



# FAERE

French Association  
of Environmental and Resource Economists

## Working papers

La transition énergétique est-elle favorable aux branches à fort contenu en emploi ? Une approche *input-output* pour la France

Quentin Perrier - Philippe Quirion

WP 2016.09

Suggested citation:

Q. Perrier, P. Quirion (2016). La transition énergétique est-elle favorable aux branches à fort contenu en emploi ? Une approche *input-output* pour la France. *FAERE Working Paper*, 2016.09.

ISSN number: 2274-5556

[www.faere.fr](http://www.faere.fr)

# La transition énergétique est-elle favorable aux branches à fort contenu en emploi ? Une approche *input-output* pour la France

---

Quentin Perrier (CIRED, Engie), Philippe Quirion (CIRED, CNRS)

[perrier@centre-cired.fr](mailto:perrier@centre-cired.fr)

[quirion@centre-cired.fr](mailto:quirion@centre-cired.fr)

23 novembre 2015

---

## Résumé

Dans le débat public sur la transition énergétique en France, l'emploi occupe une place prépondérante. Nous calculons, pour l'économie française en 2010, le contenu en emploi et en gaz à effet de serre des différentes branches, c'est-à-dire le nombre d'emplois et de tonnes-équivalent-CO<sub>2</sub> par million d'euros de demande finale. Nous utilisons pour cela le tableau entrées-sorties au niveau le plus désagrégé disponible (64 branches). Nous développons et appliquons ensuite une méthodologie originale pour décomposer les écarts de contenu en emploi entre branches en cinq facteurs : le taux d'importations de produits finaux, le taux d'importations de consommations intermédiaires, les taux de taxes et subventions, les niveaux de salaire et la part de la rémunération du travail dans la valeur ajoutée. Enfin, nous étudions certaines substitutions interbranches qui découleraient d'une transition énergétique visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les résultats sont les suivants.

Premièrement, un contenu en emploi plus élevé d'une branche s'explique, en moyenne et par ordre d'importance, par des salaires plus faibles, des importations plus faibles de produits finaux, une part plus importante du travail dans la valeur ajoutée, des importations plus faibles de consommations intermédiaires, et en dernier lieu par des taxes plus faibles.

Deuxièmement, parmi les branches dont le contenu en gaz à effet de serre est élevé, celles qui présentent en même temps un faible contenu en emploi (électricité et industrie lourde) sont couvertes par le système européen de quotas de gaz à effet de serre. A l'inverse, celles qui présentent en même temps un fort contenu en emploi (agriculture, agroalimentaire et transport terrestre) ne sont pas couvertes par une politique climatique – la crainte d'un impact négatif sur l'emploi constituant une explication possible.

Troisièmement, la transition énergétique implique des déplacements interbranches de demande finale que nous identifions. Ces substitutions favorisent des branches présentant un contenu en emploi plus élevé. Ces augmentations de contenu en emploi s'expliquent, mais en partie seulement, par des salaires plus élevés dans les branches amenées à réduire leur activité.

---

*Les auteurs tiennent à remercier chaleureusement Jean De Beir, Elie Bellevrat, Michel Husson, Jean-Christophe Martin, Jean-Louis Pasquier, Eric Vidalenc et le rapporteur anonyme, pour leur relecture et leurs précieux conseils. Les opinions et éventuelles erreurs sont bien sûr de la seule responsabilité des auteurs.*

## Introduction

Dans la sphère académique, les politiques énergétiques, comme toutes les politiques sectorielles, sont principalement évaluées selon un critère coût-bénéfice ou coût-efficacité, ou encore en fonction de leur impact estimé sur le PIB, vu comme une approximation du bien-être économique. Leur impact sur l'emploi fait l'objet de moins d'analyses, comme le montre une simple consultation de la base de données académique Web of Science : une interrogation à l'aide de la combinaison de mots-clés « energy AND (cost OR GDP OR welfare) » amène 96 549 résultats, soit 21 fois plus qu'une interrogation sur « energy AND (employment OR jobs) » (4 593 résultats). Dans le débat public français, en revanche, l'impact sur l'emploi de ces politiques a une importance équivalente à celle des analyses en termes de coût, de bien-être économique ou de PIB, comme le montre une interrogation de la base de données d'articles de presse Factiva : les mots-clés « transition énergétique AND (PIB OR coût) » renvoient 878 résultats, contre 895 pour « transition énergétique AND (emploi OR chômage) »<sup>1</sup>.

Certes, les chercheurs en économie n'ont pas complètement négligé l'impact sur l'emploi de ces politiques. En particulier, une partie (minoritaire) du débat théorique sur le double dividende (initié par Pearce, 1991, et synthétisé par Goulder, 1995) porte sur l'emploi – avec des résultats très divers selon les hypothèses retenues, en particulier concernant le marché du travail.

De même, de nombreuses études technico-économiques comparent différentes techniques de production d'énergie (et/ou d'économie d'énergie) selon un ratio emplois/kWh ; Wei et al. (2010) synthétisent ces études pour les Etats-Unis. Leur faiblesse est de présenter un biais en faveur des options techniques et organisationnelles les plus coûteuses : si une option coûte dix fois plus cher qu'une autre pour produire (ou éviter de consommer) un kWh, il est très probable qu'elle crée plus d'emplois par kWh, car les salaires comptent pour environ deux tiers de la valeur ajoutée (Cotis, 2009). Or, des agents économiques (ménages, entreprises, administrations publiques...) vont nécessairement payer pour ce surcoût et vont par conséquent réduire d'autres consommations, d'où des destructions d'emplois ignorées par ce ratio. Pour cette raison, dans la présente étude nous calculons le ratio emplois/euro de demande finale, et non emplois/kWh.

Enfin, plusieurs études menées à l'aide de modèles macroéconomiques ont étudié l'effet sur le PIB mais aussi sur l'emploi de politiques climatiques, principalement de taxes sur les émissions de CO<sub>2</sub>. C'est le cas des études passées en revue par Bosquet (2000), Patuelli et al. (2005) et Ernst & Young (2015). Tout récemment, le modèle macroéconomique Three-ME, développé par l'ADEME et l'OFCE, a été utilisé pour quantifier le scénario « visions énergétiques 2030-2050 » de l'ADEME. Il aboutit à +330 000 emplois en 2030 et +825 000 en 2050, par rapport à un scénario tendanciel (Callonnec et al., 2014). Ces travaux sont utiles, mais leurs résultats sont très dépendants de diverses hypothèses qui, du fait de la complexité de ces modèles, sont peu compréhensibles hors de la communauté des modélisateurs. Ainsi, deux modèles macroéconomiques ont été utilisés pour évaluer le paquet « climat-énergie » de la Commission européenne : E3ME, de *Cambridge Econometrics*, et GEM-E3, de la *National Technical University of Athens*. Les résultats du premier modèle en termes de PIB et d'emploi sont beaucoup plus favorables, pour des raisons qu'il est difficile de saisir, au-delà d'affirmations assez générales comme l'opposition entre le caractère néokeynésien du premier et néoclassique du second (De Bruyn et Warringa, 2014).

Les mécanismes à l'œuvre dans les travaux basés sur des modèles *input-output* (par exemple Scott et al., 2008, ou Quirion, 2013) sont plus faciles à comprendre car c'est alors la différence de contenu en emploi (au sens du ratio emplois/euro de demande finale) entre les branches en progression et celles en régression qui détermine l'effet net sur l'emploi. Cependant, ces études n'expliquent pas d'où proviennent les écarts de contenu en emploi entre les branches, alors qu'il importe de savoir si un contenu en emploi plus élevé dans une branche provient, par exemple, de salaires plus faibles ou de moins d'importations : dans un cas, il s'agit de relocaliser des emplois ; dans l'autre, de favoriser des créations d'emplois moins rémunérés.

