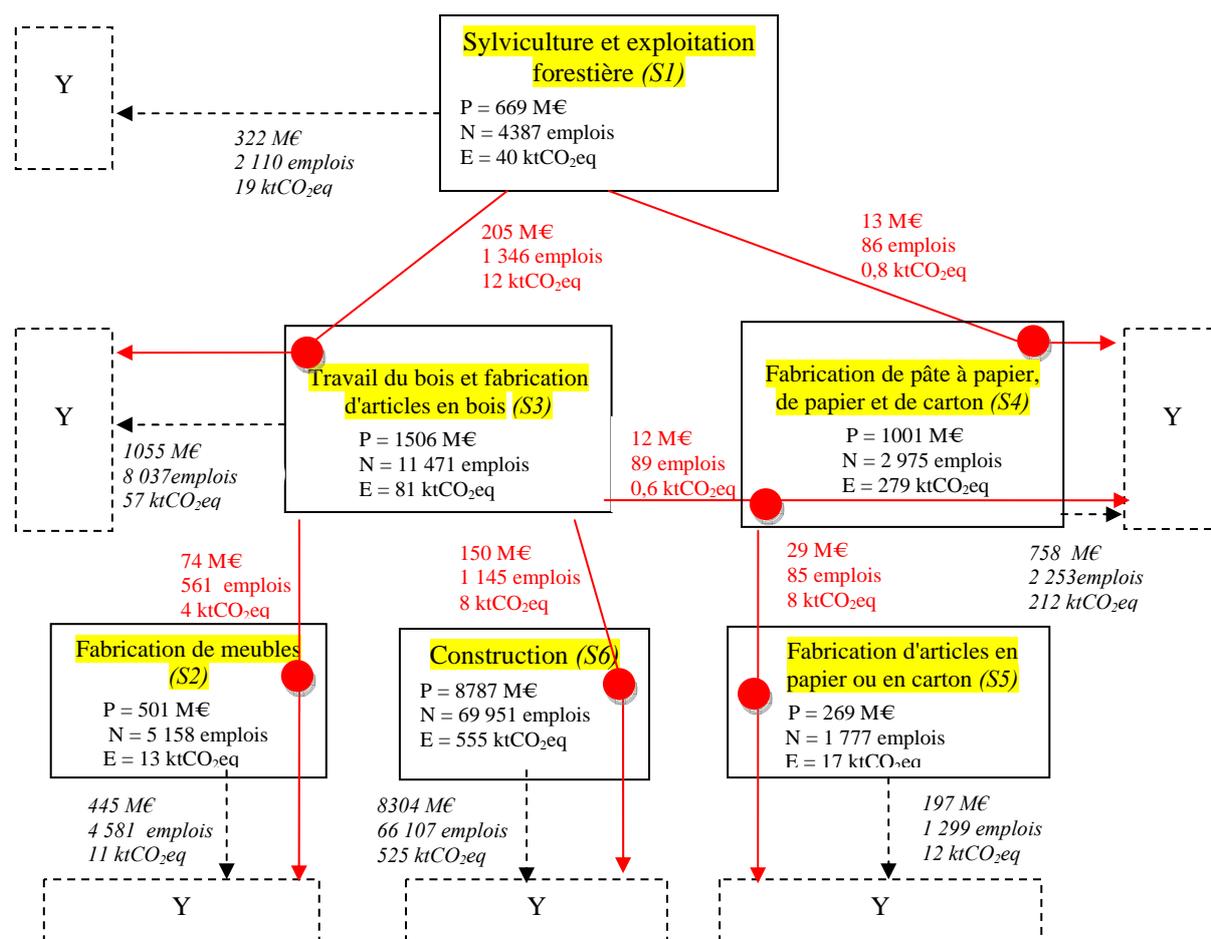


Diagramme 2-2 : Echanges régionaux de produits et d'émissions de GES de la filière bois

Les données à l'intérieur des rectangles indiquent le montant de production (P), les emplois (N) et les émissions de GES (E) de chaque bloc, les blocs s'assimilant à des branches dans le cas de la filière bois. Ces produits (et les émissions émanant de la production de ces produits) peuvent être destinés, soit à satisfaire directement la demande finale (indiquée par le trait en pointillé), soit utilisés comme inputs par le bloc ou la branche en aval de la filière afin de satisfaire sa demande finale (indiqué par un trait continu).

Par exemple, la production annuelle de la *sylviculture et exploitation forestière* a été de 669 M€ Son processus de production a engendré une émission de GES de 40 ktCO₂eq et induit le besoin de 4 387 emplois. Respectivement 322 M€, 2 110 emplois et 19 ktCO₂eq ont été destinés à la satisfaction directe de la demande finale de la branche.

La production, les emplois et les émissions de GES restantes ont été affectées comme inputs aux différentes branches en aval, *parmi lesquelles* 205 M€, 1 346 emplois et 12 ktCO₂eq à la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* et 13 M€, 86 emplois et 0,8 ktCO₂eq à la branche *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (S4)*, toutes quantités destinées à satisfaire les demandes finales de ces deux branches. Le raisonnement est identique pour chaque niveau de la filière bois.

Le diagramme peut également s'interpréter inversement en termes d'impacts sur la production, l'emploi et les émissions de GES à partir de la demande finale d'une branche.

Par exemple, la **demande finale** du *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* a induit une production de 1055 M€ pour cette branche (ainsi que 8 037 emplois et 57 ktCO₂eq) et une production de 205 M€ (ainsi que 1 346 emplois et 12 ktCO₂eq) de la branche *sylviculture et exploitation forestière (S1)*.

Nous retrouvons les mêmes résultats que ceux énoncés dans la décomposition de la production, à savoir que la production indirecte est faible relativement à la production directe. La production de la branche est expliquée en très grande partie par la demande finale (dont les exportations), et faiblement par la production des branches en amont. Nous retrouvons ainsi un résultat classique d'une "économie régionale".

Une synthèse des tendances des différents indicateurs qui viennent d'être étudiés, multiplicateurs, indices d'Hirschmann-Rasmussen, part des composantes nettes en amont et en aval, est représentée symboliquement dans le tableau de la page suivante.

2.4.5. Analyse synthétique de la production et des émissions de GES de la filière bois Aquitaine.

D'une manière générale, on peut qualifier l'Aquitaine de "petite économie" fortement ouverte sur l'extérieur. En conséquence les multiplicateurs de production et d'emplois sont relativement faibles (la demande finale aura une répercussion plus importante sur la production et les emplois hors région Aquitaine que sur la production et l'emploi de la région du fait d'importations importantes).

D'autre part, la composante interne est élevée pour toutes les branches (la production régionale satisfait davantage les exportations que la demande régionale). Globalement, les branches de la filière bois vont avoir des effets importants en amont sur les services.

Tableau 2-16 : Synthèse des indicateurs d'effets d'entraînement de la filière bois sur la production, l'emploi et les émissions de GES

| | Multiplicateurs | | | Indices Hirschman-Rasmussen | | | Composante nette en amont de la production intégrée | | | Composante nette en aval de la production directe | | |
|-------------------------------------------------------------|-----------------|--------|-----------|-----------------------------|----------|-----------|-----------------------------------------------------|--------|-----------|---------------------------------------------------|--------|-----------|
| | production | emploi | émissions | production | emploi | émissions | production | emploi | émissions | production | emploi | émissions |
| Sylviculture et exploitation forestière (S1) | | | | F | F | L | | | | | | |
| Fabrication de meubles (S2) | | | | B | K | L | | | | | | |
| Travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3) | | | | K | K | L | | | | | | |
| Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (S4) | | | | F | L | K | | | | | | |
| Fabrication d'articles en papier ou en carton (S5) | | | | K | L | L | | | | | | |
| Construction (S6) | | | | L | L | L | | | | | | |
| Production et distribution d'électricité et de chaleur (S7) | | | | L | L | K | | | | | | |

Positionnement des branches de la filière bois dans les cinq groupes répartissant la totalité des 114 branches d'activités de la Nomenclature Economique de Synthèse

Effet sur la production :

effet très important, effet important, effet moyen, effet faible, effet très faible

Effet sur l'emploi :

effet très important, effet important, effet proche de la moyenne, effet faible, effet très faible

Effet sur les émissions de GES :

effet très important, effet important, effet moyen, effet faible, effet très faible

F : effet en aval, **B** : effet en amont, **K** : effet important en amont et en aval, **L** : effet faible en amont et en aval

Le tableau ci-contre donne un résumé synthétique des différents indicateurs d'effets d'entraînement pour la production, l'emploi et les émissions de GES. Les dégradés de couleur verte indiquent des *effets positifs importants* sur la production et sur l'emploi et *faibles sur les émissions* de GES, et ceux de la couleur ocre des *effets faibles sur la production et sur l'emploi* et *importants sur les émissions de GES*.

La branche *sylviculture et exploitation forestière (S1)*, à l'origine de la filière, a un effet d'entraînement direct modéré sur la production et l'emploi. Il est naturellement plus important en aval sur la production et l'emploi. Si cette branche est peu émettrice de GES (multiplicateurs et indices d'Hirschmann-Rasmussen), sa *composante nette d'émissions en aval* est cependant importante, via les industries utilisatrices de ressource ligneuse fortement émettrices de GES, comme la *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (S4)*. Ses effets en amont sont naturellement limités.

Les branches de la filière bois ayant les plus forts effets d'entraînement sur la production régionale sont le *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* et la *fabrication d'articles en papier ou en carton (S5)* comme le montrent les indices d'Hirschman-Rasmussen et les multiplicateurs de production. Ces deux branches ont un effet d'entraînement important en amont et en aval sur la production.

La branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* a un effet d'entraînement relativement important sur l'emploi régional tandis que cet effet est plus faible pour la *fabrication d'articles en papier ou en carton (S5)*.

Ces deux branches ont des *effets directs* moyens sur les émissions de GES (multiplicateurs d'émissions de GES et les indices d'Hirschmann-Rasmussen⁴⁶), ces émissions sont essentiellement liées aux activités surtout aval, particulièrement pour le *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)*. Ceci indique leur dépendance vis à vis d'activités de transformation de la ressource émettrices de GES.

La branche *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (S4)* a des effets d'entraînements très importants sur les émissions de GES régionales. Ces émissions surviennent essentiellement à *l'intérieur de la branche car le multiplicateur d'émissions et les indices d'Hirschmann-Rasmussen sont élevés*. Les émissions de la composante en amont sont faibles, mais cette branche a, par contre, des répercussions importantes sur les émissions des branches en aval, ce qui est cohérent avec ce type de processus de transformation. Cette branche se caractérise parallèlement par des effets directs relativement importants sur la production régionale mais faibles sur l'emploi.

La *fabrication de meubles (S2)* a un effet d'entraînement direct important sur la production et l'emploi. En amont elle agit sur la production et l'emploi, en aval seulement sur l'emploi. Les effets d'entraînement sont faibles pour les émissions directes de GES, la composante amont liée à la fourniture des produits bois induit une émission importante.

La branche *construction (S6)* a un effet d'entraînement faible sur la production, l'emploi et un effet moyen sur les émissions de GES. Seule la composante en amont des émissions de GES est notable, toujours liée à la fourniture des produits bois. En aval ses émissions seront inexistantes.

Enfin, la branche *production et distribution d'électricité et de chaleur (S7)* est citée pour mémoire.⁴⁷ Elle a un effet d'entraînement faible sur la production et sur l'emploi mais elle a, classiquement, un effet d'entraînement élevé sur les émissions de GES, liées aujourd'hui à l'utilisation d'énergies fossiles (multiplicateurs et indices d'Hirschmann-Rasmussen).

⁴⁶ Bien que leur part des composantes nettes des émissions en aval et en amont ne soit pas négligeable.

⁴⁷ Car elle est actuellement très faiblement impactée par les utilisations de biomasse énergétique ce qui pourrait être différent dans l'avenir.

2.5. Poids et spécialisation régionale dans les produits de transformation de la filière bois

Intéressons-nous maintenant au poids des produits de transformation, que l'on qualifiera ici de *produits bois*, dans la production des branches de la filière bois. Tenons compte de nouveau de la totalité des échanges en réintégrant dans cette analyse les importations nationales et inter-régionales⁴⁸ et analysons la spécialisation régionale de cette filière.

2.5.1. Poids des produits bois dans la production des branches de la filière bois

La connaissance de la part totale (directe et indirecte) en valeur des produits bois dans chacune de la production des branches de la filière bois informe sur la vulnérabilité aux modifications de prix des produits dans la production totale de la branche.

Calculons cette part en utilisant les *coefficients techniques* (a_{ij}) indiquant la part des inputs totaux (domestique et importée) nécessaire pour produire un euro de produit. La matrice des coefficients techniques (A), reflétant la technologie des branches, permet de calculer la matrice inverse de Leontief (B) comme indiqué par l'équation ci-dessous :

$$B = (I - A)^{-1} \quad (2-27)$$

Notons par b_{ij} les éléments de la matrice inverse de Leontief. Ils indiquent la production totale de la branche i afin de satisfaire un euro de la demande finale de la branche j . La part du produit bois (représentée par l'indice i) dans la production d'une branche de la filière bois (représenté par l'indice j) est calculée comme ci-dessous :

$$\alpha_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_i b_{ij}} \quad (2-28)$$

Le diagramme 2-3 représente la part des produits bois dans la production des branches de la filière bois.

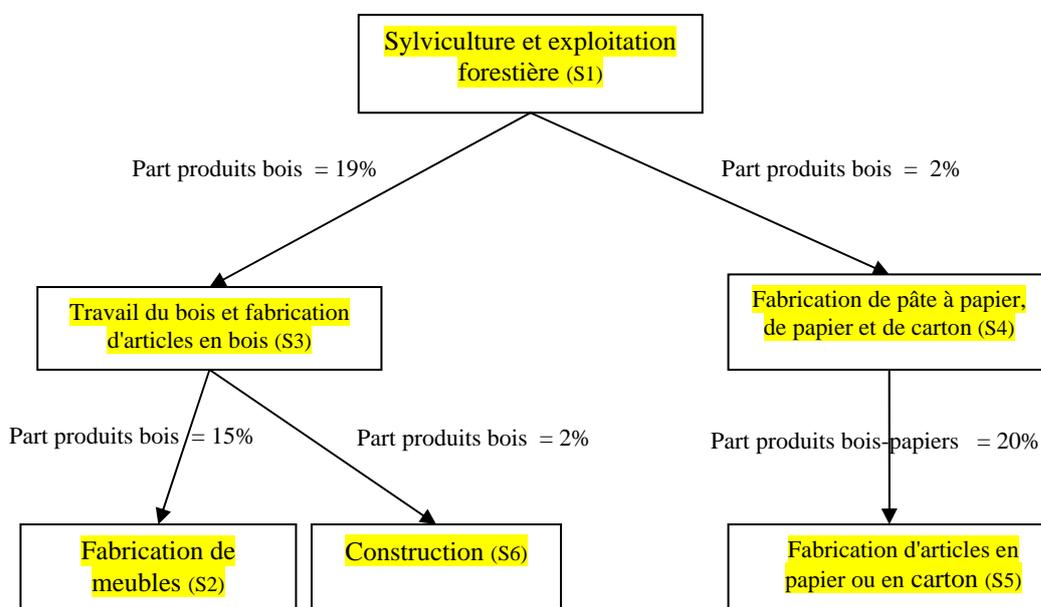


Diagramme 2-3 : Part totale des produits bois dans la filière bois

Ce diagramme permet de relever que les produits de la *sylviculture et exploitation forestière* représentent 19% de la *production du travail du bois et fabrication d'articles en*

⁴⁸ On repart des coefficients a_{ij}

bois alors que le produit du *travail du bois et fabrication d'articles en bois* représente seulement 2% de la production de la *construction*.

Il est intéressant de noter que la part de la *ylviculture et exploitation forestière (S1)* dans la *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (S4)* est très faible (2%). Pourtant, cette branche a besoin de la ressource ligneuse provenant de la sylviculture pour son processus de production. Cette part relativement faible peut s'expliquer par une utilisation non négligeable du papier recyclé et d'autre part par la faible part en valeur de la ressource ligneuse, par rapport au poids en valeur des autres intrants, dans le processus de transformation productif.

On peut mesurer ainsi l'importance du poids de la ressource ligneuse dans les différentes branches de la filière bois. Si la part des produits bois est importante pour la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)*, alors une augmentation du prix des produits bois aura des conséquences relativement importantes dans le processus productif de ces branches.

A contrario, si cette part est faible, à l'instar de la *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (S4)* et de la *construction (S6)*, alors une modification du prix des produits bois n'aura qu'une conséquence limitée sur la capacité productive de ces branches.

A partir de ce constat, la prise en compte, dans les coefficients techniques, des effets des importations va permettre de mesurer le rôle des échanges commerciaux de la région avec les autres régions françaises et les pays étrangers.

2.5.2. Spécialisation régionale dans les produits bois

A partir des coefficients techniques, il est possible d'analyser la part des produits bois dans la production.

- D'abord intéressons-nous au cas où la région se comporte comme une "nation autonome", c'est-à-dire n'importe pas de produits depuis l'étranger. On parlera ici de *scénario national*.

Nous allons calculer à partir de la matrice inverse de Leontief, en partant des coefficients techniques nationaux (A_N), la part des produits bois dans la production de la branche de la filière bois en supposant que la région se comporte comme une nation autonome, qui n'importerait que de produits depuis les pays étrangers⁴⁹.

Cette matrice inverse de Leontief (B_N) est calculée à partir de l'équation ci-dessous :

$$B_N = (I - A_N)^{-1} \quad (2-29)$$

Notons par b_{ij}^N les éléments de la matrice inverse de Leontief à partir des coefficients techniques nationaux. Ils indiquent la production directe et indirecte de la branche i permettant de satisfaire un euro de la demande finale de la branche j . Considérons que la branche i correspond aux produits bois et la branche j une branche de la filière bois. La part du produit bois dans la production d'une branche de la filière bois est calculée ainsi :

$$\alpha_{ij}^N = \frac{b_{ij}^N}{\sum_i b_{ij}^N} \quad (2-30)$$

- Ensuite supposons que la région ne procède à *aucune importation de quelque origine que ce soit*, en particulier *des importations provenant des autres régions françaises*

⁴⁹ La région Aquitaine se comporterait comme la France (coefficients a_{ij}) sans ses importations, soit ($a_{ij}^N = a_{ij} - m^n$).

c'est-à-dire en ne tenant compte que des produits bois produits intérieurs à la région⁵⁰. On parlera ici de *scénario régional*.

Pour calculer la part des produits bois dans la production, il faut calculer la matrice inverse de Leontief (B_R) à partir de la matrice des coefficients techniques régionaux (A_R) :

$$B_R = (I - A_R)^{-1} \quad (2-31)$$

Les éléments de la matrice inverse de Leontief b_{ij}^R indiquent la *production régionale* directe et indirecte du produit i nécessaire pour satisfaire la demande finale d'une unité monétaire de la branche j . La part des produits bois dans une branche de la filière bois est calculée comme ci-dessous :

$$\alpha_{ij}^R = \frac{b_{ij}^R}{\sum_i b_{ij}^R} \quad (2-32)$$

Le diagramme 2-4 de la page suivante résume le résultat de ces deux scénarios :

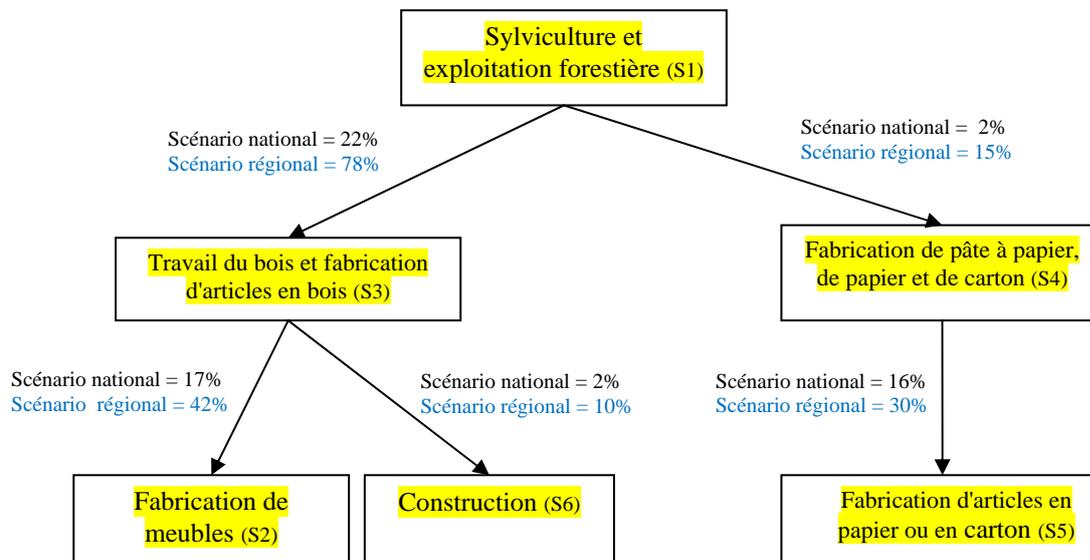


Diagramme 2-4 : Part "nationale" et "régionale" des produits bois dans la filière bois

Analysons ces résultats à partir de l'exemple des produits de la *sylviculture et exploitation forestière (S1)*. En retenant la possibilité pour la région de se comporter comme la nation française, en évitant simplement les importations étrangères, la part des produits de la *sylviculture et exploitation forestière (S1)* dans la production du *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* serait de 22%. Si on suppose l'indépendance vis-à-vis des autres régions françaises cette part monte à 78%. On considère dans ce cas que la région est fortement autonome et que sa production domestique peut se passer de ces importations, la part des intrants de la région étant plus importante. C'est le cas pour l'Aquitaine où le pourcentage des intrants locaux avoisine les 78%.