Dans cet article, nous ne cherchons pas à calculer l'effet sur l'emploi d'un scénario ou d'une politique de transition énergétique mais à estimer le contenu en emploi et en gaz à effet de serre des différentes branches de l'économie française, ainsi qu'à décomposer les écarts de contenu en emploi selon une série de facteurs explicatifs. Cette approche descriptive permet d'apporter un éclairage qualitatif sur quelques substitutions interbranches impliquées par la transition énergétique. Par « transition énergétique », dans tout l'article nous

---

<sup>1</sup> Interrogations effectuées le 23 septembre 2015.

ne faisons pas référence à un scénario particulier, mais à une évolution vers une sortie des énergies fossiles, nécessaire pour respecter l'objectif d'une division par quatre des émissions de gaz à effet de serre en France d'ici 2050, objectif fixé dans la loi depuis 2005<sup>2</sup>.

En termes de méthode, cet article se rapproche des études de balance en emploi, qui mobilisent également les outils d'analyse entrées-sorties afin d'évaluer l'effet des échanges internationaux sur l'emploi. Ces analyses permettent une description fine distinguant les types de secteurs qui contribuent aux déséquilibres, les catégories de travailleurs touchés, etc. (Guimbert et Levy-Bruhl, 2002). La même méthodologie est d'ailleurs appliquée pour étudier l'empreinte carbone de la demande finale, afin de comptabiliser les émissions directes et indirectes (Xu et al, 2014 ; CGDD, 2015). Cette analyse est notamment appliquée à l'étude des échanges commerciaux (Dong, 2010).

Le même cadre comptable peut être appliqué de façon dynamique, pour voir l'évolution du nombre d'emplois en faisant apparaître les contributions des grands facteurs explicatifs. Barlet et al. (2009) observent les contributions respectives de la productivité, de la demande intérieure, des importations et des exportations. Cette dernière méthodologie est également de plus en plus utilisée pour comprendre les évolutions des émissions de gaz à effet de serre (Martin et al., 2014).

Notre approche s'inscrit à l'intersection de ces deux démarches. Nous utilisons le même cadre comptable, et une décomposition proche de celle de Barlet et al. (2009) mais nous nous inscrivons dans un cadre statique, à l'instar des études de balance en emploi. L'originalité de notre article est de comparer le contenu en emploi de chaque branche à la moyenne de l'économie nationale et de décomposer cet écart pour chacune des branches selon quelques facteurs explicatifs. Plutôt que d'observer l'évolution temporelle de chaque branche, nous comparons les branches à la moyenne de l'économie et, grâce à ce point de repère, les unes par rapport aux autres.

De plus, nous calculons dans un même cadre le contenu en emploi et le contenu en émissions de gaz à effet de serre sur le territoire. Notre approche permet de visualiser quels secteurs permettent de créer de l'emploi en France tout en réduisant les émissions pour respecter les engagements internationaux de la France ; mais elle n'indique pas les emplois créés hors de France, ni une empreinte carbone incluant les émissions associées aux importations (Pasquier, 2012).

La méthode entrée-sortie se base sur quelques hypothèses bien connues. Une hypothèse d'homogénéité des produits d'une branche est nécessaire pour notre décomposition du contenu en emploi et pour la description statique de l'économie. Etudier les effets d'une variation de la demande finale implique d'adopter deux autres hypothèses : une hypothèse de rendements constants (la consommation additionnelle ne modifie pas le système productif) et une hypothèse que les effets induits autre que ceux capturés par la matrice de Leontief sont négligeables (Freyssinet et al., 1977). Ces hypothèses doivent amener à être prudent sur l'interprétation des résultats, et impliquent de ne pas considérer des variations trop importantes de la demande.

Le plan retenu est le suivant : dans la première partie nous présentons la méthode et les données utilisées, dans la seconde les résultats, avant de conclure.

## 1. Méthode et données

### 1.1. Données

Nous utilisons trois sources de données, toutes publiées par Eurostat et concernant la France en 2010. Elles utilisent la nomenclature NACE rév. 2 en 64 branches.

- Premièrement, le tableau entrées-sorties (TES) pour la France, au niveau de désagrégation A64, pour l'année 2010, à prix courant, préparé par l'Insee et publié par Eurostat (code Eurostat naio\_cp18\_r2). Nous utilisons les tableaux fournis par Eurostat et non par l'INSEE pour trois raisons : la désagrégation est supérieure, avec 64 niveaux contre 38 pour les TES actuellement publiés par l'Insee (le TES à 118

---

<sup>2</sup> Loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique (POPE) du 13 juillet 2005

branches n'est plus publié par l'Insee depuis 2007) ; l'utilisation des données Eurostat permet d'appliquer à notre analyse à tout pays européen ou à l'UE ; et ce TES distingue les consommations intermédiaires importées de celles produites en France, ce qui est indispensable pour calculer le contenu en emploi. Nous utilisons le tableau à prix courants car nous ne cherchons pas à étudier une évolution, mais la structure de l'économie pour une année donnée.

- Deuxièmement, l'emploi en équivalent temps plein (ETP), code Eurostat nama\_nace64\_e.
- Troisièmement, les comptes physiques d'émissions ventilés par branche économique pour la France, préparés par le Citepa et le SOeS et diffusés par Eurostat. Les gaz à effet de serre inclus sont ceux couverts par le Protocole de Kyoto : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFC, HFC et SF<sub>6</sub> (code Eurostat env\_ac\_ainah\_r2). Nous les agrégeons en tonnes équivalent-CO<sub>2</sub> en utilisant les potentiels de réchauffement global utilisés par le protocole de Kyoto (21 pour le CH<sub>4</sub>, 310 pour le N<sub>2</sub>O).

Enfin, nous corrigeons le TES pour la branche agriculture, afin d'inclure les revenus non-salariés du travail dans les compensations. Pour ce faire, nous utilisons le rapport de l'Insee « Agriculture en 2010, rapport sur les comptes » et les unités de travail annuel (UTA) 2010 fournies par Agreste afin de calculer le revenu agricole net par actif, que nous approximons au revenu par ETP. Nous le faisons pour tenir compte des nombreux travailleurs non-salariés de la branche agriculture.

## 1.2. Définition du contenu en emploi

Suivant en cela une longue tradition (Freyssinet et al., 1977 ; Husson, 1994), nous définissons le contenu en emploi comme le nombre d'emplois (plus précisément d'ETP) localisés en France, nécessaires à la production générée par un million d'euros de demande finale adressé à une branche donnée et pour une année donnée. Ce nombre d'emplois comprend des emplois directs (c'est-à-dire dans la branche à laquelle s'adresse cette demande finale) et indirects (dans les branches en amont de cette dernière). Ainsi défini, le contenu en emploi correspond au terme de multiplicateur d'emploi qui existe également dans la littérature (Miller et Blair, 2009).

Nous choisissons donc de définir le contenu en ETP d'une branche  $i$  par :

$$(1) ce_i = \frac{\text{Nombre d'ETP directs et indirects dus à l'activité de la branche } i}{\text{Millions d'euros de demande finale adressée à la branche } i}$$

Cette méthode est préférable aux ratios emplois/chiffre d'affaire ou emplois/valeur ajoutée : le premier présente un biais au détriment des branches utilisant une forte proportion de consommations intermédiaires, donc d'emplois indirects, tandis que le second est imprécis car il ne distingue pas deux branches ayant le même ratio emplois/VA mais adressant leurs consommations intermédiaires à des branches présentant elles-mêmes un contenu en emploi différent, donc générant au total un nombre différent d'emplois.

## 1.3. Calcul du contenu en emploi

L'utilisation des tableaux entrée-sortie (TES) de la comptabilité nationale permet de calculer le contenu en emploi pour les différentes branches de l'économie, en nous appuyant sur la méthode de Leontief (1986). Le point de départ de cette méthodologie est l'équilibre comptable entre ressources et emplois pour les produits de chaque branche, pour une année donnée :

$$(2) \mathbf{p}^d + \mathbf{mf} = \mathbf{Z}^d * \mathbf{i} + \mathbf{d}$$

où  $\mathbf{p}^d$  indique la production intérieure,  $\mathbf{mf}$  les importations de biens finaux,  $\mathbf{Z}^d$  est la matrice des consommations intermédiaires intérieures,  $\mathbf{d}$  la demande finale totale (égale à la demande adressée à l'économie intérieure plus les importations de biens finaux) et  $\mathbf{i}$  est le vecteur-colonne composé uniquement de 1. Les notations suivent les conventions suivantes : les lettres en gras et minuscules d'imprimerie indiquent un vecteur-colonne, les capitales d'imprimerie en gras une matrice carrée. L'équation (2) indique à gauche les ressources et à droite les emplois pour chaque produit.