On constate que pour chacun des produits bois dans les branches de la filière bois, la part régionale est toujours plus importante que la part nationale. Ce résultat indique que la région Aquitaine est spécialisée dans la filière bois. En effet, la part du produit bois dans les entrants est plus importante au niveau régional qu'au niveau national. *Autrement dit, la région importe moins de produits bois relativement aux autres entrants que ce que l'on observe au niveau national.*

⁵⁰ La région Aquitaine serait totalement autonome (coefficients a_{ij}) sans les importations de toutes origines, y compris inter-régionales, soit ($a_{ij}^R = a_{ij} - m^n - m^f$).

2.6. Analyse de politiques incitatrices à l'utilisation des produits bois

Les politiques de contrôle des émissions de GES proposent souvent de privilégier l'utilisation des produits bois séquestreurs de carbone. Les émissions associées en seront d'autant plus réduites ou reportées à un horizon éloigné. Nous allons montrer l'intérêt de l'analyse entrée-sortie pour la mise œuvre de politiques incitatrices à l'utilisation des produits bois.

Plaçons-nous dans le cadre d'une politique de promotion régionale des produits bois associée à un plan climat. Il est important de connaître alors les impacts d'une augmentation de la *demande de produits bois* sur la production, l'emploi et les émissions GES de la région.

L'analyse entrée-sortie vise à étudier la dépendance des branches les unes avec les autres. Prenons l'exemple des interrelations de la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* vis-à-vis des branches aval *fabrication de meubles (S2)* et *construction (S6)*.

En matière d'emplois, on apprendra ainsi que sur 11 471 emplois⁵¹ de la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)*, 561 seraient dus à la *fabrication de meubles (S2)* et 1145 à la *construction (S6)* (soit respectivement 5% et 10% des emplois totaux de la branche). Autrement dit, les résultats s'interprètent de la façon suivante : si les branches *fabrication de meubles (S2)* et de *construction (S6)* n'utilisaient plus de produits bois, cela provoquerait une diminution respective de 561 et 1145 emplois dans la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)*.

Si on fait abstraction dans ce total d'emplois de la branche de ceux destinés strictement à la production finale du travail du bois (8037 emplois), la part des emplois des branches *fabrication de meubles (S2)* et *construction (S6)* s'élèverait respectivement à 16% et 34%⁵² des 3034 emplois dus à l'ensemble des autres blocs (ou branches), soit la moitié des emplois dus à la demande finale (*hors demande directe de la branche*).

D'autre part, on pourra aussi observer que les emplois de la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* représentent 9% et 1%⁵³ de la contribution des emplois des branches *fabrication de meubles (S2)* et *construction (S6)*.

A partir de la mise en évidence de ces interrelations et du fonctionnement du tableau entrée-sorties, on a essayé de quantifier et comparer les impacts économiques et environnementaux des politiques incitatrices.

Les différents résultats utilisés sont donnés ci-contre dans les tableaux 2-16, 2-17 et 2-18. Ils sont représentés de façon synthétique dans les diagrammes des pages suivantes.

On y montre les impacts économiques et environnementaux provenant d'une politique de promotion des produits bois en direction des différentes branches d'activité. On distinguera ces effets selon qu'ils concernent les branches de la filière bois ou les autres branches d'activités. Nous avons classé les branches de la filière bois selon l'affectation classique en 1^o transformation ou 2^o transformation⁵⁴.

Nous avons simulé les impacts économiques (production et emploi) et environnementaux (émissions de GES) résultant d'une augmentation de 10% de la demande finale de chaque branche.

⁵¹ Tableau 2-14 précédent. On rappelle que les chiffres d'emplois doivent être pris comme des ordres de grandeur.

⁵² Respectivement en colonnes 561/3434 et 1145/3434.

⁵³ Respectivement en lignes 561/5973 et 1145/77134.

⁵⁴ La *construction* et la *production d'électricité et de chaleur* utilisant relativement peu de produits bois seront cependant isolées dans les diagrammes suivants.

**Tableau 2-16: Variation *relative* de la production, des emplois et des émissions de GES
suite à une augmentation de 10% de la demande finale**

| | Production | | | | Emploi | | | | Emissions GES | | | |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-----------|--------|--------------|
| | 1° transf. | 2° transf | Autres | TOTAL | 1° transf. | 2° transf | Autres | TOTAL | 1° transf. | 2° transf | Autres | TOTAL |
| <i>S1 - Sylviculture</i> | 1,03% | 0,00% | 0,00% | 0,03% | 1,14% | 0,00% | 0,00% | 0,02% | 0,49% | 0,00% | 0,00% | 0,01% |
| <i>S2 - Meubles</i> | 0,28% | 0,47% | 0,01% | 0,05% | 0,35% | 0,60% | 0,01% | 0,05% | 0,13% | 0,20% | 0,00% | 0,01% |
| <i>S3 - Travail du bois</i> | 3,97% | 0,00% | 0,00% | 0,10% | 4,98% | 0,00% | 0,00% | 0,09% | 1,73% | 0,00% | 0,00% | 0,05% |
| <i>S4 - Pâtes à papiers</i> | 2,47% | 0,00% | 0,01% | 0,07% | 1,29% | 0,00% | 0,00% | 0,03% | 5,31% | 0,00% | 0,01% | 0,15% |
| <i>S5 - Papiers-cartons</i> | 0,11% | 0,21% | 0,01% | 0,02% | 0,07% | 0,17% | 0,00% | 0,02% | 0,21% | 0,21% | 0,00% | 0,02% |
| <i>S6 - Construction</i> | 0,60% | 8,69% | 0,11% | 0,77% | 0,73% | 8,60% | 0,10% | 0,70% | 0,31% | 8,97% | 0,08% | 0,43% |
| <i>S7 - Electricité et chaleur</i> | 0,02% | 0,05% | 0,19% | 0,17% | 0,01% | 0,05% | 0,08% | 0,07% | 0,03% | 0,05% | 0,39% | 0,37% |

**Tableau 2-17 : Variation *absolue* de la production, des emplois et des émissions de GES
suite à une augmentation de 10% de la demande finale**

| | Production (en M€) | | | | Emploi (en nombre de travailleurs) | | | | Emissions GES (en ktCO2eq) | | | |
|------------------------------------|--------------------|-----------|--------|------------|------------------------------------|------------|-----------|------------|----------------------------|-----------|--------|-----------|
| | 1° transf. | 2° transf | Autres | TOTAL | 1° transf. | 2° transf | Autres | TOTAL | 1° transf. | 2° transf | Autres | TOTAL |
| <i>S1 - Sylviculture</i> | 33 | 0 | 1 | 34 | 214 | 0 | 10 | 224 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| <i>S2 - Meubles</i> | 9 | 45 | 9 | 62 | 67 | 459 | 71 | 597 | 0,5 | 1,1 | 0,6 | 2 |
| <i>S3 - Travail du bois</i> | 126 | 0 | 6 | 132 | 938 | 1 | 48 | 988 | 7 | 0 | 1 | 8 |
| <i>S4 - Pâtes à papiers</i> | 78 | 0 | 6 | 85 | 243 | 1 | 39 | 284 | 21 | 0 | 1 | 22 |
| <i>S5 - Papiers-cartons</i> | 4 | 20 | 6 | 29 | 14 | 130 | 43 | 187 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| <i>S6 - Construction</i> | 19 | 831 | 125 | 974 | 137 | 6 613 | 963 | 7 713 | 1,2 | 52,5 | 10,8 | 65 |
| <i>S7 - Electricité et chaleur</i> | 1 | 5 | 211 | 216 | 2 | 38 | 779 | 819 | 0 | 0 | 55 | 55 |

**Tableau 2-18 : Contribution de la filière bois à l'évolution de la production de l'emploi et des émissions de GES
suite à une modification de la demande finale**

| | Production | | | | Emploi | | | | Emissions GES | | | |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------|--------|--------------|--------------|--------|--------|---------------|--------------|--------|--------|
| | 1° transf. | 2° transf | Autres | TOTAL | 1° transf. | 2° transf | Autres | TOTAL | 1° transf. | 2° transf | Autres | TOTAL |
| <i>S1 - Sylviculture</i> | 97,2% | 0,0% | 2,8% | 100,0% | 95,6% | 0,0% | 4,3% | 100,0% | 89,2% | 0,0% | 10,7% | 100,0% |
| <i>S2 - Meubles</i> | 14,5% | 71,7% | 13,8% | 100,0% | 11,2% | 76,9% | 11,9% | 100,0% | 23,1% | 51,6% | 25,3% | 100,0% |
| <i>S3 - Travail du bois</i> | 95,7% | 0,1% | 4,2% | 100,0% | 95,0% | 0,1% | 4,9% | 100,0% | 91,5% | 0,1% | 8,4% | 100,0% |
| <i>S4 - Pâtes à papiers</i> | 92,4% | 0,2% | 7,3% | 100,0% | 85,6% | 0,5% | 13,9% | 100,0% | 96,7% | 0,1% | 3,3% | 100,0% |
| <i>S5 - Papiers-cartons</i> | 12,3% | 67,8% | 19,9% | 100,0% | 7,2% | 69,8% | 22,9% | 100,0% | 31,9% | 46,8% | 21,3% | 100,0% |
| <i>S6 - Construction</i> | 1,9% | 85,3% | 12,8% | 100,0% | 1,8% | 85,7% | 12,5% | 100,0% | 1,9% | 81,3% | 16,8% | 100,0% |
| <i>S7 - Electricité et chaleur</i> | 0,2% | 2,2% | 97,6% | 100,0% | 0,3% | 4,6% | 95,1% | 100,0% | 0,2% | 0,5% | 99,3% | 100,0% |

Pour la 1° transformation (branches S1, S3, S4)

On relève qu'une augmentation de 10% de la demande finale de la *ylviculture et exploitation forestière (S1)* devrait induire une croissance de la production régionale de 34M€ (soit +0,03%), une création de 224 emplois (soit une croissance de l'emploi de 0,02%) et une augmentation des émissions de GES provenant de la production régionale de 2 ktCO₂eq (soit +0,01%). On note que la contribution des *branches de la filière bois* à l'augmentation de la production, de l'emploi et des émissions de GES représenterait l'essentiel de ces gains⁵⁵ (*respectivement 97%, 96% et 89%*).

La branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* a l'impact le plus important sur la production et l'emploi. En effet, une augmentation de 10% de la demande finale pour cette branche impliquerait une croissance de la production de 132 M€ (soit +0,10%) et une création de 988 emplois (soit +0,09%). Les impacts sur les émissions de GES seraient cependant plus faibles que les effets économiques (+0,05%). Ces effets bénéficieraient essentiellement aux branches de la filière bois (*plus de 90% pour les 3 indicateurs*). Notons que la *demande finale de la 1^{ère} transformation* est élevée avec une production directe de 126 M€ et un nombre d'emploi de 938 travailleurs, sachant que la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* comprend de nombreuses activités de transformation des sciages (menuiseries, fabrication de planchers, de palettes, ...) *qui expliquent cette très forte destination interne à la branche des sciages de bois d'œuvre et une forte production de produits finis alimentant directement la demande finale*.

La branche *fabrication de pâtes à papier, de papier et de carton (S4)* a une situation intermédiaire avec une augmentation de la production régionale de 85 M€ mais une création de seulement 284 emplois. Par contre, si l'on fait un focus sur les émissions de GES c'est, avec une augmentation des émissions de GES de 22 ktCO₂eq (soit + 0,15%), que l'effet environnemental est le plus défavorable⁵⁶ face à la *ylviculture et exploitation forestière (S1)* (0,01%) et *travail du bois et fabrication d'articles en bois (S3)* (+0,05%).

Pour la 2° transformation (S2, S5, S6, S7)

Une augmentation de 10% de la demande finale de la *fabrication de meubles (S2)* provoquera une augmentation de la production totale de 62M€ (+0,05%) dont 9M€ aux branches de la 1° transformation de bois (+0,28%), 45M€ aux branches de la 2° transformation (+0,47%) et 9 M€ aux autres branches (+0,01%), une création de 597 emplois (+0,05%) dont 67 emplois aux branches de la 1° transformation, 459 emplois aux branches de la 2° transformation et 71 emplois aux autres branches, une émission totale de 2 ktCO₂eq.

La *branche fabrication d'articles en papier ou en carton (S5)* aurait un faible impact économique avec une augmentation de la production de 29 M€ (soit +0,02%) et une création de 187 emplois (+0,02%), ce qui est en accord avec le poids limité des intrants bois dans les activités de cette branche et de faibles émissions supplémentaires 3 ktCO₂eq (+0,2%).

Les effets d'une augmentation de la demande de 10% de la branche *construction (S6)* doivent être replacés dans le cadre d'une part limitée de l'utilisation des produits bois dans la construction. Sous ces réserves, on note que les effets sur la production (974 M€), sur l'emploi (7713 travailleurs) et sur les émissions de GES (65 ktCO₂eq) sont très importants.

Les diagrammes des pages suivantes synthétisent l'ensemble des résultats. Ils montrent en particulier l'intensité des échanges entre les principales étapes de transformation (1^{ère} et 2^{ème}) de la ressource au sein des branches de la filière bois⁵⁷. La spécificité de la production de la filière bois Aquitaine y est soulignée.

⁵⁵ Confère Tableau 2-18

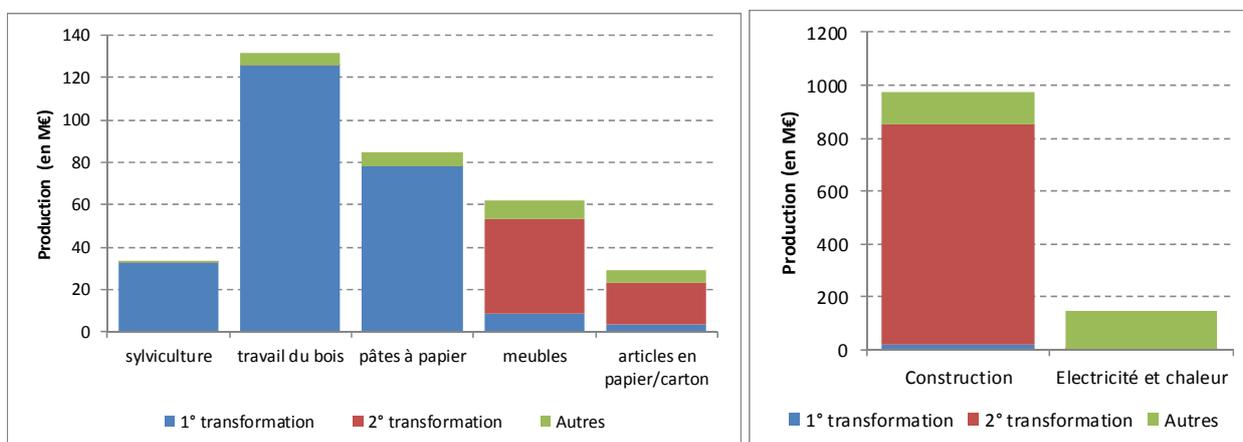
⁵⁶ La croissance des émissions est proportionnellement bien plus importante que celle de la production (+0,07%) et l'emploi (+0,03%).

⁵⁷ On réintroduira les activités de la branche *production et distribution d'électricité et de chaleur (S7)*.

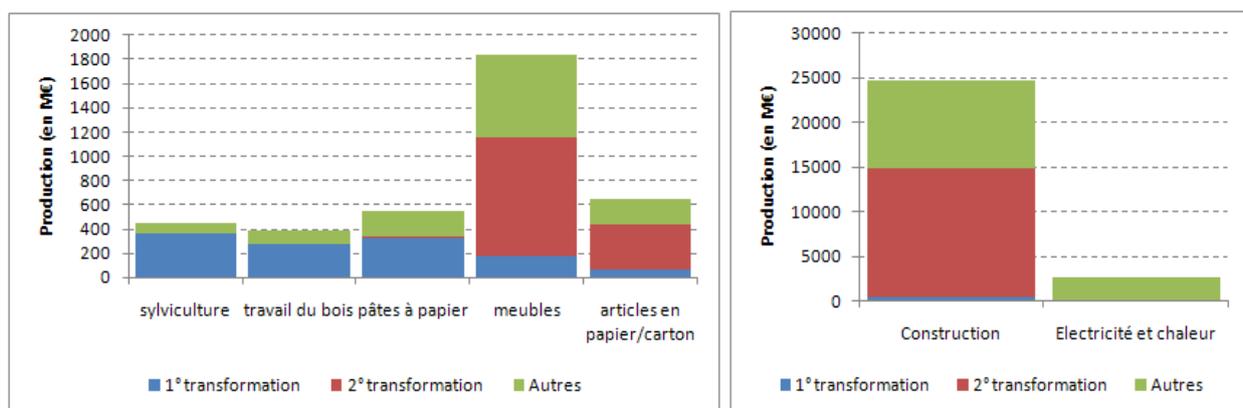
2.6.1. Comparaison des effets de l'augmentation de la demande finale sur les productions de la filière bois Aquitaine et Française.

Les diagrammes 2-5 et 2-6 synthétisent les impacts sur la production d'une augmentation de 10% de la demande finale, respectivement pour la région Aquitaine et la France entière. Cette comparaison va illustrer les spécificités de la filière bois Aquitaine.

Diagrammes 2-5 : Production directe et indirecte de la filière bois pour la région Aquitaine



Diagrammes 2-6 : Production directe et indirecte de la filière bois pour la France



Nous avons distingué parmi les branches de 2° transformation du bois les branches *fabrication de meubles* et *fabrication d'articles en papier ou en carton* de celles de la *construction* et de la *production et distribution d'électricité et de chaleur*, ces deux dernières branches ayant un impact *très faible* sur les branches de 1^{ère} transformation du bois. Par simplification, la *ylviculture et exploitation forestière* a restée intégrée dans la 1^{ère} transformation.

On relève qu'au niveau régional, la demande finale la plus importante est celle du *travail du bois et fabrication d'articles en bois* (132 M€) tandis qu'au niveau national l'impact le plus important concerne la *fabrication de meubles* (1 836 M€, cf diagramme 2-6).

Globalement on constate bien que les impacts de la demande finale sur la production sont nettement plus forts dans la région Aquitaine pour les branches de 1^{ère} transformation de la filière bois (*travail du bois et pâtes à papiers*) que pour les branches de 2^{ème} transformation.

Rappelons que seule la demande finale de chaque branche est ici concernée ici, ce qui explique, par exemple pour la région Aquitaine, la faiblesse des impacts directs sur la 2^{ème} transformation des augmentations de production de la 1^{ère} transformation (absence de zone rouge pour les branches de 1^{ère} transformation représentées en bleu). Pour près de 90 % la production est expliquée par la demande finale de ces branches de 1^{ère} transformation.