En appelant  $\mathbf{A}^d$  la matrice des coefficients techniques intérieurs (c'est-à-dire la matrice telle que  $\mathbf{Z}^d \cdot \mathbf{i} = \mathbf{A}^d \cdot \mathbf{p}^d$ ), on obtient :

$$(3) \mathbf{p}^d + \mathbf{mf} = \mathbf{A}^d * \mathbf{p}^d + \mathbf{d}$$

En inversant cette relation, on arrive à l'équation de base de l'analyse entrée-sortie :

$$(4) \mathbf{p}^d = (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1} * (\mathbf{d} - \mathbf{mf})$$

La matrice  $\mathbf{Q}^d = (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}$  est l'inverse de la matrice de Leontief. Elle indique la production directe et indirecte nécessaire pour satisfaire une demande hors importations de produits finaux  $\mathbf{d} - \mathbf{mf}$  adressée à l'économie nationale. Plus précisément, le terme d'indices  $(i,j)$  de cette matrice  $\mathbf{Q}^d$  donne la production dans la branche  $i$  engendrée par unité de demande finale adressée à la branche  $j$ .

Si l'on dispose du nombre d'ETP directs de chaque branche, il est alors possible de calculer le contenu en ETP, directs et indirects, engendrés par unité de demande finale adressée à chaque branche. Pour cela, on calcule le vecteur  $\mathbf{e}$  donnant le ratio d'ETP directs par unité de production – c'est-à-dire que pour chaque branche,  $e_i =$  nombre d'ETP directs dans la branche  $i$  / production de la branche  $i$ . Alors le contenu total en ETP (i.e. comptabilisant les ETP directs et indirects)  $\mathbf{ce}$  est donné par la relation :

$$(5) \mathbf{ce}^T = \mathbf{e}^T * \mathbf{Q}^d$$

Où  $\mathbf{ce}^T$  est un vecteur-ligne, dont le terme d'indice  $j$  donne le nombre d'ETP directs et indirects générés par unité de demande finale adressée à la branche  $j$ .

Cette écriture donne la somme des ETP, directs et indirects, générés par unité de demande finale adressée à une branche  $j$ . Mais elle ne détaille pas dans quelles branches sont créés ces ETP. Il est cependant possible de faire apparaître cette désagrégation. Pour cela, on diagonalise le vecteur-colonne  $\mathbf{e}^T$ . Notons  $\widehat{\mathbf{E}}$  la matrice ainsi diagonalisée, c'est-à-dire la matrice carrée diagonale, dont les valeurs diagonales correspondent aux valeurs de  $\mathbf{e}^T$ , et dont les coefficients non-diagonaux sont nuls. Alors la matrice  $\mathbf{CE}^d$  définie par :

$$(6) \mathbf{CE}^d = \widehat{\mathbf{E}} * \mathbf{Q}^d$$

est une matrice carrée, dont le terme d'indice  $(i,j)$  indique le nombre d'ETP générés dans la branche  $i$  par une demande finale adressée à la branche  $j$ .

#### 1.4. Décomposition du contenu en emploi

Les calculs de contenu en ETP font apparaître de fortes disparités entre les branches (Tableau 2). Il est cependant utile de ne pas s'arrêter à la valeur du contenu en emploi, mais de détailler sa composition. Le contenu en emploi d'une branche peut en effet avoir une signification très différente s'il est faible du fait de salaires élevés ou d'importations importantes : dans le premier cas, réduire la demande adressée à cette branche revient à réduire les salaires ; dans le second, à relocaliser la production. Une analyse détaillée du contenu en emploi est donc nécessaire dès lors que l'on souhaite utiliser cette métrique.

Les données de la comptabilité nationale fournissent de nombreuses informations pour décomposer le contenu en emploi des différentes branches. Les soldes du tableau entrée-sortie de la comptabilité nationale, permettent de faire apparaître plusieurs ratios significatifs utiles à l'analyse. Pour le comprendre, reprenons l'équation (6). Cette écriture matricielle peut être écrite de façon équivalente au moyen d'indices :

$$(7) ce_i^d = \sum_j \left( \frac{P_{ji}^d ETP_j}{D_i^d P_j} \right)$$

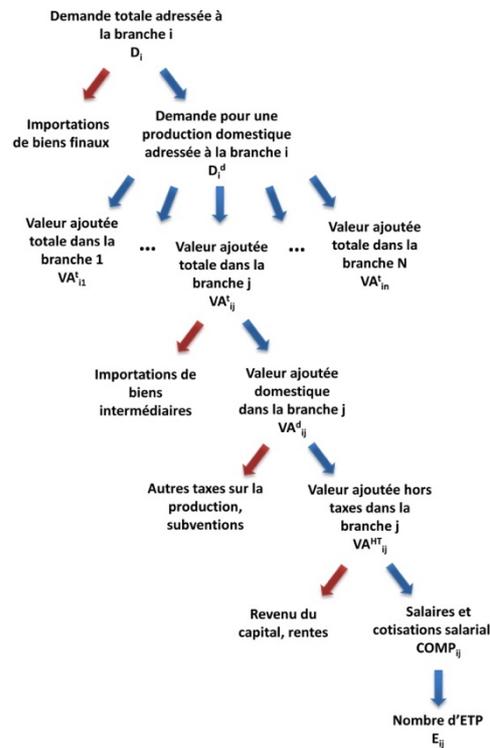
Avec  $ce_i^d$  le contenu en ETP de la demande adressée à la branche  $i$  de l'économie nationale,  $ETP_j$  le nombre d'ETP dans la branche  $j$ , et  $P_{ji}^d$  la production dans la branche  $j$  due à la demande finale adressée à la branche  $i$  (tel que  $\frac{P_{ji}^d}{D_i^d}$  soit égal au coefficient de l'inverse de la matrice de Leontief pour le TES intérieur).

On peut également considérer le contenu en ETP  $ce_i$  dû à la demande finale totale, afin de tenir compte des importations de biens finaux qui satisfont la demande finale, en multipliant le contenu en emploi intérieur par le complément à 1 du taux d'importations de produits finaux de la branche :

$$(8) ce_i = \frac{D_i^d}{D_i} \sum_j \left( \frac{P_{ji}^d ETP_j}{D_i^d P_j} \right)$$

Avec  $D_i$  la demande finale totale adressée à la branche  $i$ .

Figure 1: Schéma de décomposition du contenu en emploi des branches de l'économie française



Source : auteurs

Lecture : une demande finale totale va susciter d'une part des importations finales, et d'autre part une demande hors importations finales qui sera adressée à la production intérieure. La demande hors importations finales suscite une production dans d'autres branches (du fait des consommations intermédiaires) et donc la création de valeur ajoutée dans chaque branche. Une partie de cette valeur ajoutée est captée à l'étranger à cause des importations de produits intermédiaires. Dans la valeur ajoutée intérieure restante, une partie sert à payer des taxes ou provient de subventions. Enfin, la valeur ajoutée hors taxes et subventions rémunère le capital et les compensations salariales. Ces dernières servent à employer des travailleurs.