Par contre, pour les branches *fabrication de meubles et fabrication d'articles en papier ou en cartons* on voit bien apparaître les effets, cependant limités, sur l'amont de la filière (en bleu). La demande finale de la *fabrication de meubles* et de la *fabrication d'articles en papier ou en carton* a un impact non négligeable sur les branches de 1^o transformation (respectivement 15% et 12% de la production). Comme on peut le constater, les impacts sur l'ensemble des autres branches, hors filière (en vert), sont très limités en région Aquitaine.

Au contraire au niveau national (diagramme 2-6), les impacts sont plus forts pour les branches de 2^o transformation de la filière bois.

Cette comparaison confirme la spécialisation de la région Aquitaine dans les branches de 1^{ère} transformation y compris la *silviculture et exploitation forestière*. On relève bien ces différences d'effets indirects provenant des branches hors filière bois, en particulier sur les branches de la 2^{ème} transformation. Ainsi pour la branche *fabrication de meubles*, la part des "effets indirects", autres que celles des branches de la filière bois, est de 37% au niveau national contre seulement 14% au niveau régional.

Ceci peut être mis en rapport avec le fait que les branches de 1^{ème} transformation de la filière bois de la région Aquitaine s'approvisionnent essentiellement à l'intérieur de la région en produits de 1^o transformation de bois tandis qu'elles n'importeraient des autres régions que les autres produits.

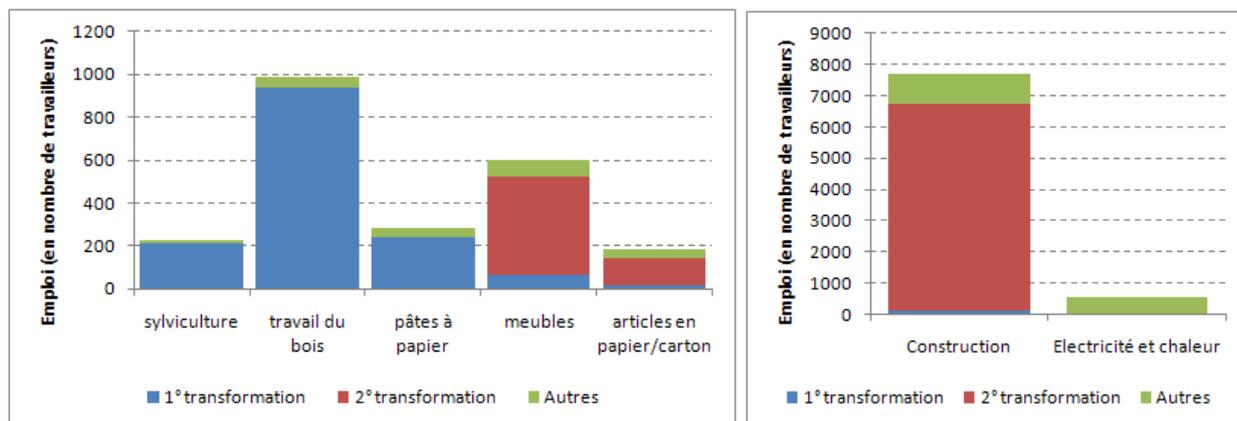
Pour les deux autres branches de 2^{ème} transformation de la filière bois, la *construction* se distingue fortement par ses impacts importants sur la production régionale. Cependant, la part de la demande de produits intermédiaires en produits bois sur la production des branches de 1^{ère} transformation est très faible (2%). On peut penser que c'est plutôt au profit de matériaux classiques de construction (ciment, chaux, béton, plâtre, ...) et des services (commerces, activités financières et immobilières) que s'exercent sûrement ces achats de produits intermédiaires. On note encore la spécificité de la région Aquitaine avec la forte proportion d'effets directs pour la construction comparativement au niveau national, où les autres branches représentent une très forte proportion de la production induite. Mais il s'agit plus de constater ici cette spécificité régionale sans que l'utilisation des produits bois explique ce fait. Cette spécificité régionale pourrait cependant lui permettre de développer une filière spécialisée dans la *construction bois*.

La *production et distribution d'électricité et de chaleur* a un impact plus faible que la construction et ses impacts sur la production de 1^{ère} transformation et 2^{ème} transformation de la filière bois sont quasi-nulles (0,2%). Reste à définir la place que pourrait avoir dans l'avenir la biomasse forestière dans ce type d'activités.

2.6.2. Comparaison des effets de l'augmentation de la demande finale sur l'emploi et les émissions de GES de la filière bois Aquitaine.

Les diagrammes 2-7 et 2-8 montrent les impacts sur *l'emploi* et les émissions de GES d'une augmentation de 10% de la demande finale des produits bois. On se limite ici à l'analyse de la situation pour la région Aquitaine.

Diagrammes 2-7 : Emplois directs et indirects de la filière bois pour la région Aquitaine

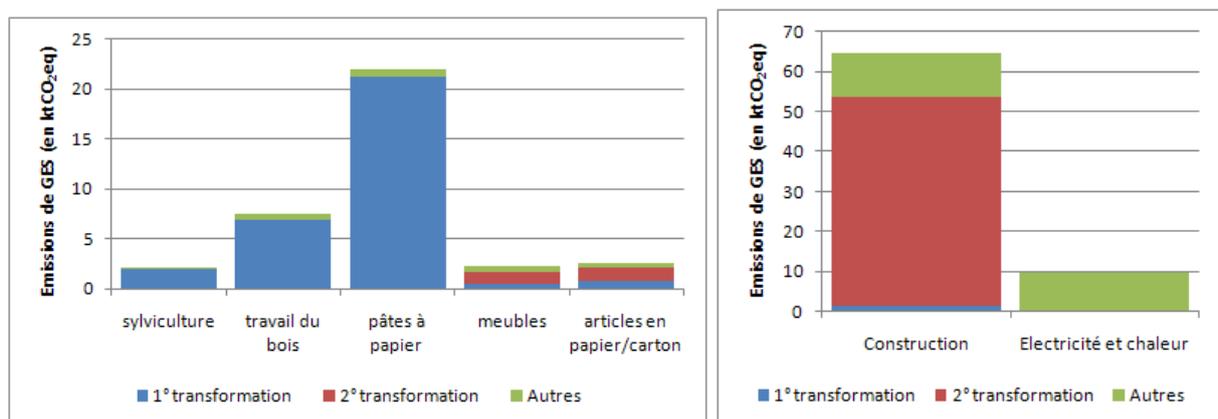


Dans l'ordre, les impacts les plus importants sur l'emploi concernent, comme pour la production, le *travail du bois et fabrication d'articles en bois* (1 000 emplois), puis la branche *fabrication de meubles* qui a également un impact relativement important (600 emplois) suivie ensuite par la *fabrication de pâtes à papier, de papiers et de cartons* (280 emplois) et la *sylviculture et exploitation forestière* (200 emplois).

La branche *construction*, comme pour la production, se distingue par ses effets importants sur l'emploi (7700 emplois), mais avec une origine imputable à l'utilisation de produits bois cependant très faible à ce jour. Nous retrouvons ici les effets de la spécialisation régionale car les effets sur l'emploi des branches de la 2^{ème} transformation sont internes aux différents stades de transformation (en rouge) et ont peu d'impacts sur les autres branches hors de la filière bois (en vert).

Les diagrammes 2-8 montrent les impacts d'une augmentation de 10% de la demande finale sur les émissions de GES.

Diagrammes 2-8 : Emissions directes et indirectes de la filière bois pour la région Aquitaine



Pour les branches ayant des relations avec les branches de 1^{ère} transformation de bois, la branche *fabrication de pâtes à papier, de papiers et de cartons* est celle qui, de loin, a l'impact le plus important sur les émissions régionales (22 ktCO₂eq), suivie par le *travail du bois et fabrication d'articles en bois* (8 ktCO₂eq).

Les autres branches ont des impacts relativement faibles sur les émissions de GES (moins de 3 ktCO₂eq). D'autre part il s'agit pour l'essentiel d'émissions directes dans les branches.

Nous retrouvons dans ces résultats l'effet de la spécialisation régionale car la part des émissions de GES des branches hors 1^{ère} transformation est marginale.

Parmi les branches n'ayant que peu de relation économique avec les branches de 1^{ère} transformation du bois, les résultats sont comparables à ceux obtenus pour la production et l'emploi. L'augmentation de la demande finale de la *construction* a un impact élevé sur les émissions de GES (65 ktCO₂eq), mais sans que l'on puisse lier ces émissions directement à la filière bois. On peut faire le même constat pour la *production et distribution d'électricité et de chaleur*.

En définitive les décideurs politiques souhaitant mener à bien une politique favorisant le développement économique (production et à un degré moindre l'emploi), tout en restreignant les émissions de GES, vont être confrontés au fait que les branches ayant l'impact le plus fort sur la production vont induire cependant des émissions de GES via les branches amont qui leur fournissent des produits bois. C'est le cas, par exemple, des activités de 2^{ème} transformation comme la *fabrication de meubles* et la *fabrication d'articles en papier ou en carton*. Dès lors, il est difficile que les incitations à la consommation finale de produits bois soient simultanément bénéfiques pour la production, l'emploi et la réduction des émissions de GES.

C'est le *travail du bois et fabrication d'articles en bois* qui a les effets les plus favorables sur toutes les composantes (production, emploi, faibles émissions de GES), directement par ses propres activités mais aussi avec des effets favorables sur les branches en amont et en aval. Le seul point un peu défavorable résulte dans les émissions qu'elle va induire dans les branches utilisatrices de ses produits.

La *fabrication de meubles* apparaît comme directement complémentaire du *travail du bois et fabrication d'articles en bois* par ses effets favorables, surtout sur l'emploi et ses faibles émissions directes. C'est ce lien direct qui explique les émissions importantes en aval pour cette branche à partir de ses approvisionnements en produits bois bruts.

Les effets d'une croissance de la *construction* sur la filière bois sont trop diffus pour que les effets soient notables. D'autre part les effets directs sur l'emploi sont limités, même si les émissions de GES sont faibles. Cependant, une faible substitution de matériaux bois aurait un effet sensible sur les activités amont de la filière compte tenu du poids économique très important de cette branche.

La *fabrication de pâtes à papiers, de papier et de carton* présente un tableau plus défavorable par ses effets en termes d'émissions de GES liés à un faible potentiel de création d'emploi. Il s'agit d'abord d'effets directs très prononcés. Mais les effets sur les activités en aval sont aussi importants.

Le tableau est un peu plus favorable pour la *fabrication d'articles en papier ou en carton* qui va avoir des effets directs importants sur la production avec des émissions associées de GES faibles. Bien sûr, elle pâtira des fortes émissions induites pour la fabrication des produits intermédiaires nécessaires pour sa propre production.

La *production et distribution d'électricité et de chaleur*, actuellement peu créatrice d'emplois et fortement émettrice de GES, verrait son bilan nettement s'améliorer par substitution de biomasse forestière à la place d'énergie fossile du fait de la neutralité des émissions liées à ces sources d'énergie.

La *silviculture et exploitation forestière* va être à l'origine de l'ensemble de ces activités. Elle se caractérise par des effets directs limités. Bien sûr ses effets en amont sont par nature faibles. Elle est par contre essentielle pour la création de production d'emplois dans les activités de la filière bois. Dans le bilan global des émissions de la filière, il apparaît bien que ce sont ces branches aval qui vont être responsables de l'essentiel des émissions.

Conclusion

La recherche d'un outil performant d'analyse des relations interbranches adapté au cadre régional, celui de la région Aquitaine conduit à retenir l'analyse entrée-sortie qui permet l'étude et la simulation des effets de la demande finale sur la production des différentes branches d'activités. Une rapide présentation en a été donnée. Le mécanisme de construction du tableau d'entrée-sortie régionalisé est basé sur l'hypothèse que le modèle national constitue un reflet raisonnable de la matrice technologique de la région Aquitaine. Cependant des ajustements spécifiques ont été rendus nécessaires, que ce soit au niveau de la construction d'un TES symétrique "produit x produit" ou au niveau de l'agrégation des variables du TES à partir de la nomenclature NES en 114 branches. Il en a été de même pour l'estimation des valeurs ajoutées, de la consommation finale et de la formation brute de capital fixe et des importations. Les importations sont une question plus complexe, en particulier à cause du traitement différencié des importations provenant de l'étranger et de celles des autres régions françaises. La différenciation entre importations des autres régions françaises destinées aux consommations intermédiaires et importations visant à satisfaire directement la demande finale a également nécessité le choix d'une méthodologie adaptée. La détermination *des importations des branches de la filière bois* fait l'objet d'un traitement particulier, en raison de la spécificité de cette filière pour la région Aquitaine. En effet, la filière se caractérisait, jusqu'à la tempête de 2009, par un très faible taux d'importation de ressource par les branches de 1^{ère} transformation, les branches *travail du bois et fabrication d'articles en bois et fabrication de pâtes à papiers, de papier et cartons* se fournissant pour l'essentiel en pin maritime du massif forestier landais. Pour les activités de 2^{ème} transformation, la règle générale a été conservée.

Un des intérêts de ce travail est d'associer les émissions de gaz à effet de serre à l'activité économique. A partir de l'inventaire réalisé par le CITEPA, il a été possible d'évaluer les émissions correspondantes, moyennant un travail sur les nomenclatures d'activité économique et d'émissions pour les 114 branches de la NES. Le CITEPA traite séparément les émissions dues à la combustion des énergies fossiles et celles dues au processus de production. Ce sont ces émissions qui seront affectées à chaque branche d'activité. *Un travail de recalcul des émissions adaptées à la nomenclature NES a été nécessaire.* Notons que les émissions de CO₂ relatives à la combustion de la ressource en bois, contrairement aux autres énergies fossiles, sont entièrement affectées à la sylviculture selon le mode de *comptabilisation du solde* entre les émissions et la séquestration annuelle due à l'accroissement des peuplements.

Afin de rendre intelligible les traitements de données, on a procédé à l'agrégation des activités économiques en 14 branches ou secteurs d'activités, sept branches pour la filière bois Aquitaine, selon le niveau de désagrégation de la NES en 114 branches, sept secteurs regroupant toutes les autres activités économiques de la région (107 branches).

Nous avons ensuite analysé la pertinence de la structure de branches d'activité traditionnellement retenue pour la filière bois. On a appliqué la méthode de la *longueur de propagation moyenne* permettant de repérer la distance des relations économiques entre branches d'activités. La *notion de rang* peut aisément s'associer aux stades de transformation. L'analyse des relations économiques confirme l'approche traditionnelle en trois étapes de transformation : sylviculture, 1^{ère} transformation et 2^{ème} transformation. Seules les activités de *fabrication de pâtes à papiers, papiers et cartons*, de par leur lien avec les activités de *travail du bois et fabrication d'articles en bois*, se situeraient aux limites des activités de 1^{ère} transformation.

De façon générale, on peut conclure que les résultats obtenus confirment la spécialisation de la région Aquitaine dans la sylviculture et les activités de transformation du bois. Cette spécialisation se caractérise par un approvisionnement en bois d'œuvre, d'industrie et en produits bois en provenance de l'intérieur de la région tandis que les autres produits intermédiaires, nécessaires à la production, proviennent des autres régions ou de l'étranger. Cette spécificité explique en partie les effets d'entraînement faibles par rapport au niveau national, les "petites économies", et c'est le cas des régions françaises, étant naturellement fortement ouvertes sur l'extérieur.

L'analyse des contributions des différentes branches à la production et aux émissions associées de GES s'est faite à l'aide d'indicateurs classiques comme la valeur ajoutée, l'emploi, les taux d'importation et d'exportation. Un indicateur plus complexe comme le coefficient de localisation simple (SQL) a permis de comparer les contributions respectives de la richesse régionale à la richesse nationale. Ces coefficients confirment bien que les activités de 1^{er} rang sont des activités de spécialisation de la région Aquitaine. Comparativement, seule la branche *agriculture* révèle un indicateur de spécialisation comparable à celui des activités de la filière bois pour la région Aquitaine.

Les coefficients d'émissions de gaz à effet de serre associés aux indicateurs de production et d'emplois révèlent que la filière bois est dans l'ensemble faiblement émettrice de GES, mais que, cependant, certaines branches comme la *fabrication de pâtes à papiers, papiers et cartons* se distinguent dans ce registre, en représentant près des deux tiers des 3% de GES émis par la filière (hors *construction* et *production d'électricité et de chaleur*). Ce constat est d'autant plus net si on rapporte les émissions à l'euro de production, toutes les branches de la filière bois apparaissant comme faiblement émettrices, contrairement à la *fabrication de pâtes à papiers, papiers et cartons*, en moyenne 5 fois plus émettrice par unité monétaire de production.

De fait l'*agriculture*, les *industries manufacturières*, les *transports* et l'*énergie* expliquent quantitativement en Aquitaine l'essentiel des émissions de GES, ce constat étant conforté si on rapporte ces émissions à l'euro produit, ce niveau important étant atteint seulement par la *fabrication de pâtes à papiers, papiers et cartons* pour la filière bois.

La mise en œuvre de divers *indicateurs d'entraînement* a permis de quantifier les effets qu'ont les branches de la filière-bois, à la fois sur la production, l'emploi et les émissions de GES de la région. Il est également possible, grâce à ces indicateurs, de connaître la destination finale des différents produits bois au niveau régional et, ainsi, de mieux évaluer les rôles économiques, sociaux et environnementaux des branches de la filière bois.

Les *multiplicateurs régionaux de production* ont permis de mesurer la production des branches d'activité qui vont résulter de l'augmentation d'une unité de la demande finale d'une branche donnée. Le même type d'indicateurs a été mis en œuvre pour l'emploi et les émissions de GES. Ces multiplicateurs confirment le rôle moteur *du travail du bois et fabrication d'articles en bois* sur la production, l'emploi et le faible niveau d'émissions associées à la production. Cette branche a de fortes relations économiques en amont avec la sylviculture et exploitation forestière. Elle est accompagnée dans ses effets favorables de la *fabrication de meubles*. Inversement la situation de la *fabrication de pâtes à papiers, papiers et cartons* est assez défavorable sur les 3 critères retenus. Comparativement, seules les *autres industries manufacturières* et l'*énergie* ont un effet aussi important sur le processus productif que les branches de la filière bois.

Seul, le secteur de l'*agriculture* se caractérise par un taux d'émissions de GES particulièrement élevé, nettement supérieur à la *fabrication de pâtes à papiers, papiers et cartons*, les autres secteurs de l'*agro-alimentaire*, de l'*industrie*, de l'*énergie* et du *transport* ayant des niveaux d'émission comparables à cette branche de la filière bois.

Pour l'emploi, la filière bois se trouve dans la moyenne régionale. Seule l'*agriculture*, le secteur de l'*énergie*, le *commerce* et surtout les *services* ont un effet un peu supérieur sur l'*effet multiplicateur d'emploi par euro produit*.

L'analyse des secteurs clés s'appuie sur les indices d'Hirschman-Rasmussen pour les effets en amont et en aval. Les modèles de Léontief et de Ghosh servent respectivement pour les calculs de ces indices en amont et en aval. Ces indices confirment les résultats des multiplicateurs précédents.

Le *travail du bois et fabrication d'articles en bois* se confirme être la branche d'activité qui a les effets d'entraînement les plus favorables à tous les points de vue. Ils sont positifs à l'amont et à l'aval pour la production et l'emploi, faibles dans les deux cas pour les émissions de GES. La *silviculture et exploitation forestière* a des effets favorables limités naturellement à l'aval pour la production, l'emploi et les émissions de GES.

La *fabrication de pâtes à papiers, papiers et cartons*, si elle a un effet positif sur la production aval, se caractérise par de fortes émissions induites par son processus de production. La *substitution de ressources de biomasse ligneuse à la place de ressources énergétiques d'origine fossiles pour alimenter les usines de pâtes à papiers, à l'exemple du développement des unités de cogénération, pourrait améliorer sa situation vis-à-vis de ce critère environnemental.*

Les autres secteurs d'activité, hors filière bois, se démarquent peu d'un effet moyen sur la production, sauf les *industries agro-alimentaires* et l'*énergie* pour leur effet amont. Sur la question de l'emploi la filière bois ne se distingue donc pas sensiblement des autres secteurs d'activité.

En ce qui concerne les émissions de GES, l'*agriculture* et l'*énergie* sont des secteurs comparables à la *fabrication de pâtes à papiers, papiers et cartons*. Avec la *production d'électricité et de chaleur*, elles constituent les activités induisant les émissions les plus importantes au sein de l'activité économique de l'Aquitaine.

La détermination des différentes composantes de la production permet d'affiner la compréhension des effets d'entraînement. Pour cela il faut cependant pouvoir décomposer les activités économiques en *système de blocs*. La méthode utilisée permet de garder les propriétés analytiques des tableaux d'entrée-sortie, tout en regroupant les branches d'activité à la demande. Ainsi les branches de la filière bois analysées au niveau de la NES 114 (7 branches) ont pu être intégrées dans le système précédent de 14 entités ou blocs économiques représentant l'ensemble des activités économiques de la région, rendant ainsi intelligibles les résultats empiriques obtenus.

L'activité économique a été décomposée en 4 composantes : composante *interne*, composante *mixte*, composante *nette en aval* et composante *nette en amont*. La somme de la composante *interne*, de la composante *mixte* et de la composante *nette en aval* correspond à la **production directe**. La somme de la composante *interne*, de la composante *mixte* et de la composante *nette en amont* correspond à la **production intégrée**.

Pour l'ensemble des blocs, la composante interne de la production est très forte (89%), la composante mixte est négligeable et la part de la composante nette en amont et en aval est très faible (11%). On conclut traditionnellement de ces résultats que la production régionale destinée à satisfaire la *demande domestique* est peu expliquée par les inputs d'origine régionale. C'est une caractéristique des "petites économies".

La comparaison entre les productions directe et intégrée permet de savoir si un bloc est un "acheteur net" ou un "vendeur net de produits". Pour l'ensemble de l'économie, les deux productions sont identiques. Chaque bloc se positionne par rapport à un comportement moyen.

Un bloc est un acheteur net si sa production intégrée est plus élevée que sa production directe, c'est à dire si sa composante en amont est plus importante que sa composante nette en aval. A contrario, un bloc est vendeur net si sa production directe est plus élevée que sa production intégrée, c'est à dire si sa composante nette en aval est plus importante que sa composante nette en amont.

Ainsi, la *sylviculture et exploitation forestière*, se trouvant le plus en amont de la filière bois, est un vendeur net de produits régionaux. Inversement les blocs de la filière bois de 1^{er} rang, *travail du bois et fabrication d'articles en bois* et *fabrication de pâtes à papier, papier et carton*, et 2^{ème} rang sont plutôt acheteurs nets de produits régionaux.

Comme précédemment la composante interne des blocs relative à l'emploi est très forte, la composante nette associée en amont et en aval est très faible (10%). Ainsi, la production régionale afin de satisfaire la *seule demande finale domestique* provient peu des emplois d'origine régionale. Les branches ayant un effet en amont important pour l'emploi sont la *fabrication d'articles en papier ou en carton* et la *fabrication de meubles*. A contrario, la *sylviculture et l'exploitation forestière* a un effet net en aval élevé. Dans l'ensemble on relève que les branches de la filière bois ont des effets notables sur l'emploi des branches amont et aval, en comparaison des effets provenant des autres branches d'activités régionales.

En ce qui concerne les émissions de GES, on constate que les blocs qui sont *acheteurs nets* de produits régionaux sont également *acheteurs nets d'émissions* de GES. Réciproquement, les blocs qui sont *vendeurs nets de produits régionaux* sont également *vendeurs nets d'émissions de GES*.

Pour les branches *travail du bois et fabrication d'articles en bois* et *fabrication d'articles en papier ou en carton*, les résultats semblent indiquer que ces branches consomment des inputs relativement intensifs en émissions de GES, à contrario de la branche *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton*, dont les émissions de GES sont directes.

Un schéma général des flux de produits, d'emplois et d'émissions de GES a été réalisé. Les données indiquent le montant de la production, les emplois et les émissions de GES de chaque bloc, les blocs s'assimilant à des branches dans le cas de la filière bois. Ces produits (et les émissions émanant de la production de ces produits) peuvent être destinés, soit à satisfaire directement la demande finale, soit utilisés comme inputs pour le bloc ou la branche en aval de la filière afin de satisfaire sa demande finale.

On peut aussi suivre la production des différentes branches, les émissions engendrées et les emplois associés. On peut déterminer les parts respectives destinées à la satisfaction directe de la demande finale de la branche, mais également les parts restantes destinées aux inputs des différentes branches en aval, afin de satisfaire les demandes finales de ces branches.

Le diagramme peut également s'interpréter inversement en termes d'impacts sur la production, l'emploi et les émissions de GES à partir de la demande finale d'une branche. Nous retrouvons les mêmes résultats que ceux énoncés dans la décomposition de la production, à savoir que la production indirecte est faible relativement à la production directe. La production de la branche est expliquée en très grande partie par la demande finale (dont les exportations), et faiblement par la production des branches en amont. Nous retrouvons ainsi encore le résultat classique d'une "économie régionale".

Une synthèse graphique des tendances des différents indicateurs, multiplicateurs, indices d'Hirschmann-Rasmussen, part des composantes nettes en amont et en aval, a été

réalisée. Elle a permis de vérifier la cohérence d'ensemble des résultats obtenus successivement à partir de ces différents indicateurs.

La spécificité de la filière bois Aquitaine est confortée par l'analyse de la part des produits dans les processus productifs successifs de la filière destinés à satisfaire les demandes finales des branches. L'utilisation des coefficients techniques a permis de bien montrer la dépendance des activités de *travail du bois et fabrication d'articles en bois* à la *sylviculture et l'exploitation forestière*, alors que la dépendance à la ressource ligneuse est assez faible en valeur pour la *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton*. La dépendance à des variations de prix de la ressource pourrait donc peser pour certaines branches, alors que d'autres y seraient peu sensibles.

L'analyse de la dépendance à la ressource a été enrichie de la prise en compte des échanges inter-régionaux et nationaux aux travers de coefficients techniques adaptés. En déterminant l'évolution des parts des différents intrants, selon que l'on tient compte des apports extérieurs ou que la région fonctionne en autarcie, on affine l'analyse de la spécialisation régionale de la filière bois Aquitaine. Cette spécificité est confirmée à toutes les étapes de la filière, de l'amont à l'aval.

Une dernière partie, de prospective à court terme, termine ce travail. Elle porte sur les impacts en matière de production, d'emplois et d'émissions de gaz à effet de serre suite à un accroissement 10% de la demande finale régionale de produits bois. Elle a permis une évaluation chiffrée comparative des effets de la demande, en particulier en matière d'emplois et d'émissions de GES. La comparaison de la production, avec la situation de la filière bois au niveau national, confirme le rôle moteur régional des branches *travail du bois et fabrication d'articles en bois* et *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton*. L'analyse a montré, pour la région Aquitaine les faibles impacts sur la 2^o transformation par rapport à ce que l'on observe au niveau national. Pour l'emploi, c'est le *travail du bois et fabrication d'articles en bois* et la *fabrication de meubles* qui sont les branches motrices de l'activité de la filière. Pour les émissions de GES, l'essentiel provient de la *fabrication de pâte à papier, de papier et de carton*. Le résultat de forte dépendance interne des activités de la 1^{ère} transformation au sens large est confirmé pour l'emploi et les émissions de GES.

Les décideurs politiques souhaitant mener à bien une politique favorisant le développement économique (production et secondairement emploi), tout en restreignant les émissions de GES, seront confrontés au fait que les branches ayant l'impact le plus fort sur la production vont induire cependant des émissions notables de GES, via les branches amont qui leur fournissent des produits bois.

Il resterait à aborder la question de la séquestration du carbone dans les produits bois qui serait une extension physique du tableau d'entrée-sortie. En effet, la consommation de produits bois peut contribuer à séquestrer du carbone pendant la durée de vie de ces produits. La comparaison entre les émissions émises de GES et le carbone séquestré permettrait d'établir un bilan plus objectif pour les branches de la filière bois de la région Aquitaine, la séquestration venant en déduction des émissions de GES, sans compter la prise en compte des émissions évitées lors du processus de fabrication, en cas de substitution de produits plus émetteurs en GES lors de leur fabrication. Cependant cette approche a encore été très peu mise en œuvre et pose des problèmes méthodologiques qui restent à approfondir.

Bibliographie

- ANFRE J. (1971) Le système français de comptabilité économique régionale, *Journal of international association for research in income and wealth*, série 17
- BAUCHET P. (1955) Les tableaux économiques : analyse de la région Lorraine, Paris Génin.
- BEN SLAMA M.M., BOUMEDIÈNE J.E. (2003) Motricité sectorielle et mutations qualitatives de l'emploi dans les industries manufacturières tunisiennes, *Mondes en Développement*, 32 (122)
- BOCA A. (1963) Comptabilité régionale, *Revue économique*, 14 (1), pp. 133-144
- BRAND S. (1997) On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input-Output Tables: A Comment, *Journal regional studies*, 31 (8), pp. 791-794
- BREUIL J.M. (1992) Input-Output Analysis and Pollutant Emissions in France, *Energy Journal*, 13 (3), pp.173-184
- BURRELL A. (2004) Estimating London's economic contribution, Experian.
- CATIN M., NICOLINI V. (2005) Les effets multiplicateurs des dépenses militaires de la DNC Toulon sur l'économie varoise, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 4, pp. 451-480
- CITEPA (2007) Inventaire des émissions de gaz à effet de serre de la région Aquitaine et ses départements pour les années 1990 et 2005, financé par l'ADEME.
- CITEPA (2007) organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France (OMINEA), 4ème édition.
- DELFAUD P. (1982) Construction d'un modèle économique de prévision pour la région aquitaine", Rapport de recherche pour l'EPR Aquitaine, IERSO, Université Bordeaux I
- DIETZENBACHER E. (1997) In Vindication of the Ghosh Model: A Reinterpretation as a Price Model, *Journal of regional science*, 37 (4), pp.629-651
- DIETZENBACHER E., ROMERA LUNA I., BOSMA N.S. (2005) Using average propagation lengths to identify production chains in the Andalusian Economy, *Estudios de Economía Aplicada*, 32(2), pp. 405-422
- FLEGG A.T., WEBBER C.D. (2000) Regional size, regional specialization, and FLQ Formula, *Regional Studies*, 34(6), pp. 563 - 569
- FLEGG A.T., WEBBER C.D. (1997) On the appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input-Output Tables: Reply, *Regional Studies*, 31(8), pp.795-805
- GIARRATANI F. (1976) Application of an interindustry supply model for energy issues, *Environment and planning*, 8 A, pp.447-454
- GIARRATANI F. (1981) A supply-constrained interindustry model: forecasting performance and an evaluation dans W.Buhr et P.Friedrich *Regional development under stagnation*, Baden-Baden: Nomos Verlag, pp.281-292
- GHOSH A. (1958) Input-Output Approach in an Allocation System, *Economica*, 25 (97), pp.58-64
- 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(3), pp.441-450
- HANSEN W.L., TIEBOUT C.M., (1963) An Intersectoral Flows Analysis of the California Economy, *The Review of Economics and Statistics*, 45(4), pp. 409-418
- HARMSTON F.K., LUND R.E. (1967) Application of an input-output framework to a community economic system, University of Missouri Press.
- HAZARI B.R. (1970) Empirical identification of key sectors in the Indian economy, *Reviews of Economics and Statistics*, 52 (3), pp. 301-305
- Institut d'Economie Regionale du Sud-Ouest (1970) Recherches méthodologiques de comptabilité économique régionale
- BRAIBANT M., Elaboration du tableau des entrées intermédiaires pour les années de base, base 2000, INSEE
- JONES L.P. (1976) The measurement of Hirschmanian linkages, *the quarterly journal of Economics*, 2, pp.323-333

- JOUANDET-BERNADAT R. (1967) Le tableau interindustriel régional, *Revue économique*, 18 (3), pp. 447-479
- JANSEN K.P., RAA T.T. (1990) The choice of model in the construction of input-output coefficients matrices, *International Economic Review*, 31(1), pp. 213-227
- KLOTZ G. (1990) La comptabilité nationale, Edition Armand Colin
- LACOUR C., LUNG Y. (2003) IERSO : 50 ans de recherche en science régionale à Bordeaux, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 1, pp. 3-38
- LAJUGIE J. (1989) Un tiers de siècle d'aménagement volontariste du territoire, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 1, pp 11- 40
- LAUMAS P.S. (1976) The weighting problem in testing the linkage hypothesis: Comment, *The Quarterly Journal of Economics*, 90 (2), pp. 308-312
- LEUNG P., POOLEY S. (2001) Regional economic impacts of reductions in fisheries production: A supply-driven approach, *Marine Resource Economics*, 16, pp. 251-262
- LHERT J. (1984) De la région aquitaine à la régionalisation des comptes : les comptes régionaux comme instrument de connaissance et de gestion du local et du national. Bilan des études de comptabilité économique régionale effectuée par l'IERSO depuis 1960, *Revue d'Economie Régionale du Sud-Ouest*, 2
- MALFAIT J.J. (2009) Flux, stocks de bois en aquitaine et séquestration du carbone : Etat de référence avant la tempête de janvier 2009, *Les documents de recherche du GREThA – Environnement*, 69 p.
- DE MESNARD L. (2004) Understanding the shortcomings of commodity-based technology in input-output models: an economic-circuit approach, *Journal of Regional Science*, 44(1), pp.125-41.
- MILLER, R.E., BLAIR P.D. (1985) Input-Output Analysis : Foundations and Extensions, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ
- OOSTERVAHEN J. (1988) On the plausibility of the supply-driven input-output model, *Journal of Regional Science*, 28 (2), pp. 203-217
- OUSSET J. (1991) La comptabilité économique régionale en 1990, *Les Cahiers de l'Economie Méridionale*, 14, 204 p.
- POULON F. (2005) Economie générale, Edition Dunod, 5^{ème} édition
- 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, pp.451-458
- RASMUSSEN P.N. (1956) Studies in inter-sectoral Relations, Copenhagen, Heinar Harks
- ROUND J.I. (1978) An interregional input-output approach to the evaluation of nonsurvey methods, *Journal of Regional Science*, 18, pp. 179-194.
- SANCHEZ-CHOLIZ J., DUARTE. R. (2003a) Analysing pollution by way of vertically integrated coefficients with an application to the water sector in Aragon, *Cambridge Journal of Economics*, 27 (3), pp. 433-448.
- SANCHEZ-CHOLIZ J., DUARTE R. (2003b). Production chains and linkage indicators, *Economic Systems Research*, 15 (4), pp. 481-494.
- SANCHEZ-CHOLIZ J., DUARTE R. (2005) Water pollution in the Spanish economy : analysis of sensitivity to production and environmental constraints, *Ecological Economics*, 53(3), pp. 325-338
- SAN CRISTOBAL J.R. (2007) Effects on the economy of a decrease in forest resources: An international comparison, *Forest Policy and Economics*, 9(6), pp.647-652
- SERUZIER Michel (1996) Construire les comptes de la nation, ouvrage réalisé sous le patronage du Ministère de la coopération, d'EUROSTAT et de l'INSEE, Edition Economica.
- TIMO T. (2004) New Developments in the Use of Location Quotients to Estimate Regional Input-Output Coefficients and Multipliers, *Regional Studies*, 38 (1), pp. 43-54
- TORRE A. (1993) Sur la signification théorique du modèle d'offre multisectoriel, *Revue Economique*, 44(5), pp. 951-970
- TREIZ G.L., RICKMAN D.S., SHAO G. (1991) The REMI Economic-Demographic Forecasting and Simulation Model, *International Regional Science Review*, 14(3), pp. 221-253

Glossaire

Blocs : regroupement de branches permettant une présentation synthétique des résultats tout en tenant compte des échanges entre les différentes branches d'un même bloc.

Coefficients d'émissions : ensemble des émissions générées par la consommation d'une unité de combustibles fossiles

Coefficients techniques : représentent les consommations intermédiaires des produits nécessaires à la production d'une unité monétaire d'une branche.

Coefficients techniques nationaux : montant des produits d'origine nationale qui ont été consommés par une branche nécessaire à sa production d'une unité monétaire dans une nation

Coefficients techniques régionaux : montant des produits d'origine régionale qui ont été consommés par une branche nécessaire à sa production d'une unité monétaire dans une région

Composante interne : capture les inputs produits par les branches du bloc qui reste dans le même bloc pour satisfaire sa demande finale sans une intervention des branches des autres blocs.

Composante mixte : contient les inputs produits par les branches d'un bloc, inputs qui vont servir comme produits intermédiaires dans les branches des autres blocs et qui reviennent ensuite aux branches du bloc initial pour satisfaire sa demande finale.

Composante nette en amont : contient les inputs produits par les branches des autres blocs qui vont ensuite servir comme produits intermédiaires dans la production des branches d'un bloc pour satisfaire sa demande finale sans revenir aux branches du bloc initial.

Composante nette en aval : représente les inputs produits par les branches d'un bloc qui vont servir comme produits intermédiaires dans les branches des autres blocs pour satisfaire leur demande finale sans revenir aux branches du bloc initial.

Consommations intermédiaires (ou input) : ensemble des biens et services (généralement achetés à d'autres entreprises), qui sont détruits ou transformés lors du processus de production ou incorporés au produit

Demande finale : montant de la production de biens et services qui ne vont pas servir comme consommation intermédiaire. Elle est composée de la consommation finale (à destination des ménages ou de l'administration publique), de la formation brute de capital fixe (biens d'investissement), des variations de stock et des exportations.

Echanges interindustriels : échanges de biens et services entre les différentes branches d'une économie servant à leur processus de production.

Effet d'entraînement : capacité d'une branche à agir sur la production (et/ou l'emploi et/ou les émissions) d'une autre branche à travers les achats et/ou la vente de leurs produits.

Effets en amont : effets d'une branche par rapport aux autres branches à travers ses achats en produits intermédiaires

Effets en aval : effets d'une branche par rapport aux autres branches à travers ses ventes de produits intermédiaires

Emissions de gaz à effet de serre (GES) : émissions responsables du réchauffement climatique. Nous avons retenu dans notre étude trois types d'émissions de gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O).

Indices d'Hirschman-Ramussen : mesurent par des indices les effets d'entraînement d'une branche aussi bien en amont (à travers l'achat de leurs produits intermédiaires) qu'en aval (à travers la vente de ses produits intermédiaires) comparativement aux autres branches de l'économie. Ces effets d'entraînement sont relativement importants si les indices sont supérieurs à l'unité. Ils permettent ainsi de repérer les branches clés à savoir celles qui ont relativement des effets importants d'entraînement aussi bien en aval qu'en amont.

Inputs : voir consommations intermédiaires

Intensité d'émissions de GES : montant d'émissions de GES d'une branche générées par la production d'une unité monétaire de cette même branche.

Intensité d'emploi : nombre d'emplois nécessaires d'une branche pour la production d'une unité monétaire de cette même branche.

Intensité énergétique : montant de consommation énergétique nécessaire pour la production d'une unité monétaire de cette même branche

Matrice des coefficients techniques : indique l'ensemble des consommations intermédiaires nécessaires à la production d'une unité monétaire des différentes branches d'une économie.

Matrice inverse de Leontief : indique la production des branches (directe et indirecte) nécessaire à la satisfaction d'une unité monétaire de la demande finale des branches d'une économie.

Modèle de Ghosh : modèle orienté *offre*, à contrario du modèle de Leontief qui est un modèle orienté *demande*. Il détermine le montant de production totale des branches en aval suite à la création d'une unité de valeur ajoutée d'une branche. Il fut développé par Ghosh en 1958. Mais ce modèle a fait l'objet de vives critiques dont la principale est qu'une modification de l'offre impliquerait une modification des coefficients techniques, à savoir un changement dans ces processus productifs.

Modèle de Leontief : voir le modèle entrées-sorties

Méthode de propagation moyenne : vise à sélectionner les branches ayant des fortes relations économiques entre elles (à travers la vente ou achat de produits intermédiaires), en calculant la distance économique entre les branches (le nombre de branche intermédiaire nécessaire pour passer d'une branche à une autre, également appelé rang). Elle fut développée par Dietzenbacher en 2005.

Modèle entrées-sortie (input-output) : développé par l'économiste Wassily Leontief, prix Nobel d'économie en 1973. Son modèle vise à déterminer la production totale nécessaire pour satisfaire la demande finale d'une branche en incorporant la complexité des échanges interindustriels.

Multiplicateur d'émissions de gaz à effet de serre : ensemble des émissions de gaz à effet de serre (directes et indirectes) nécessaires à la satisfaction d'une unité monétaire de la demande finale d'une branche.