On peut alors faire apparaître plusieurs ratios utiles à l'analyse : en multipliant numérateur et dénominateur par des soldes intermédiaires, on peut réécrire l'équation (8) sous la forme plus détaillée de l'équation (9) (le détail des calculs est en Annexe 1) :

$$(9) ce_i = \sum_j MF_i \cdot V_{ji} \cdot MI_{ji} \cdot T_j \cdot L_j \cdot S_j$$

- $MF_i$  représente la part de la demande totale adressée à la production intérieure, c'est-à-dire le complément à 1 du taux d'importations de biens finaux dans la demande adressée à la branche  $i$  ;
- $V_{ji}$  mesure la valeur ajoutée totale générée dans la branche  $j$  par unité de demande finale intérieure adressée à la branche  $i$  ;
- $MI_{ji}$  représente la part des consommations intermédiaires achetées par la branche  $i$  qui sont adressées à la production intérieure de la branche  $j$  et non importées. Il est le complément à 1 du taux d'importations de consommations intermédiaires achetées par la branche  $i$  à la branche  $j$  ;
- $T_j$  est le complément à 1 de la part des taxes et subventions (« Autre impôts sur la production », code D29\_M\_D39 et « Impôts moins subventions sur les produits », code D21\_M\_D31) dans la valeur ajoutée augmentée des « Impôts moins subventions sur les produits »
- $L_j$  représente la part des rémunérations du travail dans la valeur ajoutée moins les « autres impôts sur la production (D29\_M\_D39) ;
- $S_j$  est égal à l'inverse du salaire. Il mesure donc le niveau des salaires.

Cette suite de ratio en cascade suit une logique de production illustrée par la Figure 1.

## 1.5. Comparaison à la moyenne et décomposition LMDI

Pour toute branche  $i$ , on peut comparer le contenu en emploi de cette branche avec la moyenne de l'économie nationale – cette moyenne nationale étant définie via des ratios moyens (la définition précise est donnée en Annexe 2).

$$(10) ce_i - ce_{i,m} = \sum_j MF_i \cdot V_{ji} \cdot MI_{ji} \cdot T_j \cdot L_j \cdot S_j - \sum_j MF_m \cdot V_{ji,m} \cdot M_{ji,m} \cdot T_m \cdot L_m \cdot S_m$$

En remarquant que les coefficients  $V_{ji}$  jouent le rôle de clé de ventilation, et en utilisant la méthode LMDI (Logarithm Mean Divisia Index) de décomposition d'indice développée par Ang (2005), on peut transformer cette différence en somme de termes traduisant l'apport de chaque facteur (les détails sont données en Annexes 3 et 4) :

$$(11) ce_i - ce_{i,m} = \Delta MF_i + \Delta MI_i + \Delta T_i + \Delta L_i + \Delta S_i$$

Il est ainsi possible de déterminer l'impact des différents facteurs dans la composition et le niveau du contenu en ETP. On peut donc répondre à la question : pourquoi le contenu en emploi d'une branche est-il élevé ? Est-ce du fait d'importations finales ou intermédiaires faibles, de taxes faibles, d'une forte part du travail dans la valeur ajoutée, ou de salaires bas ?

## 1.7. Contenu en gaz à effet de serre

Le contenu en émissions de gaz à effet de serre est calculé avec la même méthode que pour le contenu en emploi. A partir des émissions de gaz à effet de serre par branche, on construit le vecteur  $\mathbf{n}$  donnant le ratio des émissions de GES par unité de production. Alors, le contenu en émissions directes et indirectes  $\mathbf{cg}$  est donné par la relation :

$$(12) \mathbf{cg}^T = \mathbf{n}^T * \mathbf{Q}^d$$

Il convient de noter que notre approche traite les émissions du point de vue de la production, c'est-à-dire aux émissions sur le territoire. Notamment, nous n'intégrons pas les émissions associées aux importations. Ce choix permet d'analyser les leviers utiles aux politiques publiques pour tenir leurs engagements nationaux ou européens. En revanche, une logique cherchant à attribuer les émissions aux consommateurs – par exemple avec la notion d'empreinte carbone - devrait également prendre en compte les émissions associées aux importations (Pasquier, 2012). En outre, en regardant les émissions par branche d'activité, nous omettons les émissions liées aux consommations finales, notamment dans les transports intérieurs et le chauffage.

## 1.8. Branches pour lesquelles la méthode est inapplicable

Nous appliquons la méthodologie en utilisant le tableau entrée-sortie d'Eurostat à 64 branches. Toutefois, notre méthodologie ne peut pas être appliquée à quatre branches de la nomenclature NACE Rév. 2 :

- La branches B (« Industries extractives ») car la demande finale intérieure est négative en 2010, à cause des variations de stock. On ne peut donc pas prendre le logarithme de cette demande ;
- La branche K66 (« Activités auxiliaires de services financiers et d'assurance ») qui n'a aucune demande finale ni intérieure. Là encore, on ne peut pas prendre le logarithme ;
- La branche L68A (« Loyers imputés des logements occupés par leur propriétaire ») qui ne verse aucun salaire ;
- La branche T (« Activités des ménages en tant qu'employeurs ; activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens et services pour usage propre ») qui n'utilise aucune consommation intermédiaire.

Par la suite, nous ignorons donc ces quatre branches, ce qui n'est pas gênant car trois de ces branches (43, 45, 64) constituent des secteurs particuliers de l'économie, et la branche 4 présente une activité très réduite en France (inférieure à 0,13% des ressources totales de l'économie).

## 2. Résultats

### 2.1. Principaux déterminants des différences de contenu en emploi

Quels sont les grands déterminants permettant d'expliquer les différences de contenu en emploi entre les différentes branches économiques ? Pour répondre à cette question, il suffit de calculer, sur l'ensemble des branches considérées, l'écart-type de nos cinq facteurs explicatifs : plus celui-ci est élevé, plus ce facteur diffère d'une branche à l'autre et plus il explique une part importante des écarts de contenu en emploi entre les branches.

**Tableau 1. Ecart-type des cinq facteurs explicatifs des écarts de contenu en emploi, sur les 60 branches considérées**

Facteur explicatif	Ecart-type
Salaire ( $\Delta S$ )	2,9
Part du travail dans la valeur ajoutée ( $\Delta L$ )	2,2
Taux d'importations de biens finaux ( $\Delta MF$ )	1,7
Taux d'importations de consommations intermédiaires ( $\Delta MI$ )	0,9
Taux des taxes nettes de subventions ( $\Delta T$ )	0,6

Source : calculs des auteurs à partir de données Eurostat

Comme l'indiquent les chiffres du Tableau 1, la principale cause de variation de contenu en ETP réside dans la différence de salaires, suivie de la part du travail dans la valeur ajoutée, puis, dans l'ordre, du taux d'importations de produits finaux et intermédiaires. Enfin, les taxes nettes des subventions jouent un rôle mineur dans l'explication des variations de contenu en emploi entre les différentes branches. Ce paramètre n'est important que pour l'agriculture, du fait des subventions de la politique agricole commune.

### 2.2. Contenu en emploi et en émissions de gaz à effet de serre

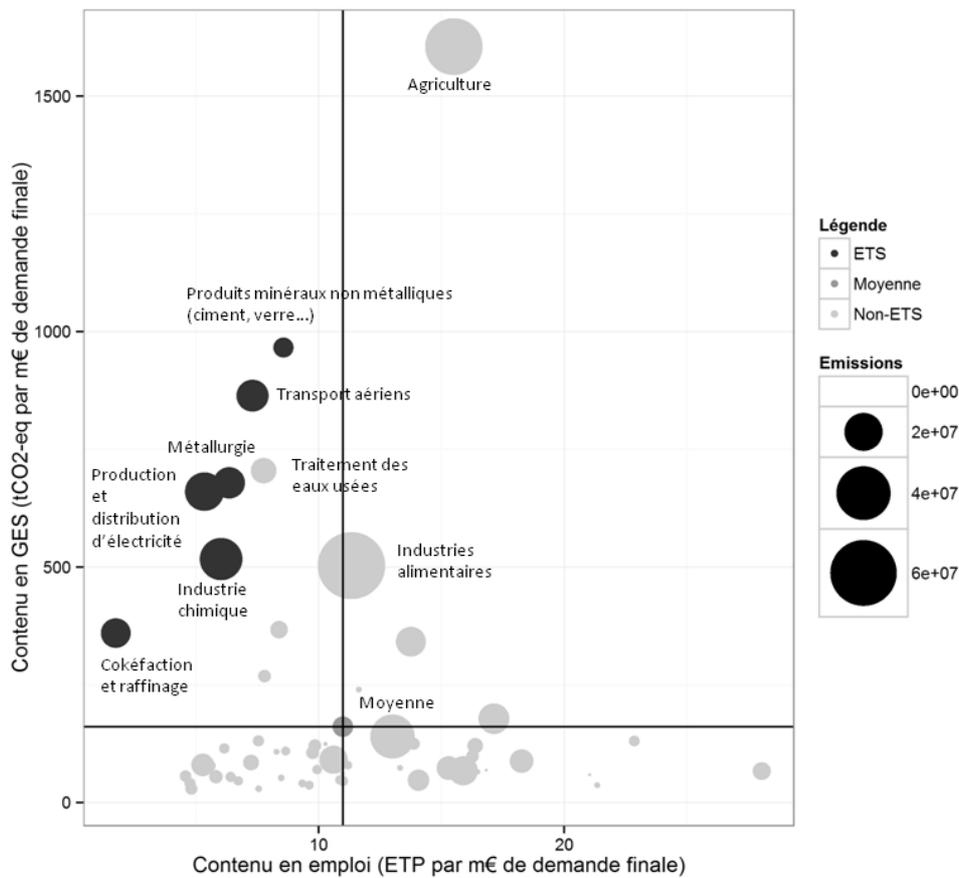
Ayant obtenu le contenu en émissions de GES, nous pouvons le croiser sur un graphique avec le contenu en emploi (Figure II). Si nous faisons apparaître la moyenne de l'économie (les lignes horizontale et verticale), on peut distinguer quatre quadrants, selon nos deux critères que sont le contenu en emploi et le contenu en GES :