Multiplicateur d'emploi : nombre d'emplois (directs et indirects) des branches nécessaire à la satisfaction d'une unité monétaire de la demande finale d'une branche

Multiplicateur de production : ensemble de la production (directe et indirecte) des branches nécessaire à la satisfaction d'une unité monétaire de la demande finale d'une branche

Production directe : production d'une branche nécessaire à la satisfaction de la demande finale de la branche.

Production indirecte : ensemble de la production des branches en amont nécessaire à la satisfaction de la demande finale d'une branche

Production intégrée : ensemble de la production des branches (directe et indirecte) nécessaire pour satisfaire la demande finale d'une branche.

Produits intermédiaires : voir les consommations intermédiaires

Rang : distance économique séparant deux branches, à savoir le nombre de branches intermédiaires entre deux branches mesuré à travers les échanges interindustriels.

Tableau entrées-sorties (TES) : un des deux tableaux de la comptabilité nationale avec le tableau d'économie d'ensemble (TEE). Il décrit les opérations portant sur les biens et les services, par produit (en ligne) et par branche (en colonne). En ligne, il vérifie l'équilibre emploi-ressource des produits, à savoir que l'offre de produit (production et importation) est égal à la demande de produit (demande intermédiaire et demande finale). En colonne, il décompose la production des branches selon leur valeur ajoutée et leur consommation intermédiaire en les ventilant selon les produits.

Tonne équivalent pétrole : unité de mesure souvent utilisée dans l'énergie permettant une comparaison de la consommation des différents combustibles. Il correspond approximativement au pouvoir calorifique d'une tonne de pétrole.

Valeur ajoutée : correspond à la création de la richesse. Elle est par définition égale à la production diminuée des consommations intermédiaires. Elle peut servir au paiement des salaires, à l'excédent brut d'exploitation (profits) et aux taxes.

Table des Annexes

Annexe 1 : La production fonction de la demande finale

Annexe 2 : La fonction de production à facteurs complémentaires

Annexe 3 : Correspondance entre les nomenclatures d'activité économiques
NES-NA et les nomenclatures de produits et d'activités (NAF)

Annexe 4 : L'estimation des échanges intersectoriels

Annexe 5 : L'estimation des valeurs ajoutées

Annexe 6 : Les importations de consommations intermédiaires en provenance
des autres régions françaises

Annexe 7 : Les importations destinées à la demande finale

Annexe 8 : La détermination de la variation de stocks de la sylviculture en
Aquitaine

Annexe 9 : Méthodologie d'estimation des émissions de GES par branche

Annexe 10 : Le modèle de Ghosh

Annexe 11 : Les méthodes d'identification des secteurs clés

Annexe 1 : La production fonction de la demande finale

Soit :

P_i la production de la branche i ,

P_j la production de la branche j ,

Z_{ij} les consommations intermédiaires de la branche j venant de la branche i ou les biens et services intermédiaires venant de la branche i pour la branche j ,

CF_i la consommation finale de la branche i ,

FBC_i la formation brute de capital de la branche i

X_i les exportations de la branche i .

VAB_j la valeur ajoutée brute de la branche j

L'économie considérée est composée de n branches.

L'égalité emploi-ressource de chaque bien et service de la branche i (lecture horizontale) implique :

$$P_i = Z_{i1} + Z_{i2} + \dots + Z_{in} + CF_i + FBC_i + X_i, \text{ pour } i=1,2,\dots,n \quad (2-33)$$

Notons Y_i la demande finale de la branche i .

$$Y_i = CF_i + FBC_i + X_i, \text{ pour } i=1,2,\dots,n \quad (2-34)$$

Ainsi en intégrant (2) dans (1), nous avons :

$$P_i = Z_{i1} + Z_{i2} + \dots + Z_{in} + Y_i, \text{ pour } i=1,2,\dots,n \quad (2-35)$$

L'expression (3) peut être réécrite de cette manière :

$$P_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij} + Y_i, \text{ pour } i=1,2,\dots,n \quad (2-36)$$

La production de la branche j est composée de l'ensemble des consommations intermédiaires venant des différentes branches i et de sa valeur ajoutée (lecture verticale), ainsi

$$P_j = Z_{1j} + Z_{2j} + \dots + Z_{nj} + VAB_j \text{ pour } j=1,2,\dots,n \quad (2-37)$$

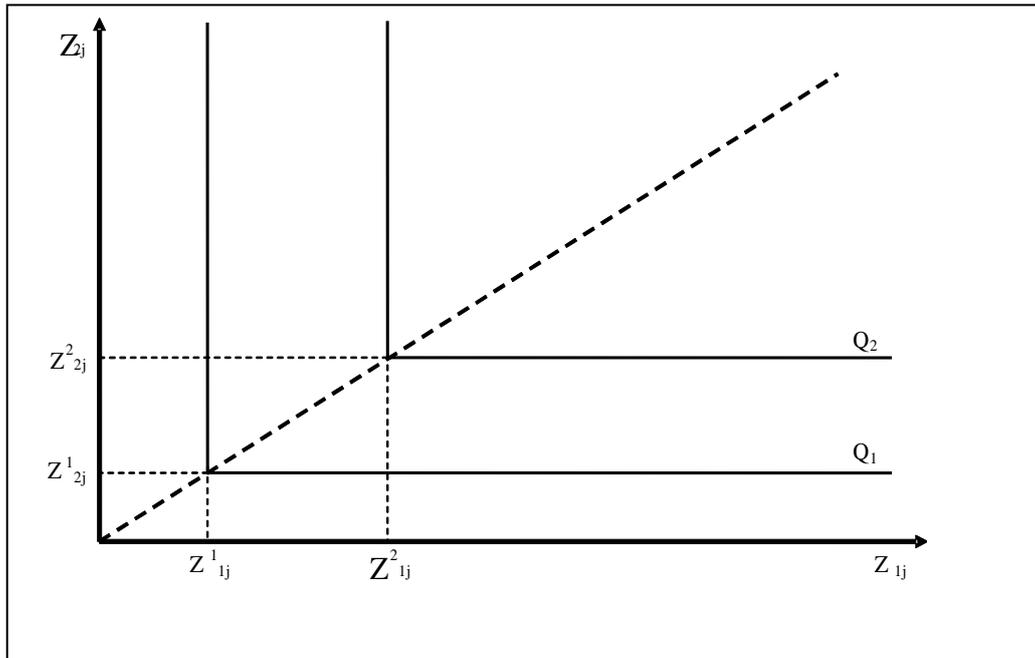
Ou

$$P_j = \sum_{i=1}^n Z_{ij} + VAB_j, \text{ pour } j=1,2,\dots,n \quad (2-38)$$

Si les branches i et j sont identiques ($P_i = P_j$), alors il est possible de connaître pour une branche donnée ses inputs, et également ses outputs.

Annexe 2 : La fonction de production à facteurs complémentaires

Elle est représentée graphiquement sous la forme suivante. Les abscisses représentent le montant des consommations intermédiaires de la branche 1 et en ordonnées le montant des consommations intermédiaires de la branche 2. L'isoquante, représentant l'ensemble des combinaisons de consommations intermédiaires pour un même montant de production, est représentée par une équerre. Pour produire Q_1 , la branche a besoin d'un minimum de consommation intermédiaire venant de la branche 1 de Z^1_{1j} , et venant de la branche 2 de Z^2_{1j} .



Si la branche veut augmenter sa production, elle doit augmenter ses consommations intermédiaires le long du sentier d'expansion représentées par la droite en pointillée.

Annexe 3 : Correspondance entre les nomenclatures d'activité économiques NES-NA et les nomenclatures de produits et d'activités (NAF)

L'INSEE utilisait la Nomenclature Economique de Synthèse (NES) pour élaborer le TES. L'objectif de regroupement selon la NES vise à refléter autant que possible les comportements d'agents confrontés à leur marché tandis que la Nomenclature d'Activités Françaises (NAF Rev.1) fait intervenir d'autres critères comme les spécificités techniques du processus de production ou l'organisation en filières de production. La NES comprenait trois niveaux d'agrégation : un TES en 16 branches selon la NES 16, un TES en 40 branches selon la NES 36 et un TES en 118 branches selon la NES 114. Le TES en 118 branches était donc le niveau le plus élevé de désagrégation disponible. La NES 114 était dérivée de la nomenclature d'activités française en 700 branches (NAF 700) et de la classification des produits français (CPF). L'INSEE fournissait les clés de passage entre les NES 114 et la NAF 700.

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. Cependant il n'existe encore aucun TES disponible selon cette nouvelle nomenclature. La régionalisation du TES national a été réalisée en fonction des données disponibles avant cette date. 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. Tous les traitements et conclusions relatifs à la filière bois sont pertinents pour la situation économique avant la prise en compte de la tempête de 2009.

Face au cadre conceptuel qui vient d'être élaboré la première question qui doit être abordée est la confrontation avec l'analyse des activités de la filière. Il existe une correspondance directe entre la nomenclature économique de synthèse en 114 branches (NES 114) et la nomenclature des activités en 700 branches (NAF 700).

Selon la nomenclature NES 114, les branches retenues pour la filière bois *sont* (on donne en parallèle la référence de la branche dans la nomenclature NA 129 de 2008) :

- Sylviculture, exploitation forestière, services annexes (**A02 / A02Z**)
- Travail du bois et fabrication d'articles en bois (**F31 / C16Z**)
- Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton (**F32 / C17A**)
- Fabrication d'articles en papier ou en carton (**F33 / C17B**)
- Fabrication de meubles (**C41⁵⁸ / C31Z**)
- Construction (**H0 / FZ0**)

On peut retenir également à un degré moindre les branches :

- production et distribution d'électricité, de gaz et de chaleur (**G21/ G35A et G35B**),
- récupération (**F56/ E38Z**).

Ainsi, selon la NES 114, les activités de 6 à 8 branches sont imputables à la filière bois-papiers. Du fait des contraintes statistiques, il n'est pas possible de désagréger davantage le TES régional obtenu ici 104 branches selon certaines branches de la NAF 700. Nous manquons d'information sur l'origine et la destination des différents produits à l'intérieur de la NES 114. Les hypothèses de technologie et de structure de vente identiques sont beaucoup trop fortes pour envisager une désagrégation plus fine.

Pour chaque branche de la nomenclature d'activité on donne ci-dessous la correspondance avec nomenclature de produits et d'activités selon la NAF rev1 (2003) et la NAF rev2 (2008). Les activités sont données selon un niveau de décomposition en 700 produits (respectivement 732 en 2008) et 220 produits (respectivement 272 en 2008)

⁵⁸ On remarquera que la branche *fabrication de meubles (C41)* se trouvait placée avant la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (F31)* dans la nomenclature de la NES 114.

La correspondance de la nomenclature économique avec les nomenclatures d'activité montre la globalisation potentielle des activités que va impliquer l'approche économique. Elle concerne surtout la branche F31/C16Z « Travail du bois et fabrication d'objets en bois ». Les branches A02/A02Z, F32/C17A et F33/C17B sont très centrées sur une activité en relation directe avec la filière bois.

- la branche : Sylviculture, exploitation forestière, services annexes **A02 / A02Z** (*Sylviculture et exploitation forestière*) agrège les branches :

| NAF 700 | NAF 220 | NAF 272 (rev2) | NAF 732 (rev2) |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 02.0A Sylviculture 02.0B Exploitation forestière 02.0D Services forestiers | 02.0 Sylviculture, exploitation forestière, services annexes | 02.1 Sylviculture et autres activités forestières 02.2 Exploitation forestière 02.3 Récolte de produits forestiers non ligneux poussant à l'état sauvage 02.4 Services de soutien à l'exploitation forestière | 02.10Z Sylviculture et autres activités forestières 02.20Z Exploitation forestière 02.30Z Récolte de produits forestiers non ligneux poussant à l'état sauvage 02.40Z Services de soutien à l'exploitation forestière |

- la branche : Travail du bois et fabrication d'articles en bois **F31 / C16Z** (*Travail du bois et fabrication d'articles en bois et en liège, à l'exception des meubles ; fabrication d'articles en vannerie et sparterie*) agrège les branches :

| NAF 700 | NAF 220 | NAF 272 (rev2) | NAF 732 (rev2) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20.1A Sciage, rabotage 20.1B Imprégnation du bois | 20.1 Sciage, rabotage, imprégnation du bois | 16.1 Sciage et rabotage du bois | 16.10A Sciage et rabotage du bois, hors imprégnation 16.10B Imprégnation du bois |
| 20.2Z Fabrication de panneaux de bois | 20.2 Fabrication de panneaux de bois | 16.2 Fabrication d'articles en bois, liège, vannerie et sparterie | 16.21Z Fabrication de placage et de panneaux de bois 16.22Z Fabrication de parquets assemblés 16.23Z Fabrication de charpentes et d'autres menuiseries 16.24Z Fabrication d'emballages en bois 16.29Z Fabrication d'objets divers en bois ; fabrication d'objets en liège, vannerie et sparterie |
| 20.3Z Fabrication de charpentes et de menuiseries | 20.3 Fabrication de charpentes et de menuiseries | | |
| 20.4Z Fabrication d'emballages en bois | 20.4 Fabrication d'emballages en bois | | |
| 20.5A Fabrication d'objets divers en bois 20.5C Fabrication d'objets en liège ou vannerie | 20.5 Fabrication d'objets divers en bois, objets en liège ou vannerie | | |

- la branche Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton **F32 / C17A** (*Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton*) agrège les branches :

| NAF 700 | NAF 220 | NAF 272 (rev2) | NAF 732 (rev2) |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 21.1A Fabrication de pâte à papier 21.1C Fabrication de papier et de carton | 21.1 Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton | 17.1 Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton | 17.11Z Fabrication de pâte à papier 17.12Z Fabrication de papier et de carton |

- la branche : Fabrication d'articles en papier ou en carton **F33 / C17B** (*Fabrication d'articles en papier ou en carton*) agrège les branches :

| NAF 700 | NAF 220 | NAF 272 (rev2) | NAF 732 (rev2) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21.2A Industrie du carton ondulé 21.2B Fabrication de cartonnages 21.2C Fabrication d'emballages en papier 21.2E Fabrication d'articles en papier à usage sanitaire ou domestique 21.2G Fabrication d'articles de papeterie 21.2J Fabrication de papiers peints 21.2L Fabrication d'autres articles en papier ou en carton | 21.2 Fabrication d'articles en papier ou en carton | 17.2 Fabrication d'articles en papier ou en carton | 17.21A Fabrication de carton ondulé 17.21B Fabrication de cartonnages 17.21C Fabrication d'emballages en papier 17.22Z Fabrication d'articles en papier à usage sanitaire ou domestique 17.23Z Fabrication d'articles de papeterie 17.24Z Fabrication de papiers peints 17.29Z Fabrication d'autres articles en papier ou en carton |

Il est évident que la branche **C41** Fabrication de meubles amalgame des activités qui ne sont pas en rapport avec la filière bois. On aura donc une perte de lisibilité des résultats obtenus au niveau économique, mais il n'est pas possible en l'état des informations disponibles de pallier cette difficulté.

- la branche : Fabrication de meubles **C41 / C31Z** (*Fabrication de meubles*) agrège des branches qui peuvent toute concerner l'usage du bois:

| NAF 700* | NAF 220 | NAF 272 (rev2) | NAF 732 (rev2)* |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 36.1A Fabrication de sièges 36.1C Fabrication de meubles de bureau et de magasin 36.1E Fabrication de meubles de cuisine 36.1G Fabrication de meubles meublants 36.1H Fabrication de meubles de jardin et d'extérieur 36.1J Fabrication de meubles n.c.a. 36.1K Industries connexes de l'ameublement 36.1M Fabrication de matelas | 36.1 Fabrication de meubles | 31.0 Fabrication de meubles | 31.01Z Fabrication de meubles de bureau et de magasin 31.02Z Fabrication de meubles de cuisine 31.03Z Fabrication de matelas 31.09A Fabrication de sièges d'ameublement d'intérieur 31.09B Fabrication d'autres meubles et industries connexes de l'ameublement |

* Les intitulés en gras sont relatifs à des branches d'activité en relation avec la filière bois-papiers.

Pour la branche « Construction » on traite globalement les branches NES H01 Bâtiment et H02 Travaux publics dont la décomposition n'est pas possible à cause de la difficulté d'estimer les valeurs ajoutées. La codification **H0** correspond à la NES 36 (niveau 2 décomposition en 36 branches). La nomenclature correspondante **FZ0** dans la NA 2008 est le niveau 3 qui correspond à une décomposition en 64 branches.

- la branche : Construction **H0** (niveau 36 branches) / **FZ0** (Construction - niveau NA 64 branches comprend au niveau NA 129 les branches F41A, F41B, F42Z et F43Z) agrège des branches pouvant être en rapport avec la filière bois :

| NAF 700 | NAF 220 | NAF 272 (rev2) | NAF 732 (rev2) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 45.2A Construction de maisons individuelles 45.2B Construction de bâtiments divers 45.2C Construction d'ouvrages d'art 45.2D Travaux souterrains 45.2E Réalisation de réseaux 45.2F Construction de lignes électriques et de télécommunication 45.2J Réalisation de couvertures par éléments 45.2K Travaux d'étanchéification 45.2L Travaux de charpente 45.2N Construction de voies ferrées 45.2P Construction de chaussées routières et de sols sportifs 45.2R Travaux maritimes et fluviaux 45.2T Levage, montage 45.2U Autres travaux spécialisés de construction 45.2V Travaux de maçonnerie générale | 45.2 Construction d'ouvrages de bâtiment ou de génie civil | 41.2 Construction de bâtiments résidentiels et non résidentiels | 41.20A Construction de maisons individuelles 41.20B Construction d'autres bâtiments |
| | | 42.1 Construction de routes et de voies ferrées | 42.11Z Construction de routes et autoroutes 42.12Z Construction de voies ferrées de surface et souterraines 42.13A Construction d'ouvrages d'art 42.13B Construction et entretien de tunnels |
| | | 42.2 Construction de réseaux et de lignes | 42.21Z Construction de réseaux pour fluides 42.22Z Construction de réseaux électriques et de télécommunications |
| | | 42.9 Construction d'autres ouvrages de génie civil | 42.91Z Construction d'ouvrages maritimes et fluviaux 42.99Z Construction d'autres ouvrages de génie civil n.c.a. |
| | | 43.1 Démolition et préparation des sites | 43.11Z Travaux de démolition 43.12A Travaux de terrassement courants et travaux préparatoires 43.12B Travaux de terrassement spécialisés ou de grande masse 43.13Z Forages et sondages |
| | | 43.9 Autres travaux de construction spécialisés | 43.91A Travaux de charpente 43.91B Travaux de couverture par éléments 43.99A Travaux d'étanchéification 43.99B Travaux de montage de structures métalliques 43.99C Travaux de maçonnerie générale et gros œuvre de bâtiment 43.99D Autres travaux spécialisés de construction |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 45.3A Travaux d'installation électrique 45.3C Travaux d'isolation 45.3E Installation d'eau et de gaz 45.3F Installation d'équipements thermiques et de climatisation 45.3H Autres travaux d'installation | 45.3 Travaux d'installation | 43.2 Travaux d'installation électrique, plomberie et autres travaux d'installation | 43.21A Travaux d'installation électrique dans tous locaux 43.21B Travaux d'installation électrique sur la voie publique 43.22A Travaux d'installation d'eau et de gaz en tous locaux 43.22B Travaux d'installation d'équipements thermiques et de climatisation 43.29A Travaux d'isolation 43.29B Autres travaux d'installation n.c.a. |
| 45.4A Plâtrerie 45.4C Menuiserie bois et matières plastiques 45.4D Menuiserie métallique ; serrurerie 45.4F Revêtement des sols et des murs 45.4H Miroiterie de bâtiment, vitrerie 45.4J Peinture 45.4L Agencement de lieux de vente 45.4M Travaux de finition n.c.a. | 45.4 Travaux de finition | 43.3 Travaux de finition | 43.31Z Travaux de plâtrerie 43.32A Travaux de menuiserie bois et PVC 43.32B Travaux de menuiserie métallique et serrurerie 43.32C Agencement de lieux de vente 43.33Z Travaux de revêtement des sols et des murs 43.34Z Travaux de peinture et vitrerie 43.39Z Autres travaux de finition |

- la branche : Production d'électricité, de gaz et de chaleur **G21 / D35A** (*Production, transport et distribution d'électricité*) **et D35B** (*Production et distribution de combustibles gazeux, de vapeur et d'air conditionné*) agrège des branches pouvant être en rapport avec la valorisation énergétique de la filière bois. Notons cependant que les usages internes de valorisation des sous-produits à usage énergétique des établissements ne sont pas comptabilisés dans les activités de ces branches :

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 40.1A Production d'électricité 40.1C Transport d'électricité 40.1E Distribution et commerce | 40.1 Production et distribution d'électricité | 35.1 Production, transport et distribution d'électricité | 35.11Z Production d'électricité 35.12Z Transport d'électricité 35.13Z Distribution d'électricité 35.14Z Commerce d'électricité |
| 40.3Z Production et distribution de chaleur | 40.3 Production et distribution de chaleur | 35.3 Production et distribution de combustibles gazeux | 35.30Z Production et distribution de vapeur et d'air conditionné |

- la branche : Récupération **F56 / E38Z** (*Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération*) agrège les branches destinées à la récupération des produits de recyclage (déchèteries, ...) :

| | | | |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 37.1Z Récupération de matières métalliques recyclables | 37.1 Récupération de matières métalliques recyclables | 38.3 Récupération | 38.31Z Démantèlement d'épaves 38.32Z Récupération de déchets triés |
| 37.2Z Récupération de matières non métalliques recyclables | 37.2 Récupération de matières non métalliques recyclables | | |

Si on considère que la I^o transformation concerne les branches **F31 / C16Z** et **F32 / C17A**, on peut considérer que l'on aura une bonne signification des analyses des flux économiques et physiques de la ressource bois. Il est évident que les activités de la II^o transformation spécifiques aux produits bois sont beaucoup plus difficilement isolables au sein de l'ensemble des activités des branches **F33 / C17B**, **C41⁵⁹ / C31Z** et **H0 / FZ0**. La correspondance avec les branches (**G21/ G35A et G35B**) et **F56/ E38Z**) est aussi difficile à isoler.

⁵⁹ On remarquera que la branche *fabrication de meubles (C41)* se trouvait placée avant la branche *travail du bois et fabrication d'articles en bois (F31)* dans la nomenclature de la NES 114.

Annexe 4 : L'estimation des échanges intersectoriels

Soit a_{ij} un coefficient technique représentant la part de la consommation intermédiaire provenant de la branche i pour la branche j (CI_{ij}) dans la production de la branche j (P_j).

$$a_{ij}^{FR} = \frac{CI_{ij}^{FR}}{P_j^{FR}} \quad (2-39)$$

Le coefficient indique le montant nécessaire de consommation intermédiaire provenant de la branche i pour produire un euro de bien j . Dire que la région a la même structure productive que la nation implique que les coefficients techniques sont identiques entre la nation et la région :

$$a_{ij}^{FR} \cong a_{ij}^{AQUI} \text{ pour tout } i \text{ et } j. \quad (2-40)$$

Si la part de consommation intermédiaire est identique, alors la part de la valeur ajoutée (v) dans la production est identique $\left(v_j = \frac{VAB_j}{P_j} \right)$

Annexe 5 : L'estimation des valeurs ajoutées

Pour estimer la valeur ajoutée, nous avons retenu deux méthodes. La première méthode consiste à régionaliser les valeurs ajoutées nationales en supposant que la productivité des travailleurs est à peu près identique entre la région et la nation. La seconde méthode vise à relâcher cette hypothèse en incorporant au mieux les spécificités régionales de productivité des travailleurs.

Les valeurs ajoutées pour la première méthode ont été estimées comme ci-dessous :

$$VAB_i^{AQUI} = \frac{VAB_i^{FR}}{N_i^{FR}} \cdot N_i^{AQUI}, \text{ pour toute branche } i \quad (2-41)$$

où les exposants indiquent la zone géographique (**AQUI** pour aquitaine et **FR** pour France), les indices les branches, **VAB** les valeurs ajoutées et **N** les effectifs. Le premier terme représente la valeur ajoutée par travailleur en France (qui est par hypothèse identique entre la France et l'Aquitaine), multipliée par le nombre de travailleurs en Aquitaine. Concernant les effectifs, nous utilisons les données du recensement de la population selon la NES 114 pour la région Aquitaine (N_i^{AQUI}) et la France (N_i^{FR}). Les données sur les effectifs proviennent de l'extraction du fichier du recensement de la population de l'INSEE de 1999. Cette méthode fut utilisée pour estimer les valeurs ajoutées des branches de l'agriculture, sylviculture, pêche, construction, énergie et services publics. La valeur ajoutée des autres branches a été plus convenablement estimée par la deuxième méthode que nous allons décrire.

La deuxième méthode vise à régionaliser la valeur ajoutée nationale au prorata de la rémunération. Du fait que de la rémunération est une composante de la valeur ajoutée et si on suppose que la part de la rémunération reste à peu près identique dans la VAB, alors on peut utiliser la rémunération comme un substitut de la VAB. Cette méthode a l'avantage de prendre en compte des différences de rémunération des salariés (et donc de productivité) entre la France et l'Aquitaine. De plus, les données de rémunération sont connues au niveau régional, contrairement à la valeur ajoutée. Cette méthode a été utilisée dans les enquêtes annuelles d'entreprises régionalisées du SESSI. Malheureusement, le recueil des données régionalisées a été arrêté en 1995. Le fichier ALISSE donne le montant des rémunérations aux niveaux national et régional. Avec ces données, nous pouvons incorporer dans les calculs le différentiel des rémunérations par salarié entre la nation et la région.

Les estimations des valeurs ajoutées sont relatives à la NES 114. Or l'INSEE ne communique les valeurs ajoutées régionales que pour la NES 14. Nous avons agrégé les

valeurs ajoutées estimées pour comparaison avec celles de l'INSEE. On a pu vérifier la bonne cohérence des résultats obtenus. Cependant par souci d'harmonisation avec les comptes régionaux, il faut que la somme des valeurs ajoutées régionales soit égale à celle de l'INSEE. Nous avons mesuré ces marges d'erreurs par le coefficient ρ . Ce coefficient sera le rapport entre la valeur ajoutée estimée et la valeur ajoutée de l'INSEE tel que :

$$\rho = \frac{VAB^{ESTIMÉE}}{VAB^{INSEE}} \quad (2-42)$$

Si $\rho > 1$, alors, la valeur ajoutée est surestimée. A contrario si $\rho < 1$, la valeur ajoutée est sous-estimée. Nous avons corrigé ces différences pour un meilleur ajustement des valeurs avec :

$$VAB_{COR}^{AQUI} = \frac{1}{\rho} \cdot VAB_{EST}^{AQUI} \quad (2-43)$$

Ce calcul est effectué pour chaque branche de la NES 114. On trouvera dans le tableau ci-dessous une comparaison des valeurs ajoutées estimées avec celles indiquées par l'INSEE avec les valeurs du coefficient ρ .

Tableau annexe 5 : comparaison des valeurs ajoutées estimées avec celles de l'INSEE et le taux d'erreur.

| Branches NES | VAB | | |
|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | Estimation | INSEE | ρ |
| 14 | | | |
| A | 3543 | 3708 | 0,96 |
| B | 1267 | 1241 | 1,02 |
| C | 1284 | 1311 | 0,98 |
| D | 312 | 361 | 0,86 |
| E | 2195 | 2205 | 0,996 |
| F | 3026 | 2963 | 1,02 |
| G | 1263 | 1207 | 1,05 |
| H | 3739 | 3661 | 1,02 |
| J | 7013 | 7047 | 0,995 |
| K | 2223 | 2229 | 0,997 |
| LM | 8306 | 9491 | 0,88 |
| N | 7641 | 7924 | 0,96 |
| P | 3077 | 2748 | 1,12 |
| QR | 14178 | 13626 | 1,04 |
| TOTAL | 59068 | 59722 | 0,99 |

Annexe 6 : Les importations de consommations intermédiaires en provenance des autres régions françaises

Les importations des consommations intermédiaires sont traditionnellement estimées à partir des coefficients de localisation selon la méthode top-down (Miller et Blair, 1985). Round (1978) stipule qu'un bon coefficient de localisation doit prendre en considération trois facteurs : le poids relatif de la branche vendeuse i , au poids relatif de la branche acheteuse j , et au poids relatif de la région dans la nation. Flegg A.T. et Webber C.D. (1997 et 2000) ont construit un coefficient de localisation FLQ permettant de prendre en considération ces trois facteurs.

Ils partent du quotient de localisation interindustrielle qui est de cette forme.

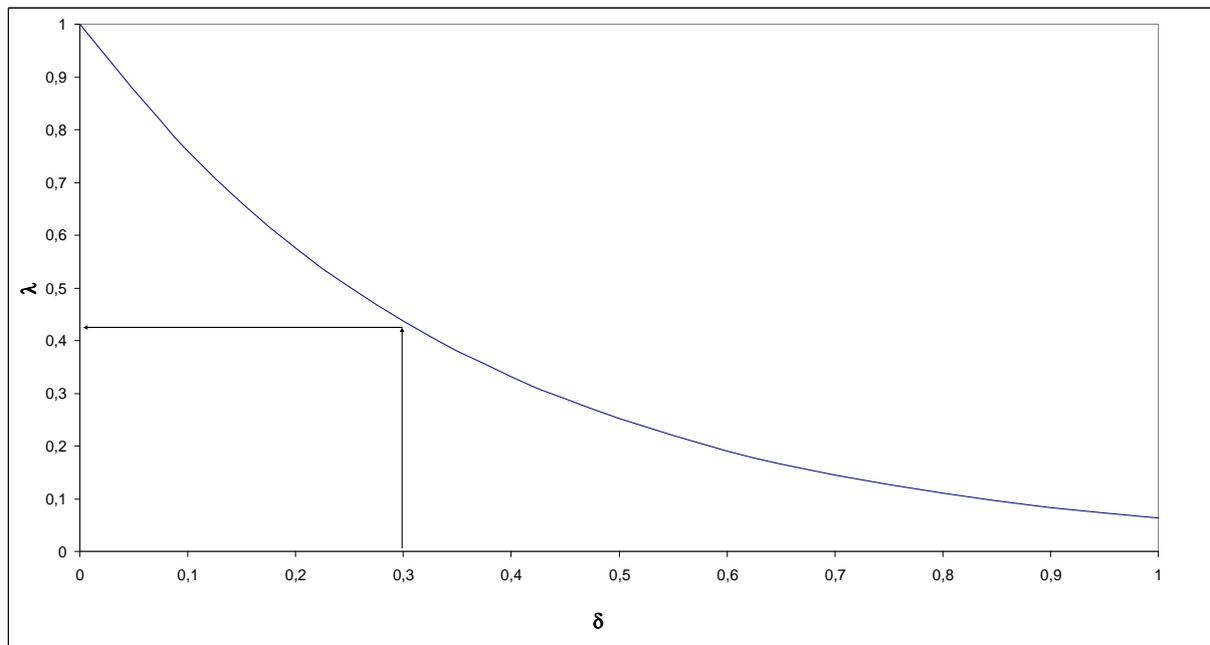
$$CILQ_{ij} = \frac{VAB_i^{AQUI}}{VAB_i^{FR}} \bigg/ \frac{VAB_j^{AQUI}}{VAB_j^{FR}} \quad (2-44)$$

Il prend en compte les deux premiers facteurs. Ce quotient est supérieur à un si la part de la valeur ajoutée régionale de la branche i (vendeuse) est relativement plus importante que la part de la valeur ajoutée régionale de la branche j (acheteuse). Par conséquent, la branche acheteuse n'a pas besoin d'importer. A contrario, ce quotient est inférieur à un si la part de la valeur ajoutée régionale de la branche i (vendeuse) est relativement moins importante que la part de la valeur ajoutée régionale de la branche j (acheteuse). La branche aura donc besoin d'importer une part égale à $1 - CILQ_{ij}$. L'inconvénient de ce quotient est qu'il ne tient pas compte du poids relatif de la région (le troisième facteur). En effet, les travaux empiriques montrent que les propensions à importer doivent augmenter au fur et à mesure que le poids économique relatif de la région diminue. Par conséquent, Flegg A.T. et Webber C.D. (1995 et 2000) ont proposé d'introduire une troisième variable λ au coefficient CILQ reflétant le poids de la région comparativement à la nation.

$$FLQ_{ij} = CILQ_{ij} \cdot \lambda \quad (2-45)$$

$$\text{avec } \lambda = \left[\log \left(1 + \frac{VAB^{AQUI}}{VAB^{FR}} \right) \right]^\delta \quad \text{avec } 0 \leq \delta < 1 \text{ et } 0 \leq \lambda \leq 1$$

Le problème est de déterminer la valeur δ . Le graphique ci-dessous indique la liaison entre les valeurs de λ et celles de δ en prenant en compte le poids relatif de l'Aquitaine comparée à la France.



Flegg et Webber préconisent de prendre une valeur de $\delta = 0.3$. Durant le même temps, les travaux de Burell A. (2004) du bureau d'étude d'Experian, afin d'estimer la contribution économique de la ville de Londres, ont calculé les importations de la ville en utilisant le quotient de localisation FLQ. Ils ont également pris une valeur de $\delta = 0.3$. Notons MCI les importations venant des autres régions françaises relatives aux produits intermédiaires. On utilisera également cette valeur.

$$\text{Lorsque } FLQ_{ij} \geq 1 \text{ alors } MCI_{ij}^{AQUI} = 0$$

$$\text{Lorsque } FLQ_{ij} < 1 \text{ alors } MCI_{ij}^{AQUI} = CI_{ij}^{AQUI} \cdot (1 - FLQ_{ij})$$

Au total, les importations de consommations intermédiaires venant des autres régions françaises représentent 61% des consommations intermédiaires totales. Différents travaux empiriques comme ceux de Timo T. (2004) montrent assez bien la robustesse de ce nouveau coefficient avec des erreurs plus faibles que les autres coefficients de localisation classique.

Annexe 7 : Les importations destinées à la demande finale

On dit qu'une région est spécialisée dans une branche si la part de richesse produite par cette branche dans la richesse régionale est plus importante que la part de richesse produite par cette branche dans la richesse nationale. La spécialisation est mesurée par le coefficient de localisation (SLQ). Il est calculé comme ci-dessous :

$$SLQ_i = \left(\frac{VAB_i^{AQUI} / VAB^{AQUI}}{VAB_i^{FR} / VAB^{FR}} \right) \quad (2-46)$$

La région est donc spécialisée dans une branche si ce coefficient est supérieur à 1.

Notons MDF les importations venant des autres régions françaises pour la demande finale.

On aura : $MDF_i^{AQUI} = 0$ pour i donné, pour $SLQ_i > 1$

et : $MDF_i^{AQUI} = DF_i^{AQUI} (1 - SLQ_i)$ pour i donné, pour $SLQ_i < 1$

Tableau annexe 7 : Estimation des valeurs ajoutées selon la NES 36 (en M€) et coefficient de localisation simple (SQL).

| Code | Nom de la branche | VAB AQUI | SQL |
|-------|---------------------------------------------------------|----------|------|
| A0 | Agriculture, sylviculture, pêche | 3 708 | 2,47 |
| B0 | Industries agricoles et alimentaires | 1 241 | 0,81 |
| C1 | Habillement, cuir | 206 | 0,78 |
| C2 | Édition, imprimerie, reproduction | 434 | 0,81 |
| C3 | Pharmacie, parfumerie et entretien | 361 | 0,47 |
| C4 | Industries des équipements du foyer | 310 | 0,72 |
| D0 | Industrie automobile | 361 | 0,36 |
| E1 | Construction navale, aéronautique et ferroviaire | 1 032 | 1,89 |
| E2 | Industries des équipements mécaniques | 751 | 0,70 |
| E3 | Industries des équipements électriques et électroniques | 422 | 0,52 |
| F1 | Industries des produits minéraux | 428 | 0,87 |
| F2 | Industrie textile | 54 | 0,25 |
| F3 | Industries du bois et du papier | 792 | 1,65 |
| F4 | Chimie, caoutchouc, plastiques | 756 | 0,64 |
| F5 | Métallurgie et transformation des métaux | 692 | 0,68 |
| F6 | Industrie des composants électriques et électroniques | 242 | 0,38 |
| G1 | Production de combustibles et de carburants | 138 | 0,33 |
| G2 | Eau, gaz, électricité | 1 069 | 0,98 |
| H0 | Construction | 3 661 | 1,18 |
| J0 | Commerce | 7 047 | 1,11 |
| K0 | Transports | 2 229 | 0,84 |
| LM | Activités financières et immobilières | 9 491 | 0,98 |
| N1 | Postes et télécommunications | 1 281 | 0,94 |
| N2 | Conseils et assistance | 2 893 | 0,69 |
| N3 | Services opérationnels | 3 089 | 1,02 |
| N4 | Recherche et développement | 661 | 3,62 |
| P1 | Hôtels et restaurants | 1 172 | 0,80 |
| P2 | Activités récréatives, culturelles et sportives | 801 | 0,70 |
| P3 | Services personnels et domestiques | 775 | 1,17 |
| Q1 | Éducation | 3 246 | 1,02 |
| Q2 | Santé, action sociale | 5 199 | 1,18 |
| R1 | Administration publique | 5 008 | 1,21 |
| R2 | Activités associatives et extra-territoriales | 173 | 1,16 |
| TOTAL | | 59 722 | 1,00 |

Annexe 8 : La détermination de la variation de stocks de la sylviculture en Aquitaine

Un point particulier a trait à la détermination de la variation des stocks de la sylviculture. En effet, elle correspond à la différence entre le croît naturel et les prélèvements ou récolte de bois effectués sur les stocks, le tout en valeur. Cette récolte alimente la filière papier-bois. Depuis plusieurs dizaines d'années, le stock de bois sur pied s'accroît régulièrement au niveau national, ce qui explique pourquoi la variation de stocks est toujours positive, en particulier pour les essences feuillues, où le taux de prélèvement est relativement faible. La simple application d'une proportion identique à celle du niveau national pour l'Aquitaine ne peut être retenue pour l'année de référence et pour les années suivantes.

La spécificité de l'Aquitaine au sortir de la tempête de 1999 est un taux de prélèvement identique au croît naturel pour les essences de résineux ou conifères, de fait le pin maritime, et même un léger déstockage pour l'année 2001, année de référence.

On connaît la variation de stocks (VS) en valeur fournie par le LEF⁶⁰ pour établir les comptes de la sylviculture en 2001. (col 2)

On calcule pour l'année 2001 la variation de stocks par essence en volume (différence entre production brute moyenne sur la période (source IFN⁶¹) et récolte de bois (source EAB⁶²)) en France et en Aquitaine. (col 6)

On calcule les valeurs monétaires par unité de volume calculées nationalement à savoir (VS en valeur/ VS en volumes) (col 7), soit 1310M€/ 47,4Mm3=**27,6** € pour les feuillus et 374M€/ 34,2Mm3=**10,9** € pour les conifères.

On applique les valeurs unitaires trouvées pour la France (col 7) aux variations de stocks observées pour l'Aquitaine en 2001 (col 6). On estime ainsi la variation de stocks en valeur (M€) de la sylviculture pour l'Aquitaine en 2001 (col 2)

| Tableau annexe 8 : Détermination de la variation de stocks de la sylviculture en Aquitaine en 2001 | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| France entière | Variation de stocks en millions d'euros (LEF) (col 2) | Stocks de bois en Mm3 (IFN) | Production annuelle brute en Mm3 (IFN) | Récolte annuelle brute en Mm3 en 2001 (EAB) | Variation de stocks en Mm3 (col 6) | Valeur unitaire des variations de stocks en euros par m3 (col 7) |
| feuillus | 1 310 M€ | 1 520 Mm3 | 62,4 Mm3 | 14,9 Mm3 | 47,4 Mm3 | 27,6 € |
| conifères | 374 M€ | 903 Mm3 | 59,1 Mm3 | 24,9 Mm3 | 34,2 Mm3 | 10,9 € |
| Total | 1 684 M€ | 2 423 Mm3 | 121,5 Mm3 | 39,8 Mm3 | 81,6 Mm3 | |
| Aquitaine | <i>Valeurs estimées</i> | | | | | |
| feuillus | 106 M€ | 116 Mm3 | 4,9 Mm3 | 1,1 Mm3 | 3,8 Mm3 | 27,6 € |
| conifères | - 11 M€ | 138, Mm3 | 8,8 Mm3 | 9,8 Mm3 | - 1,0 Mm3 | 10,9 € |
| Total | 95 M€ | 254 Mm3 | 13,7 Mm3 | 10,9 Mm3 | 2,8 Mm3 | |

On retiendra que la variation de stocks de la sylviculture en Aquitaine représentera 5,6% de celle de la France entière. (95M€/1684 M€)

⁶⁰ Le Laboratoire d'Economie Forestière est chargé de fournir les données permettant d'établir les comptes de la sylviculture à l'INSEE.