- Le cadran en haut à droite regroupe les branches à fort contenu en emploi et en GES. La plupart de ces branches sont liées à l'alimentation. On voit ainsi que l'agriculture présente de loin le contenu en GES le plus élevé parmi les branches de l'économie française, du fait des émissions de protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) et de méthane ( $CH_4$ ). De plus, l'industrie agroalimentaire et l'agriculture se classent en tête quant aux émissions de GES totales générées de façon directe et indirecte, émissions indiquées par la taille des cercles. La pêche, l'hébergement-restauration et les transports terrestres (fret et services de transport) figurent également dans ce cadran.
- En haut à gauche se trouvent les branches fortement émettrices et générant peu d'emplois. Cela inclut l'industrie chimique, la production d'électricité, les transports aériens, la métallurgie, les activités de cokéfaction et raffinage, le traitement des eaux usées, la production de produits minéraux non métalliques (ciment, verre...), les transports par eau et l'industrie du papier.
- Le cadran en bas à droite regroupe les branches ayant un contenu en emploi élevé et un contenu en émissions de GES faible. Ce groupe inclut la plupart des activités de service, mais également quelques branches industrielles, notamment la construction.
- En bas à gauche se trouvent les branches peu créatrices d'emplois, mais également peu émettrices. Ce groupe inclut de nombreuses industries, notamment de fabrication (textile, bois, caoutchouc), de produits métalliques, informatiques ou d'équipements électriques ; mais également de nombreuses branches des services.

Sur la Figure II, nous avons indiqué en gris foncé les branches couvertes par le système communautaire d'échange de quotas d'émissions de GES (SCEQE). Aujourd'hui, ce système concerne plus de 11 000 installations, et couvre presque 45% des émissions de gaz à effet de serre de l'Union Européenne. Les secteurs économiques concernés sont notamment la production d'électricité, la fabrication de produits métalliques, le raffinage de produits pétroliers, la production de ciment, verre, chaux et céramique, d'acides et de produits chimiques, ainsi que le transport aérien, pour les seuls vols intracommunautaires (Commission Européenne, 2013).

S'il est logique que les branches couvertes par le SCEQE se trouvent en haut de cette figure (du fait de leur fort contenu en GES), il est frappant de constater que toutes se trouvent également à gauche de celle-ci, témoignant de leur faible contenu en emploi. Les branches situées en haut à droite, bien que présentant également un fort contenu en GES, ne sont pas couvertes par des politiques climatiques significatives : pour les transports terrestres, la redevance kilométrique poids lourds adoptée lors du Grenelle de l'environnement a été abandonnée tandis l'agriculture et la pêche ne sont couvertes ni par le SCEQE ni par la composante carbone des taxes sur l'énergie, qui croît progressivement depuis 2014 et dont la montée progressive jusqu'à 100 euros par tonne de CO<sub>2</sub> en 2030 a récemment été inscrite dans la Loi de transition énergétique pour la croissance verte<sup>3</sup>.

Figure II : Contenu en GES et en emploi des 64 branches de l'économie française



Lecture : la branche « Culture et production animale » génère en moyenne 15,5 ETP et 1 600 tonne d'équivalent-CO<sub>2</sub> par million d'euros de demande finale. La taille du cercle est proportionnelle à la quantité totale de gaz à effet de serre émise de façon directe et indirecte par la demande finale adressée à chaque branche. Le gris foncé indique les secteurs soumis à l'ETS (ou SCEQE).

Il faut noter que les émissions considérées ici n'incluent pas les émissions directes des ménages, qui consistent essentiellement dans le transport terrestre privé et l'utilisation de gaz pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et la cuisson. Ces usages n'ayant pas de contenu en emploi, nous ne les représentons pas. Les émissions considérées sont celles réalisées sur le territoire français, conformément aux engagements internationaux de la France ; les émissions liées aux importations ne sont pas incluses.

Sources : Calcul des auteurs à partir de données Eurostat.

<sup>3</sup> Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte

Les données publiées par Eurostat permettent d'effectuer le même croisement entre émissions et emploi, pour tout pays de l'Europe, ou même pour l'Europe dans son ensemble. Ce travail a été réalisé pour l'Union européenne dans son ensemble, pour la même année (cf Figure IV). On remarque une grande similitude avec les résultats pour la France, à part pour le secteur électrique, beaucoup plus émetteur de GES que son homologue français (du fait de la forte part de nucléaire et d'hydraulique en France).

### 2.3. Décomposition du contenu en emploi par branche

Le tableau 2 montre le résultat de notre méthode pour les 60 branches de l'économie française (sur 64) auxquelles il est possible de l'appliquer. De façon générale, les branches industrielles présentent un contenu en ETP inférieur à la moyenne. Si les salaires représentent souvent plus du tiers de ce bilan négatif, les importations élevées et/ou la faible part du travail jouent généralement dans le même sens et expliquent le reste. A l'inverse, l'agriculture (branche « culture et production animale ») et les services sont caractérisés par des salaires plus faibles, une forte part du travail et des importations faibles. Pour l'agriculture, un trait distinctif est la présence de subventions importantes. Il convient donc de relativiser le contenu en emploi de cette branche, puisque financer ces subventions nécessite des prélèvements, avec un impact récessif dans d'autres branches de l'économie. L'autre effet significatif provient des salaires, plus faibles que la moyenne de l'économie. Si l'on calcule un contenu en emploi pour l'agriculture « corrigé » en excluant les effets des salaires et des taxes et subventions, le résultat s'avère en fait légèrement inférieur à la moyenne de l'économie (-0,36 ETP/m€ de demande finale).

A ce niveau d'agrégation, il n'est pas possible de déduire directement de ces chiffres une quantification de l'effet sur l'emploi de la transition énergétique. En effet, il est difficile de savoir si la demande adressée à de nombreuses branches augmentera ou diminuera, du fait de changements intrasectoriels. Prenons l'exemple de l'automobile : le report modal vers des modes de transports moins émetteurs, le développement du télétravail ou le covoiturage auront tendance à diminuer la production automobile, mais la réduction des émissions par véhicule.km impliquera un développement des véhicules hybrides et électriques qui augmentera le prix unitaire des voitures. On ne peut savoir a priori si la demande finale augmentera ou diminuera.