⁶¹ Inventaire Forestier National. Voir <http://www.ifn.fr/spip/?rubrique18>

⁶² Enquête Nationale de Branche. Voir Récolte de bois et production de sciages en 2001. Agreste n° 116 juin 2003.

Annexe 9 : Méthodologie d'estimation des émissions de GES par branche

La méthodologie d'estimation des émissions de GES est résumée en France dans le document OMINEA (Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques en France) de 2007 (4^{ème} édition) rédigé par le CITEPA. La construction de notre inventaire des émissions de GES de la région Aquitaine de 2005 associé à notre TES régional est en cohérence avec les résultats de l'inventaire de la région Aquitaine effectué par le CITEPA publié en 2007. Nous allons décrire pour chaque branche la méthodologie d'estimation des émissions de GES.

1. Le secteur de l'agriculture, sylviculture et pêche

Concernant les émissions de GES de la branche agriculture, sylviculture et pêche, il est essentiel de distinguer les émissions provenant de la combustion des énergies fossiles, de la fermentation entérique et de l'utilisation des sols.

1.1. Les émissions de GES provenant de la combustion des énergies fossiles

Le CITEPA a utilisé la méthode "top-down" pour estimer les consommations énergétiques de l'agriculture. La consommation énergétique nationale, pour 2005, est connue par le CPDP et l'observatoire de l'énergie. Le CITEPA, à travers une étude de l'ADEME, a supposé que le gaz naturel et les combustibles minéraux solides sont entièrement consommés par les serres, que la biomasse ligneuse est entièrement consommée par les installations destinées à l'élevage et que le GPL est consommé à hauteur de 60% pour l'élevage et 40% pour les serres. Les consommations nationales ont été régionalisées à partir des hypothèses effectuées ci-dessus et des indicateurs provenant du recensement agricole, à savoir la superficie des serres et le nombre de porcins et de volailles. Ainsi, les consommations énergétiques régionales pour l'agriculture ont pu être estimées. En utilisant les coefficients d'émissions nationaux, il a été facile de calculer le montant d'émissions de GES.

Pour les engins mobiles non routiers, la consommation des combustibles fossiles (essence et fioul lourd) est connue par l'observatoire de l'énergie et le CPDP. Ces consommations ont été réparties entre l'agriculture et la sylviculture à partir du ratio national des engins agricoles et sylvicoles. Ces consommations ont été, ensuite, régionalisées à partir de la surface agricole utilisée. Ainsi, le CITEPA a pu obtenir une estimation des consommations énergétiques régionales pour les engins mobiles non routiers pour l'agriculture et la sylviculture. Les émissions de GES ont été trouvées en appliquant les coefficients d'émissions nationaux.

Pour la pêche, nous avons pu obtenir du CPDP la vente de carburant pour la pêche par port. Nous avons appliqué les coefficients d'émissions pour connaître le montant d'émissions de GES provenant de la pêche.

1.2. Les émissions de GES provenant de la fermentation entérique et des déjections animales

La fermentation entérique et les déjections animales sont responsables principalement des émissions de méthane, mais également de protoxyde d'azote. Le CITEPA a pu se procurer, auprès de l'AGRESTE, pour l'Aquitaine, les données statistiques sur le nombre d'ovins, de bovins, de porcins et de volailles. Les émissions de GES pour la fermentation et déjection animale ont pu être estimées par le CITEPA grâce aux coefficients d'émissions indiquant le montant d'émissions de GES par tête d'animal.

En outre, les émissions de protoxyde d'azote proviennent non seulement des animaux, mais également de l'utilisation des sols.

1.3. Les émissions de GES provenant de l'utilisation des sols

Concernant les émissions de GES provenant de l'utilisation des sols, il faut distinguer les émissions directes et les émissions indirectes.

Les émissions directes sont des émissions provenant de la libéralisation d'azote provenant des fertilisants (organiques et minéraux), l'épandage des boues, les plantes fixatrices d'azote et les résidus de culture. Pour les émissions provenant de l'utilisation des fertilisants minéraux, le CITEPA, grâce aux données de l'UNIFA, a pu connaître les quantités d'azote livrées en Aquitaine. Les émissions sont ensuite connues en appliquant un taux de volatilisation de l'azote sous forme de N_2O . Pour les émissions issues des fertilisants organiques, les émissions proviennent des quantités d'azote excrété par le cheptel. Il a ainsi été possible de connaître la quantité extraite par le cheptel à partir des données sur le recensement régional des animaux. Les émissions de N_2O sont calculées à partir du taux de volatilisation de l'azote sous forme de N_2O . Les émissions de N_2O peuvent également provenir de la fixation d'azote de certaines plantes. D'après les données concernant les tonnes de matières sèches et la teneur en azote de ces plantes, ainsi que le taux de volatilisation d'azote en protoxyde d'azote, les émissions de N_2O ont pu être calculées. Les émissions directes de N_2O peuvent également provenir de l'épandage des boues. Le CITEPA connaît, à travers leurs données internes, la quantité de boues épandues par région en 1994. Ces données ont été actualisées pour 2005 selon les taux d'évolution nationale. Les émissions ont pu être connues en appliquant un coefficient d'émissions.

Le CITEPA a également incorporé dans l'analyse les émissions indirectes de protoxyde d'azote liées à l'utilisation des sols. Les émissions N_2O peuvent provenir de la re-déposition des émissions de NH_3 et NO_x . Les émissions sont déterminées à l'aide de la fraction d'azote émise sous forme de N_2O . Du fait du lessivage des sols par les eaux, une partie de l'azote apportée au sol est emportée et donne lieu à la formation de N_2O . Les émissions de N_2O sont déterminées à l'aide des paramètres suivants : fraction d'azote émise sous forme de N_2O et fraction d'azote allant dans les eaux.

2. Le secteur de l'industrie agro-alimentaire (IAA)

Concernant les émissions de GES venant de la combustion des combustibles fossiles, l'AGRESTE donne des informations détaillées sur les consommations énergétiques pour chaque type de combustibles et selon la NAF 700. Les émissions de GES sont trouvées en appliquant les coefficients d'émissions à ces consommations énergétiques. De plus, ces émissions de GES vérifient celles de l'inventaire des émissions du CITEPA.

Mais une partie des émissions de GES des IAA est spécifique au processus de production à l'instar de la production de vin et de pain. Concernant la production de pain, en l'absence du dioxygène (O_2), les levures dégradent les sucres présents dans la farine engendrant des émissions de CO_2 . Pour la production de vin, les émissions de CO_2 proviennent de la fermentation alcoolique sous l'action des levures selon le même procédé que celui du pain. Les émissions de GES sont estimées à partir des coefficients d'émissions liés à la production d'une unité (exprimée en unité physique). Il n'était pas utile de connaître les valeurs de ces unités physiques car l'inventaire des émissions de GES indique directement pour chacun de ces produits le montant des émissions de GES.

3. Le secteur de l'industrie manufacturière

Il convient de distinguer dans les émissions de GES de l'industrie les émissions provenant de la combustion des énergies fossiles et les émissions spécifiques aux processus de production.

3.1. Les émissions de GES provenant de la combustion des énergies fossiles

Le CITEPA indique pour la région le total des consommations énergétiques selon onze combustibles fossiles avec leurs coefficients d'émissions. Les combustibles fossiles pris en compte sont : charbon, gaz naturel, autres gaz de réseau, gaz de pétrole liquéfié (GPL), fioul lourd (FOL), fioul domestique (FOD), autres produits pétroliers, liqueurs noires, bois et sous-produits, combustibles spéciaux renouvelables et combustibles spéciaux non renouvelables. Cependant, le CITEPA ne désagrège pas les émissions de GES de l'industrie manufacturière. Il nous faut ainsi estimer l'origine des consommations énergétiques par branche industrielle.

Le SESSI indique, à partir des résultats des enquêtes annuelles d'entreprise, la consommation totale énergétique de chaque branche en utilisant la nomenclature de consommation énergétique (NCE). Cependant, quatre branches de la NCE sont couvertes par le secret statistique. C'est le cas de la sidérurgie (E16), de la première transformation de l'acier (E17), de la métallurgie de première transformation des métaux non ferreux (E18) et autres industries de la chimie minérale (E24). Pour les industries couvertes par le secret statistique, nous avons pu connaître leur consommation énergétique pour 2003. Nous avons supposé que l'évolution des consommations énergétiques se faisait au prorata de l'effectif à partir des données de l'UNEDIC. Comme les industries manufacturières ont un fort taux de salariés, l'évolution du nombre de salariés doit traduire d'une manière convenable les variations de l'activité et, ainsi, des consommations énergétiques. Ces consommations ont ensuite été corrigées afin de retrouver le total des consommations énergétiques du SESSI.

Mais les données que nous avons ne permettent pas d'estimer par branche les émissions de GES car nous n'avons aucune connaissance de la répartition des consommations énergétiques par type de combustibles fossiles pour chacune des branches. Notons x_{ij} la consommation énergétique de la branche i pour le combustible j , x_i la consommation énergétique de la branche i , x_j la consommation énergétique du combustible j par l'industrie manufacturière et $x_{..}$ la consommation énergétique totale de l'industrie manufacturière. Le tableau ci-dessous représente la matrice des consommations énergétiques de l'industrie manufacturière.

| | | Combustibles | | | | | TOTAL |
|----------|-----|--------------|-----|----------|-----|----------|----------|
| | | 1 | ... | j | ... | m | |
| Branches | 1 | x_{11} | | x_{1j} | | x_{1m} | $x_{1.}$ |
| | ... | | | | | | |
| | i | x_{i1} | | x_{ij} | | x_{im} | $x_{i.}$ |
| | ... | | | | | | |
| | n | x_{n1} | | x_{nj} | | x_{nm} | $x_{n.}$ |
| TOTAL | | $x_{.1}$ | | $x_{.j}$ | | $x_{.m}$ | $x_{..}$ |

Graphique annexe 9 : matrice de la consommation énergétique de l'industrie manufacturière de la région Aquitaine

Nous ne connaissons que le total des combustibles de l'industrie manufacturière (x_j) et le total des consommations énergétiques des branches (x_i), mais nous ne connaissons pas la consommation énergétique par type de combustibles de chaque branche (x_{ij}). Avec les informations que nous possédons, il n'est pas possible de connaître les éléments x_{ij} car nous avons $n+m$ équations pour $n.m$ inconnues. Ainsi, le nombre d'inconnues est supérieur au nombre d'équations, alors le système ne peut pas admettre une solution unique. Nous avons besoin d'une information supplémentaire pour estimer les x_{ij} . Comme nous n'avons aucune information supplémentaire au niveau régional, nous allons utiliser les données nationales. Une première estimation a été effectuée en régionalisant ces consommations énergétiques au prorata de la valeur ajoutée, en supposant que l'intensité énergétique était à peu près identique au niveau national qu'au niveau régional. Nous avons, par la suite, confronté ces estimations avec les informations provenant de la matrice de consommation énergétique régionale. Il en ressort une surestimation de consommation énergétique de 167% pour la houille, de 132% pour les autres gaz de réseau, de 401% pour le butane et propane, de 102% pour le fioul domestique, de 2 556% pour les autres produits pétroliers, de 200% pour les combustibles spéciaux renouvelables et 108% pour les combustibles spéciaux non renouvelables. Cependant, nous avons une sous-estimation de 76% pour la lignite-charbon, 74% pour le gaz naturel, de 18% pour les liqueurs noirs, de 31% pour le fioul lourd et 29% pour le bois. Ces erreurs peuvent être interprétées comme suit : pour les combustibles connaissant une surestimation, l'intensité énergétique serait plus élevée en France qu'en Aquitaine. A contrario, pour les combustibles connaissant une sous-estimation, l'intensité énergétique serait plus élevée en Aquitaine qu'en France.

Une correction par une réallocation des consommations énergétiques estimées est donc nécessaire pour que les valeurs x_{ij} estimées vérifient à la fois le total en colonne et le total en ligne de la matrice de la consommation énergétique de la région Aquitaine. Notons par \hat{x}_{ij} la consommation par type de combustibles j et par branche i estimée en supposant que l'intensité énergétique était identique entre la nation et région et c_{ij} les erreurs qui sont définies comme la différence pour la branche i entre la consommation estimée du combustible j , \hat{x}_{ij} , et la consommation effective du combustible j par branche i , x_{ij} .

Les erreurs c_{ij} sont ainsi définies :

$$c_{ij} = \hat{x}_{ij} - x_{ij} \quad (2-47)$$

Les valeurs x_{ij} sont trouvées par la minimisation des erreurs c_{ij} . Ainsi, le programme que nous allons résoudre est de minimiser la moitié de la somme au carré des variations relatives des erreurs sous trois contraintes : que les consommations énergétiques vérifient les consommations totales par type de combustibles et par branche, et qu'elles soient positives. La fonction objective est ainsi une fonction quadratique des erreurs à minimiser. Le programme s'écrit ainsi :

$$\begin{aligned} & \text{Min} \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \left(\frac{\Delta c_{ij}}{c_{ij}} \right)^2 \\ & \text{s.t.} \begin{cases} \sum_j x_{ij} = x_i \quad \forall j \\ \sum_i x_{ij} = x_j \quad \forall i \\ x_{ij} \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (2-48)$$

Grâce à ce programme, nous avons ainsi pu estimer le montant des consommations énergétiques par type de combustibles et par branche pour le secteur de l'industrie en Aquitaine selon la nomenclature de consommation énergétique (NCE).

Cette nomenclature est reliée selon la NAF 700 mais elle ne l'est pas avec la NES 114. Une nomenclature spécifique a été constituée pour l'industrie afin de relier la NES 114 avec

la NCE. Le Tableau annexe 9 visualise la nomenclature éco-énergétique avec la correspondance entre les nomenclatures NES 114 et NCE.

Tableau annexe 9-1 : Construction d'une nomenclature éco-énergétique pour l'industrie manufacturière de la région Aquitaine

| CODE TES | Nom de la branche | Correspondance avec les autres nomenclatures | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|
| | | NES 114 | NCE |
| IND1 | Extraction de minerais métalliques | F11 | E15 |
| IND2 | Sidérurgie | F51 | E16, E17 |
| IND3 | Production de métaux non ferreux | F52 | E18 |
| IND4 | Autres Industries extractives et matériaux de construction | F12, F14 | E19, E20, E21 |
| IND5 | Industrie du verre | F13 | E22 |
| IND6 | Chimie | C3, F41, F42, F43, F44 | E23, E24, E25, E26, E27, E28 |
| IND7 | Fonderie et travail des métaux, construction mécanique, navale et aéronautique | C46, E11, E13, E2, E35, F53, F54, F55 | E29, E30, E33 |
| IND8 | Construction électrique et électronique | C44, C45, E31, E32, E33, E34, F6 | E31 |
| IND9 | Construction véhicule de transport | D0, E12, E14 | E32 |
| IND10 | Industrie textile, cuir et habillement | C1, F2 | E34 |
| IND11 | Industrie du papier et du carton | F32, F33 | E35 |
| IND12 | Industrie du caoutchouc | F45 | E36 |
| IND13 | industrie du plastique | F46 | E37 |
| IND14 | industries diverses | C2, C41, C42, C43, F31, F56 | E38 |

Il ne reste plus qu'à multiplier les consommations énergétiques x_{ij} par leurs coefficients d'émissions pour connaître le montant des émissions de GES de chaque branche de l'industrie manufacturière.

3.2. Les émissions de GES provenant des procédés de production

Concernant les émissions de GES spécifiques aux processus de production, le CITEPA indique, selon la NAF 700, les différentes émissions de GES. Les émissions ont pu être retranscrites dans la nouvelle nomenclature sans aucune difficulté. Ces émissions proviennent de la production d'ammoniac, la production d'acide nitrique, la production de noir de carbone, la production de chaux, la production de tuiles, la production de verre, la production de l'acier et d'aluminium. Nous allons expliquer l'origine des émissions des procédés de production en indiquant leurs montants.

La production d'ammoniac utilise du gaz naturel comme matière première. Ainsi, le carbone libéré dans le gaz émet des émissions de CO₂. En Aquitaine, la production d'ammoniac a provoqué une émission de 23 ktCO₂.

La production d'acide nitrique est produite par oxydation catalytique de l'ammoniac en présence d'air. On distingue chimiquement trois étapes : l'oxydation de l'ammoniac en oxyde nitreux, l'oxydation de celui-ci en oxyde nitrique et l'oxydation de celui-ci dans l'eau. Les émissions de protoxyde d'azote proviennent des réactions parasites soit au long du cycle, ou soit au début et fin du cycle. Les émissions sont estimées à 2 355 tN₂O.

Le noir de carbone est produit par cracking catalytique par combustion aménagée d'hydrocarbure aromatique. Ce processus engendre des émissions de méthane qui sont évaluées à 4 tCH₄.

La production de chaux qu'elle soit aérienne ou hydraulique est émettrice de dioxyde de carbone provenant de la décarbonatation. Le CO₂ de la décarbonatation est le résultat de la transformation du carbonate de calcium en oxyde de calcium (chaux aérienne) ou du carbonate double de calcium et de magnésium constituant la dolomie en chaux magnésienne. Les émissions sont estimées à 169 ktCO₂.

Les émissions de dioxyde de carbone dans la production de tuile sont expliquées par le phénomène de décarbonatation. Une des étapes de la production de tuiles est d'ajouter à l'argile du calcaire. Ces émissions sont le résultat d'un processus chimique à cause de la transformation du calcaire en CO₂ et en chaux. Elles sont évaluées à 31 ktCO₂.

La production de verre émet du dioxyde de carbone du fait du phénomène de décarbonatation. Cette production a provoqué une émission de 16 ktCO₂.

Les émissions provenant de l'aciérie de l'Atlantique, située dans les Pyrénées-Atlantiques, sont estimées à 58 ktCO₂.

4. Le secteur de l'énergie

Dans les émissions de GES de l'énergie, il faut distinguer les émissions provenant de la production d'électricité et du chauffage urbain des émissions issues de l'extraction et de la distribution des combustibles fossiles.

4.1. Les émissions de GES provenant de la production d'électricité et du chauffage urbain

Concernant les émissions provenant de l'électricité, il faut différencier la production d'électricité d'origine thermique de celle effectuée à partir de l'incinération des déchets.

Pour la production d'électricité d'origine thermique, il n'existe qu'une centrale électrique, celle d'Ambés. Du fait du secret statistique, nous n'avons pu connaître ses consommations énergétiques. Cependant, le CITEPA indique le montant de ses émissions de GES. De plus, nous savons que cette centrale consomme en grande partie du fioul lourd. Nous allons supposer que les émissions ne proviennent que de la consommation de fioul lourd. Comme nous connaissons ses coefficients d'émissions, nous avons pu calculer, par défaut, sa consommation.

Pour la production d'électricité à partir de l'incinération de déchets, ces émissions sont normalement estimées à partir des coefficients d'émissions, qui varient en fonction des types de déchets. Mais l'inventaire des émissions de GES indique directement le total des émissions de GES, il n'a pas été besoin de connaître le montant des déchets incinérés car les déchets ne sont pas comptabilisés dans notre compte satellite au même titre que les combustibles fossiles. Nous avons ainsi relié directement ces émissions de GES à la production.

Concernant les émissions de GES provenant du chauffage urbain, l'inventaire des émissions indique les consommations énergétiques avec les facteurs d'émissions associés pour la région, permettant de connaître aisément les émissions de GES.

4.2. Les émissions de GES provenant de l'extraction et distribution des combustibles fossiles

L'Aquitaine extrait du gaz naturel à Lacq (Pyrénées-Atlantiques). Nous avons répertorié 9 sites qui extraient du pétrole en Aquitaine, principalement dans les Landes. Dans notre modèle, les émissions de GES provenant de l'extraction et distribution de combustibles fossiles proviennent du processus de production.

Concernant l'extraction de gaz naturel, les émissions sont connues à partir de l'inventaire des émissions. Nous avons également comptabilisé les émissions de GES liées à l'utilisation de torchères dans le site d'extraction de gaz naturel. Ces émissions sont également indiquées dans l'inventaire. A propos de la distribution de gaz naturel, les émissions de GES, principalement du méthane, sont provoquées par des fuites au niveau des canalisations du réseau de transport et distribution. Ainsi les émissions sont calculées à partir de la longueur du réseau en appliquant les coefficients d'émissions.

Concernant les émissions provenant de l'extraction de pétrole, en sachant que la production des sites et les coefficients d'émissions sont connus, le CITEPA a pu facilement estimer les émissions de GES dans les inventaires d'émissions. Cependant, il n'existe pas de raffinerie dans la région. Ainsi, le pétrole extrait va être envoyé dans d'autres régions pour être raffiné, revenir ensuite sur le territoire régional afin d'être consommé. Dans cette branche, nous avons également comptabilisé les émissions de GES provenant des procédés de

l'industrie pétrolière. Il existe un site dans les Pyrénées-Atlantiques et ses émissions sont connues.

5. Le secteur des transports

Nous allons distinguer les émissions de GES des transports selon ses différents modes : routier, ferroviaire, aérien, maritime et fluvial. Nous allons également inclure les émissions provenant des stations de compression.

5.1. Le transport routier

Pour évaluer les émissions de GES provenant du transport routier, le CITEPA a d'abord estimé les ventes de carburants à travers les données du CPDP. Ensuite, le CITEPA a indiqué le nombre de véhicules selon leur type (véhicules légers VL, poids lourds PL, véhicules utilitaires légers VUL, cars/bus et les deux roues) et effectué une estimation de la consommation de combustibles liquides (essence et diesel) pour chaque type de véhicules. Le CITEPA a évalué également le trafic urbain, rural et autoroutier. Grâce au logiciel COPERT IV (2007), les consommations énergétiques (en kt) ont pu être estimées par type de véhicules. Ainsi, un tableau de consommation énergétique a été construit par le CITEPA où on retrouve en ligne les types de véhicules et en colonne les types de trafic. Il est important de noter que les cars et bus ont été regroupés avec les poids lourds. Nous avons transformé ce tableau afin que les consommations énergétiques soient exprimées en ktep. Selon la DGEMP, 1 t d'essence équivaut à 1,048 tep et 1 t de GPL à 1,095 tep. Mais les émissions de GES ont été données sans la distinction des types de véhicules.

Dans la construction de notre compte satellite, il faut distinguer les émissions de GES provenant du transport des particuliers (véhicules légers et deux roues), des entreprises de transport de voyageurs (bus, cars) et de marchandises (poids lourds), et ensuite ventiler l'utilisation des véhicules utilitaires légers selon les différentes branches. Le premier problème est que nous ne pouvons connaître les coefficients d'émissions pour chaque type de véhicules et pour chaque combustible. Nous allons supposer que les coefficients d'émissions se font en fonction du type de combustibles. Nous allons reprendre les coefficients d'émissions venant du rapport du CITEPA pour les Nations-Unies. Nous trouvons ainsi une estimation des émissions. Nous allons confronter nos estimations avec les données du CITEPA en calculant un taux d'erreur qui sera indiqué dans le Tableau .

Tableau annexe 9-2 : calcul du taux d'erreur entre les estimations des émissions de GES avec l'inventaire des émissions pour le transport routier

| | CO2 (en kt) | CH4 (en t) | N2O (en t) |
|----------------|-------------|------------|------------|
| Estimation | 7 108 | 1 032 | 746 |
| données CITEPA | 7 087 | 842 | 348 |
| taux d'erreur | 100,30% | 122,57% | 214,42% |

Les résultats sont très bons pour le dioxyde de carbone mais ils sont surestimés pour les autres gaz surtout pour le protoxyde d'azote. Les coefficients d'émissions ont été corrigés à l'aide des taux d'erreur afin que les estimations soient en cohérence avec les données du CITEPA.

Nous avons ensuite discriminé les consommations énergétiques et les émissions de GES provenant des poids lourds et des bus/cars au prorata du nombre de véhicules.

Concernant les véhicules utilitaires légers, le ministère de l'écologie, de l'énergie et du développement durable nous indique, pour 2005, selon la NAF en 60 branches, le nombre de véhicules utilitaires légers pour la France. On entend par véhicules utilitaires légers les camions et camionnettes de moins de 3,5t. Nous avons réaffecté les véhicules dans notre nomenclature d'activités au prorata des effectifs. Nous avons ensuite calculé le nombre de véhicules légers en Aquitaine, en supposant pour chaque branche que le nombre de véhicules

utilitaires légers par effectif est à peu près identique entre la nation et la région. Nous avons ainsi une estimation du nombre de véhicules utilitaires pour la région en 47 branches. Comme le ministère indique également le montant total de véhicules utilitaires légers, nous avons pu comparer les résultats. Pour l'Aquitaine, nous avons ainsi une estimation de 216 824 véhicules contre en réalité 245 193. Du fait des hypothèses effectuées, les erreurs semblent ne pas être trop élevées. Elles ont été corrigées afin que la somme des véhicules des différentes branches vérifie les données du ministère. Les consommations énergétiques et, ainsi, les émissions de GES associées de chaque branche, ont été calculées au prorata du nombre de véhicules utilitaires légers de chaque branche, en supposant que la consommation de carburants pour chaque véhicule utilitaire léger est à peu près identique.

5.2. Le transport ferroviaire

Le CPDP a donné au CITEPA la consommation nationale de gazole de l'ensemble des locomotives et des locotracteurs. En supposant que les locomotives représentent 93,9% de ce total et que le reste est imputé aux locotracteurs, le CITEPA a ainsi une estimation des consommations de carburants des locomotives et des locotracteurs. Le CITEPA a également estimé le trafic des voies non électrifiées à travers des données sur la longueur des réseaux non électrifiés et du trafic. Par cette information, il a été possible d'estimer les consommations énergétiques du transport ferroviaire pour la région. En parallèle, le CITEPA indique le montant des émissions de gaz à effet de serre, il a été possible de calculer par défaut les coefficients d'émissions.

5.3. Le transport aérien

Il faut distinguer les émissions provenant des vols commerciaux et des vols non commerciaux.

Concernant les vols commerciaux, le CITEPA a utilisé la méthode bottom-up pour estimer les émissions. Il a pris les données provenant de chaque aéroport en utilisant la base de données du "trafic commercial annuel" de la DGAC. Nous connaissons ainsi les couples d'aéroports de départ et d'arrivée, ainsi que le type d'appareils. Par ces informations, il a été possible d'estimer la consommation énergétique pour les vols commerciaux.

Pour les vols non commerciaux, le CITEPA a régionalisé les consommations énergétiques nationales au prorata du nombre de mouvements aéroportuaires.

Comme le CITEPA indique le montant des émissions du transport aérien, il a été possible de calculer les coefficients d'émissions.

5.4. Le transport maritime et fluvial

Le CITEPA a estimé la consommation énergétique et les émissions du transport maritime, du transport fluvial de marchandises et du trafic des bateaux de plaisance. Le CITEPA a pu obtenir les consommations énergétiques du transport maritime par le CPDP. Pour le transport fluvial, les consommations énergétiques proviennent des données internes au CITEPA. Ainsi, nous n'avons pas pu avoir accès aux consommations énergétiques. Cependant, le CITEPA indique pour le transport maritime et fluvial les émissions de gaz à effet de serre. Les consommations énergétiques ont pu être déduites par défaut en appliquant les coefficients d'émissions.

5.5. Les stations de compression

Les émissions de stations de compression proviennent de la consommation de gaz naturel. Le CITEPA a pu connaître leur consommation énergétique et leurs émissions via leur déclaration GEREP. Du fait des difficultés d'accéder aux déclarations du GEREP et que nous

connaissons à la fois les émissions de gaz à effet de serre et le coefficient d'émissions, il a été possible de calculer par défaut la consommation de gaz naturel.

6. Le secteur des services

Les émissions du secteur des services proviennent de l'utilisation des locaux (Chauffage, eau chaude, cuisson,...). Le CITEPA reprend la nomenclature adoptée par le CIREN où le tertiaire est décomposé en 8 branches :

- Bureaux
- Sport, loisirs et culture
- Enseignement
- Santé
- Transports (locaux)
- Café, hôtels, restaurant
- Commerce
- Habitat communautaire

Une étude d'Energie Demain a estimé le montant des consommations de fioul, gaz, chauffage urbain et autres combustibles en MWh/an selon les 8 branches en Aquitaine pour 2004. Les autres combustibles sont composés principalement de GPL.

Le CITEPA a actualisé le montant de consommation totale d'énergie en GJ pour 2005 à partir du ratio d'évolution nationale de la consommation du tertiaire. De 2004 à 2005, nous avons supposé que les parts de consommation énergétique entre les branches restent identiques pour la région. Nous avons ainsi une estimation des consommations en GJ pour le secteur tertiaire selon les 8 branches. Nous avons ensuite converti ces données en tonne équivalent pétrole et appliqué les coefficients d'émissions pour obtenir une estimation des émissions de GES.

Du fait du poids du secteur tertiaire dans l'économie, il paraissait important de désagréger davantage. L'idéal serait de désagréger au prorata des surfaces de locaux utilisés. Mais il est difficile de les estimer par branche. Nous avons ainsi supposé que la consommation par effectif à l'intérieur de ces branches est pratiquement identique. On a émis l'hypothèse que la surface par effectif et la part des différents combustibles utilisés sont à peu près semblables. La branche bureaux a été désagrégée en 5 branches : Activités financières et immobilières, postes et télécommunications, conseils et assistance, services opérationnels.

6.1. Les résidences

Les émissions de GES provenant des résidences peuvent provenir soit de la consommation de combustibles des logements, soit de l'utilisation des engins spéciaux dans le résidentiel (groupe électrogène, tondeuse à gazon, tronçonneuse,...).

Pour les émissions provenant de la consommation de combustibles fossiles dans le résidentiel, la méthodologie est identique à celle du tertiaire. Les données Energie Demain indiquent, pour 2004, la consommation des combustibles fossiles en MWh. Le CITEPA a actualisé les données, pour 2005, à partir du ratio d'évolution nationale de consommation résidentielle. Nous avons ainsi le montant des consommations énergétiques pour 2005. Il suffit, ensuite, d'utiliser les coefficients d'émissions pour estimer les émissions de GES.

Pour les émissions provenant de la consommation de l'utilisation des engins spéciaux, nous allons supposer que les engins spéciaux utilisent du gazole en tant que combustible. Le CITEPA connaît au niveau national le nombre d'engins spéciaux et leurs consommations énergétiques. Ensuite, le CITEPA a estimé le montant de consommation énergétique régional au prorata de la population. En appliquant les coefficients d'émissions, nous trouvons les émissions de GES.

Annexe 10 : Le modèle de Ghosh

Une alternative au modèle de Leontief a été formulée par Ghosh (1958). Il indique que le modèle de Leontief est valide seulement dans le cas où les facteurs ne sont pas rares et que l'offre peut largement subvenir à la demande à un prix existant. Mais ce modèle ne se vérifie plus dans le cas d'un marché monopolistique avec, au moins, une ressource rare. Il donne l'exemple d'une économie planifiée avec un contrôle centralisé, du fait que l'autorité centrale chercherait à définir une allocation de ressources permettant de maximiser le bien-être social ou national sous contrainte des différentes possibilités de combinaisons productives (ou autrement dit des différentes combinaisons d'inputs possibles pour un secteur). Dans le cas de ressources rares, les combinaisons productives ne seraient pas guidées par des considérations techniques comme dans le cas d'un modèle de Leontief, mais plutôt par des considérations de rationnement et de rareté. Dans ce cas, les coefficients de distribution, indiquant la part de la destination du produit i dans la branche j dans la production totale de la branche i , seraient plus stables que les coefficients techniques.

Ce modèle de Ghosh est ensuite devenu populaire et largement utilisé comme un modèle d'offre s'opposant au modèle de demande de Leontief. On pouvait imaginer, au départ, que l'utilisation de ce modèle serait limitée aux pays les moins industrialisés ou à économie centralisée du fait de ces hypothèses, mais son application s'est progressivement ouverte aux pays capitalistes (Torre, 1993). Giarratani (1981) a justifié la stabilité des coefficients de distribution dans les pays capitalistes en affirmant que les firmes avaient tendance à maintenir leurs coefficients de vente aux différentes branches pour des raisons historiques. Ce modèle d'offre a été utilisé pour :

- des études d'impact d'un choc d'offre
- des études interindustrielles, pour étudier les effets en aval.
- des études interrégionales et multirégionales

Nous allons donner quelques exemples concrets d'utilisation du modèle de Ghosh. Giarratani (1976) a utilisé ce modèle en 1976 pour calculer les multiplicateurs d'offre pour les secteurs énergétiques afin de sélectionner le secteur énergétique qui aurait la plus grande potentialité à restreindre la production nationale des Etats-Unis. Leung et Pooley (2001) ont utilisé le modèle d'offre pour évaluer l'impact économique d'une réduction de la production de poisson provenant de la pêche à Hawaï. Ils affirment qu'un modèle de Ghosh, dans ce cas, est plus approprié qu'un modèle de Leontief. San Cristobal (2007) a également utilisé le modèle d'offre pour percevoir les impacts économiques d'une réduction de la ressource ligneeuse en Espagne, mais également dans d'autres pays européens.

Cependant, ce modèle a été fortement critiqué du fait de ses fondements théoriques pour justifier l'hypothèse de stabilité des coefficients de vente et, par conséquent, de la capacité du modèle à effectuer des prévisions provenant d'une modification de la valeur ajoutée. Les critiques les plus sévères proviennent d'Oosterhaven (1988). La principale critique porte sur l'augmentation de la valeur ajoutée d'une branche qui implique une augmentation de la production dans les autres secteurs sans affecter le montant de leur valeur ajoutée brute (travail ou capital).

En outre, dans ce modèle, la demande est supposée parfaitement élastique : la consommation locale et l'investissement réagissent parfaitement à une modification de l'offre. De plus, les coefficients techniques pour une branche vont varier selon l'intensité du choc de l'offre, impliquant que les inputs sont parfaitement substituables. Or, cette hypothèse a été fortement attaquée car une variation importante de la valeur ajoutée provoque une

modification irréaliste des coefficients techniques. En effet, dans ce modèle, la demande de produits intermédiaires d'origine régionale va dépendre seulement de l'offre de produit. Les processus de production des branches vont s'adapter parfaitement à l'offre de produits intermédiaires. Les inputs sont supposés parfaitement substituables entre eux. L'élasticité de substitution technique est donc égale à l'infini. Par exemple, une réduction de la valeur ajoutée d'une branche va induire une réduction aussi importante de la consommation intermédiaire du produit provenant de cette branche, en gardant la consommation des autres produits intermédiaires stables toutes choses étant égales par ailleurs. Les résultats du modèle seraient raisonnables seulement dans le cas où des changements faibles de la valeur ajoutée interviennent (Gruver, 1989), ou dans des limites raisonnables (Rose et Allison, 1989).

Dietzenbacher (1997) démontre que les résultats du modèle de Ghosh sont similaires aux résultats du modèle de Leontief si on effectue des études sur les prix. Ainsi, le modèle de Ghosh doit être utilisé comme un modèle de prix. Dans ce cas, les critiques émises par Oosterhaven (1988) ne sont plus justifiées. En effet, il est tout à fait concevable d'avoir une augmentation de la production issue de l'augmentation du prix sans que la valeur ajoutée ne soit affectée du fait que les quantités restent constantes.

Entre les partisans et les antagonistes du modèle Ghosh, un consensus se dessinerait. Le modèle de Ghosh serait plutôt dédié à un objectif de description qu'à un objectif de simulation. Ainsi, dans ce travail, le modèle de Ghosh sera plutôt utilisé comme un outil de description afin d'étudier les effets en aval pour la région Aquitaine 2007. Mais ces multiplicateurs d'offre ne pourront pas être utilisés pour connaître les impacts éco-environnementaux d'un projet, ni pour connaître les adaptations économiques nécessaires pour atteindre un objectif de réduction d'émissions de GES.

Le modèle part de l'égalité du TES en colonne : la production est la somme des consommations intermédiaires et de la valeur ajoutée :

$$P' = i'.Z + V' \quad (1)$$

Le modèle définit ensuite les coefficients de distribution (\tilde{a}_{ij}), comme étant la part de la vente du produit i dans la branche j .

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{Z_{ij}}{P_i} \quad (2)$$

L'équation (2) peut également s'écrire sous forme matricielle :

$$\tilde{A} = \hat{P}^{-1}.Z \quad (3)$$

Ghosh suppose que la matrice des coefficients de distribution \tilde{A} reste stable.

En intégrant (3) dans (1) et après arrangement, nous aboutissons à l'équation fondamentale de Ghosh où la production est déterminée par la valeur ajoutée.

$$P' = V'.(I - \tilde{A})^{-1} \quad (4)$$

Où $(I - \tilde{A})^{-1}$ représente la matrice inverse Ghosh.

Annexe 11 : Les méthodes d'identification des secteurs clés

Les études sur l'identification des secteurs clés remontent aux travaux de Rasmussen (1956). Il s'agit d'identifier les secteurs clés en calculant les effets d'entraînement à la fois en amont de la filière ("backward linkage") et en aval de la filière ("forward linkage"). Les indicateurs des effets de liaison en amont sont calculés directement à partir des éléments de la matrice inverse de Leontief car ils indiquent le montant de production directe et indirecte des différentes branches i pour satisfaire un euro de la demande finale de la branche j . Les indicateurs de liaison en amont de Rasmussen-Hirschman ($B_{.j}$) sont calculés en effectuant la moyenne des éléments de la matrice inverse de Leontief de chaque colonne.

$$B_{.j} = \frac{\sum_i b_{ij}}{N} \quad (1)$$

La formule (1) indique l'augmentation moyenne de la production, dans une branche i prise au hasard, suite à la consommation d'un euro de la branche j . Mais cette formulation ne permet pas de comparer les branches entre elles, et donc de sélectionner les branches qui ont un effet relativement plus important sur la production en amont que les autres branches.

Hazari (1970) propose donc de construire des indices permettant de relier ces indicateurs avec la moyenne générale \bar{b} permettant de capter l'effet global. Ces indicateurs sont donc normalisés de telle sorte que la moyenne sur les n branches soit égale à un. Les indicateurs d'effet en amont sont ainsi calculés :

$$B_j^L = \frac{\frac{1}{n} \sum_i b_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i,j} b_{ij}} \quad (2)$$

de sorte que $\sum_j B_j^L = n$

En parallèle, les indicateurs d'effets en aval sont ainsi calculés :

$$F_i^L = \frac{\frac{1}{n} \sum_j b_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i,j} b_{ij}} \quad (3)$$

de sorte que $\sum_i F_i^L = n$

Les secteurs clés sont les secteurs qui ont à la fois un effet d'entraînement en amont et en aval plus important que la moyenne. Une **branche clé** serait caractérisée à la fois par $B_j^L > 1$ et $F_i^L > 1$.

Cependant une critique a été émise quant à l'estimation des effets de liaison en aval. Jones (1976) stipule que les effets de liaison en aval proviennent de l'utilisation de la production. Il préconise ainsi d'utiliser le modèle de Ghosh où l'étude est concentrée sur l'allocation de la production⁶³ (la part de la production vendue dans les différents secteurs). On calcule les effets d'entraînements en aval avec la matrice inverse de production (ou matrice inverse de Ghosh). Notons d_{ij} les éléments de la matrice inverse de production. Ils indiquent le montant de la production de toutes les branches suite à la création d'un euro de valeur ajoutée, soit :

⁶³ Bien que le modèle de Ghosh ait été considérablement critiqué comme une analyse d'impacts par Oosterhaven et Dietzenbach, un consensus a été trouvé : ce modèle doit principalement servir à étudier les effets statiques avec une portée descriptive.

$$F_i^L = \frac{\frac{1}{n} \sum_j d_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i,j} d_{ij}} \quad (4)$$

De sorte que : $\sum_i F_i^L = n$

L'indicateur des liaisons en amont est par contre toujours calculé à partir des coefficients de la matrice inverse de Leontief.