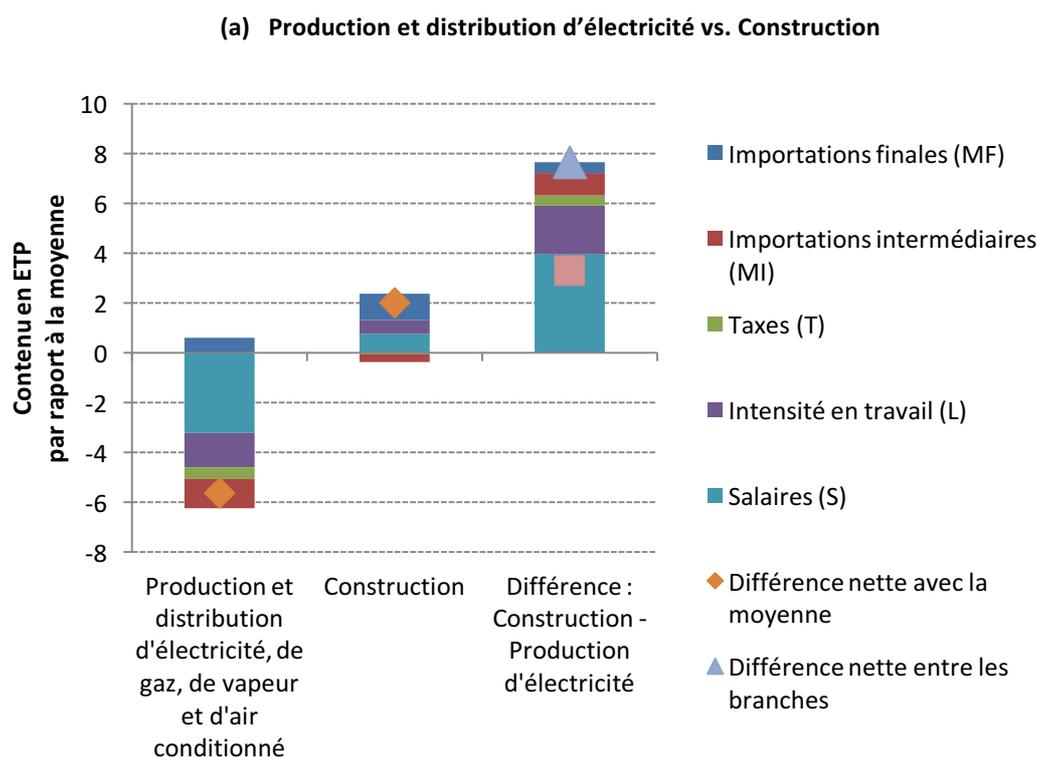
En revanche, une partie de la transition énergétique passera par des substitutions interbranches identifiables au niveau d'agrégation auquel nous travaillons. Une comparaison deux-à-deux des branches amenées à croître et de celles qui pourraient décroître, en termes de contenu en emploi et des facteurs explicatifs de ce dernier, apporte un éclairage utile sur les enjeux économiques et sociaux de la transition énergétique. La Figure III fournit deux exemples de ce type de comparaison.

Premier exemple, le bâtiment représentant plus de 45% de l'énergie finale consommée en France en 2014 (Ministère de l'Énergie, 2015), réduire significativement la consommation d'énergie passe nécessairement par une isolation des bâtiments, donc par une augmentation de la demande adressée à la construction (branche F dans la nomenclature NACE rev.2), au détriment des branches fournissant l'énergie, essentiellement l'électricité et le gaz (branche D35). Il peut donc être intéressant de comparer ces deux branches. Bien sûr, un euro de demande finale dépensé dans la construction ne va pas réduire d'autant la demande d'électricité. L'idée est ici de comparer les effets d'une politique soutenant le secteur électrique et gazier - avec par exemple les subventions aux énergies fossiles (OCDE, 2015) - à ceux d'une politique soutenant la construction.

La figure II montre que la construction est moins intensive en émissions que le secteur électrique et gazier – et puisque l'isolation permet en plus de réduire les émissions directes des ménages (qui n'apparaissent donc pas dans la figure II), le bilan total en GES est encore plus favorable à l'isolation. La figure III montre que la construction présente un contenu en emploi nettement plus important que la branche électricité : 13 ETP par millions d'euros de demande finale contre 5. Un peu plus de la moitié (52%) de cette différence provient des salaires plus faibles dans la construction, l'autre moitié étant due aux importations plus faibles (18%) et à la plus forte part du travail dans la valeur ajoutée de la construction (25%). Quant aux taxes et subventions, elles ne jouent qu'un rôle mineur (5%). Une politique visant à promouvoir les économies d'énergies via l'isolation des bâtiments paraît donc potentiellement génératrice d'emplois, et cela n'est dû qu'en partie à la faiblesse relative des salaires dans cette branche. Ces bilans en ETP ne tiennent pas compte des effets de friction temporaires, de l'inertie des migrations intersectorielles des employés (Duhautois, 2005) ni de tous les ajustements sur le marché des biens et du travail. Mais ils fournissent une indication au premier ordre de l'effet sur l'emploi d'une réallocation de la demande finale.

Second exemple, les transports en commun terrestres consomment moins de carburant et émettent nettement moins de CO<sub>2</sub> que les véhicules particuliers, mais qu'en est-il de leur contenu en emploi ? Une telle substitution implique une modification de la demande adressée à différentes branches, et les transports en commun ne sont pas distingués du fret routier et ferroviaire à ce niveau de désagrégation. Cependant, une comparaison entre les branches H49 « transports terrestres et transports par conduite » et C19 « cokéfaction et raffinage » (figure III.b) fournit un premier éclairage. Une moindre utilisation des véhicules particuliers va réduire l'activité dans le raffinage de pétrole. Et la réallocation d'un million d'euros d'une branche à l'autre permet de créer 12 ETP. Hors effet de salaires et de taxes (qui pénalisent la branche C19), la différence s'élève encore à 8 ETP.

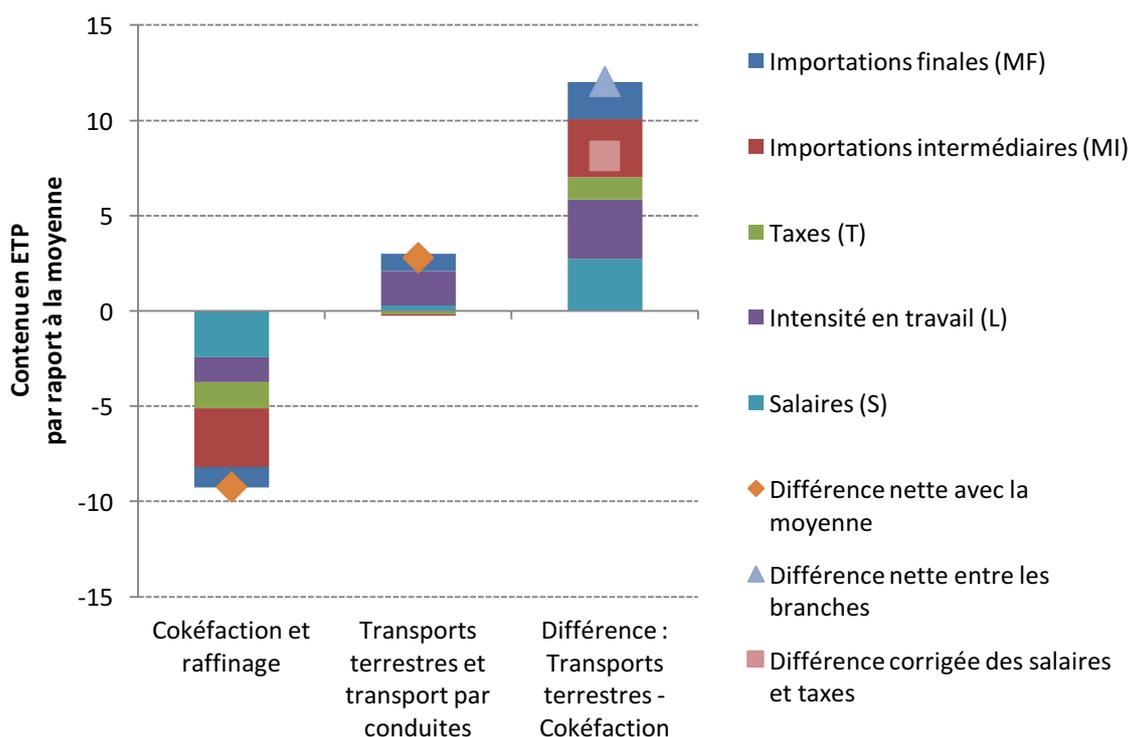
Figure III : Comparaison de branches deux à deux : deux cas d'étude



Lecture : ce graphique présente le contenu en ETP des deux branches F et D35 par rapport à la moyenne nationale (les deux premières barres), puis la différence entre ces deux branches – décomposée selon les facteurs détaillés dans notre méthodologie. Réallouer un million d'euros de demande finale de la branche électricité-gaz vers la construction conduit à créer près de 8 ETP – et près de 4 ETP si l'on ôte l'effet salaire et l'effet taxes.

Source : calculs des auteurs à partir de données Eurostat.

## (b) Cokéfaction et raffinage vs. Transports terrestres



Source : calculs des auteurs à partir de données Eurostat.

## Conclusion et discussion

Nous calculons le contenu en emploi et le contenu en GES de 64 branches de l'économie française. Ces métriques sont utiles pour étudier des politiques publiques jouant sur la demande. Par exemple, améliorer l'efficacité énergétique dans le bâtiment diminue la demande d'énergie et augmente la demande des activités améliorant cette efficacité ; nos calculs fournissent une première approximation de cet effet.

Cependant, l'analyse agrégée que nous avons menée en distinguant 64 branches masque des disparités intra-branches. Prenons l'exemple de la production d'électricité : celle-présente un contenu en émissions de GES et en emploi très différents selon que l'électricité est produite à partir de charbon ou de sources renouvelables. Or la branche « production d'électricité et de gaz » du TES agrège ces différentes sources.

Pour obtenir des résultats plus fins, il est possible d'appliquer la même méthodologie à un secteur en particulier, en détaillant des sous-secteurs. Par exemple, on pourrait distinguer les différentes filières de production d'électricité (photovoltaïque, éolien, nucléaire, gaz, charbon...). Une difficulté serait alors de reconstituer les données, car les agences de statistiques ne fournissent pas des données clés en main pour ce niveau de désagrégation. Pour chaque filière, il faudrait alors déterminer la production totale, le nombre d'emplois directs et une décomposition des consommations intermédiaires (donc de la chaîne de valeur) afin de déterminer le contenu en emploi. Il faudrait également estimer les émissions directes, et réutiliser la décomposition des consommations intermédiaires pour déterminer le contenu en GES (par exemple en se basant sur les données d'In Numeri, 2012 pour les emplois et ceux de Lehr, 2008 pour les consommations intermédiaires).

Par ailleurs, la réallocation d'un million d'euros de demande finale d'une branche vers une autre ne va pas générer un nombre d'emplois égal à la différence de leurs contenus en emploi. En effet, ce déplacement va entraîner d'autres effets et des ajustements sur les marchés du travail et des biens, qui ne sont pas pris en compte par notre approche comptable. Cette dernière ne cherche donc aucunement à se substituer aux autres analyses existantes, en particulier aux analyses d'équilibre général.

Cependant, notre analyse descriptive peut fournir une indication quant au sens, positif ou négatif, des évolutions entraînées par l'évolution de la demande – tant sur l'emploi que sur les émissions de gaz à effet de serre. En outre, nos résultats concordent avec les analyses en équilibre général qui ont été menées en France lors du débat national sur la transition énergétique. Ils permettent de mieux comprendre les mécanismes entrant en jeu dans les modèles d'équilibre général et les phénomènes de double dividende environnement-emploi observés dans de nombreuses simulations menées à l'aide de ces modèles.

Nos résultats confirment qu'il est essentiel de comprendre la composition du contenu en emploi pour donner un sens à cette métrique. Ainsi, si l'agriculture semble de prime abord présenter un contenu en emploi bien plus élevé que la moyenne de l'économie, la présence de subventions explique la moitié de la différence par rapport à moyenne de l'économie – or ces subventions vont nécessiter des prélèvements grevant l'activité dans les autres branches. La méthodologie que nous présentons permet de calculer un contenu en ETP hors effet des taxes et des subventions. En outre, identifier la part des différences de salaire dans les différences de contenu en emploi entre branches est utile pour juger de l'intérêt de certaines substitutions interbranches d'un point de vue social.

## Bibliographie

- Ang B. (2005)**, « The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide », *Energy Policy*, vol. 33, p.867-871.
- Ang B. (2004)**, « Decomposition analysis for policymaking in energy : which is the preferred method ? », *Energy Policy*, vol. 32, pp. 1131-1139.
- Barlet M., Blanchet D. et Crusson L. (2009)**, « Globalisation et flux d'emploi : que peut dire une approche comptable ? », *Economie et Statistiques*, n°427-428, pp. 3-20.
- Bosquet, B (2000)**, « Environmental tax reform: does it work? A survey of the empirical evidence ». *Ecological Economics* 34(1): 19-32.
- Callonnec, G, Landa G., Maillet P., Reynes F. (2014)**, *L'évaluation macroéconomique des visions énergétiques 2030-2050 de l'ADEME*, Document technique Ademe.
- Commissariat Général au Développement Durable (2015)**, *Bilan énergétique de la France pour 2014*, Service de l'observation et des statistiques, p.73.
- Cotis J.-P., (2009)**, *Partage de la valeur ajoutée, partage des profits et écarts de rémunérations en France*, Rapport au Président de la République, INSEE.
- De Bruyn S., Warringa G. (2014)**, *Review of the Impact Assessment for a 2030 climate and energy policy framework*, Delft, CE Delft.
- Dong Y., Ishikawa M., Liu X., Wang C. (2010)**, « An analysis of the driving forces of CO2 emissions embodied in Japan-China trade », *Energy policy*, vol. 38, Issue 11, pp. 6784-6792.
- Duhautois R. (2005)**, « Les créations nettes d'emplois : la partie visible de l'iceberg », *INSEE Première*, n°1014.
- Ernst & Young (2015)**, *Benchmark des études et outils macroéconomiques emploi-croissance et économie de CO<sub>2</sub>*, Rapport pour l'ADEME.
- European Commission (2013)**, *The EU Emissions Trading System (EU ETS)*, Publications Office.
- Freyssinet J., Hollard M., Romier G. (1977)**, « Les comptabilités sociales en temps de travail », *Economie et statistique*, n°93, pp. 39-49.
- Goulder L. (1995)**, « Environmental taxation and the 'double dividend': A reader's guide », *International tax and public finance*, 2 :157-183.
- Guimbert S. et Lévy-Bruhl F. (2002)**, « La situation de l'emploi en France face aux échanges internationaux », *Économie et Prévision*, n° 152-153, pp. 189-206.
- Hoekstra R. et Van Der Bergh J. (2003)**, « Comparing structural and index decomposition analysis », *Energy Economics*, vol. 25, pp. 39-64.
- Husson M. (1994)**, « Le contenu en emploi de la demande finale », *La Revue de l'IRES*, n°14, pp47-70.
- In Numeri (2012)**, *Marchés, emplois et enjeux énergétiques des activités liées à l'amélioration de l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2010-2011 – Prévisions 2012*, Etude réalisée pour l'ADEME.
- Lehr U., Nitsch J., Kratzat M., Lutz C., Edler D. (2008)**, « Renewable energy and employment in Germany », *Energy Policy*, Vol. 36, Issue 1, pp. 108-117.
- Leontief W. (1986)**, *Input-Output Economics*, Oxford University Press.

**Martin, J-C, Becuwe, S. (2014)**, « Regionalising the Results of a National Structural Decomposition Analysis of Greenhouse Gas Emissions: An Application to Aquitaine Region », *Environmental Modeling & Assessment*, Vol. 19, pp. 257-269.

**Miller E. et Blair M. (2009)**, *Input-Output Analysis, Foundations and Extensions*, Cambridge University Press.

**Muller A. (2006)**, « Putting decomposition of energy use and pollution on a firm footing - clarifications on the residual, zero and negative values and strategies to assess the performance of decomposition methods », Environmental Economics Unit (EEU), Department of Economics, Göteborg University.

**OCDE (2015)**, *Rapport accompagnant l'inventaire OCDE des mesures de soutien pour les combustibles fossiles*, Editions OCDE, Paris.

**Pasquier J.-L. (2012)**, « L'empreinte carbone de la consommation des Français : évolution de 1990 à 2007 », *Le Point sur*, Commissariat Général au Développement Durable, Service de l'observation et des statistiques, , n°114.

**Patuelli R., Nijkamp P., Pels E. (2005)**, « Environmental tax reform and the double dividend: A meta-analytical performance assessment », *Ecological Economics* 55(4): 564-583.

**Pearce D. (1991)**, « The role of carbon taxes in adjusting to global warming », *Economic Journal*, vol. 101, issue 407, pp. 938-48.

**Quirion P. (2013)**, « L'effet net sur l'emploi de la transition énergétique en France : Une analyse input-output du scénario négaWatt », *CIRED Working Paper*, n°2013-46.

**Scott M., Roop J., Schultz R., Anderson D., Cort K. (2008)** « The impact of DOE building technology energy efficiency programs on U.S. employment, income, and investment », *Energy Economics*, 2008, vol. 30, issue 5, pp. 2283-2301.

**Ministère de l'Ecologie, du développement durable et de l'énergie, Service des statistiques, (2015)**, *Bilan énergétique de la France pour 2014*.

**Wei M., Patadia S., Kammen D.M. (2010)**, « Putting renewable and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? », *Energy Policy*, 38: 919–931.

**Xu Y., Dietzenbacher E. (2014)**, « A structural decomposition analysis of the emissions embodied in trade », *Ecological Economics*, vol. 101, pp. 10-20.

## Tableau 2 : Décomposition du contenu en emploi

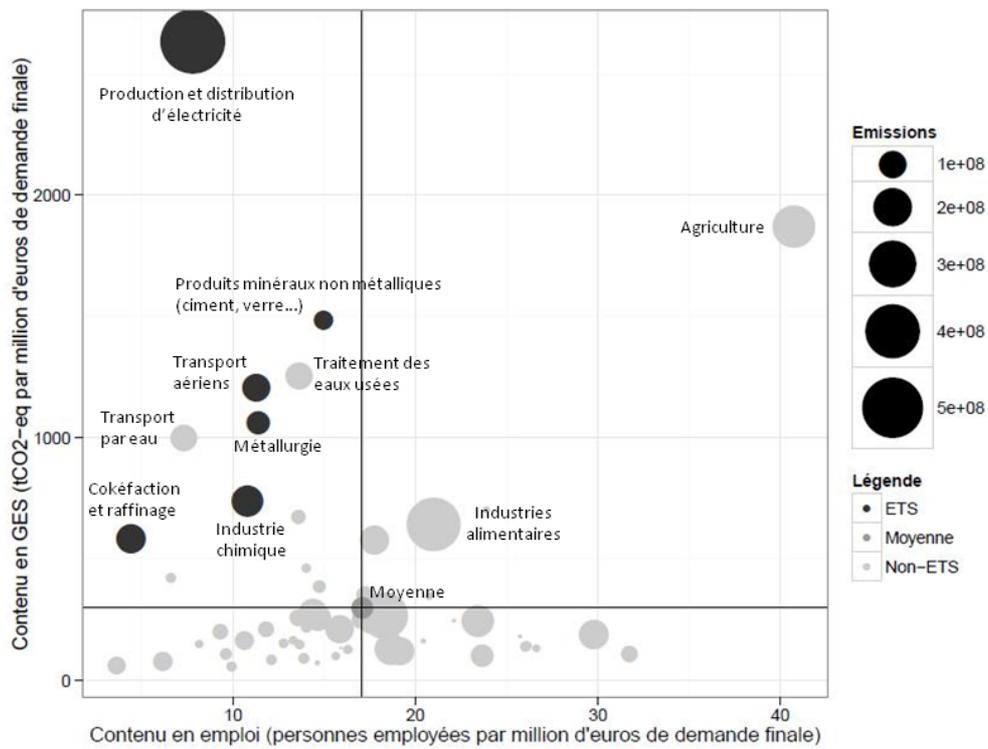
Code NACE	Intitulé	Contenu en ETP	ΔMF	ΔMI	ΔT	ΔL	ΔS
A01	Culture et production animale, chasse et services annexes	15.51	-1.49	-0.89	2.14	1.86	2.59
A02	Sylviculture et exploitation forestière	11.64	0.50	0.04	0.51	-2.49	1.94
A03	Pêche et aquaculture	11.65	-3.82	-1.07	-0.81	-0.56	6.91
C10-C12	Industries alimentaires; fabrication de boissons et de produits à base de tabac	11.34	-0.80	0.00	0.26	0.69	0.95
C13-C15	Fabrication de textiles, industrie de l'habillement, du cuir et de la chaussure	4.58	-6.15	-2.05	-0.39	0.78	0.81
C16	Travail du bois et fabrication d'articles en bois et en liège, à l'exception des meubles; fabrication d'articles en vannerie et sparterie	10.28	-2.18	-0.69	-0.21	1.18	0.97
C17	Industrie du papier et du carton	7.80	-0.66	-1.55	-0.70	0.85	-1.34
C18	Imprimerie et reproduction d'enregistrements	13.03	1.14	-0.69	-0.54	2.08	0.01
C19	Cokéfaction et raffinage	1.74	-1.53	-3.72	-2.06	-1.91	-2.93
C20	Industrie chimique	6.03	-0.24	-1.92	-0.83	0.06	-2.35
C21	Industrie pharmaceutique	5.25	-2.91	-1.07	-0.54	-0.13	-1.83
C22	Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	7.55	-1.94	-1.58	-0.51	1.10	-0.86
C23	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	8.57	-1.40	-0.53	-0.60	1.03	-1.09
C24	Métallurgie	6.36	-0.74	-2.02	-0.76	0.00	-1.51
C25	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	9.85	-0.63	-1.23	-0.31	1.85	-1.04
C26	Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques	4.76	-5.16	-1.55	-0.56	2.34	-1.72
C27	Fabrication d'équipements électriques	5.57	-2.74	-1.66	-0.56	1.21	-2.13
C28	Fabrication de machines et équipements n.c.a.	7.25	-1.84	-1.41	-0.43	0.74	-1.14
C29	Industrie automobile	5.28	-3.27	-1.81	-0.85	0.97	-1.42
C30	Fabrication d'autres matériels de transport	5.82	-0.68	-2.62	-0.95	1.08	-2.37
C31_C32	Fabrication de meubles; autres industries manufacturières	6.73	-5.05	-0.74	-0.28	0.49	0.78
C33	Réparation et installation de machines et d'équipements	9.76	0.65	-0.94	-0.12	1.77	-2.72
D	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	5.35	0.70	-1.23	-0.59	-1.47	-3.28
E36	Captage, traitement et distribution d'eau	8.29	0.90	0.30	-0.26	-2.75	-0.79
E37-E39	Collecte et traitement des eaux usées, gestion des déchets, dépollution	7.76	0.66	-0.21	0.15	0.32	-4.08
F	Construction	13.01	1.11	-0.29	-0.10	0.56	0.72
G45	Commerce et réparation d'automobiles et de motocycles	16.38	1.26	-0.02	0.25	1.69	2.09
G46	Commerce de gros, à l'exception des automobiles et des motocycles	10.61	1.00	0.19	-0.20	0.29	-1.75
G47	Commerce de détail, à l'exception des automobiles et des motocycles	18.27	1.34	0.43	0.09	0.92	4.37
H49	Transports terrestres et transport par conduites	13.76	0.96	-0.07	-0.28	1.74	0.20
H50	Transports par eau	8.39	0.87	0.07	-0.75	-1.22	-1.43
H51	Transports aériens	7.31	-0.53	-0.63	-0.80	1.77	-3.58
H52	Entreposage et services auxiliaires des transports	8.48	0.42	-0.09	-0.31	-0.42	-2.32
H53	Activités de poste et de courrier	21.04	0.85	0.59	0.97	6.16	1.34
I	Hébergement et restauration	17.14	1.29	0.32	0.27	1.01	3.38
J58	Édition	9.94	1.56	-0.20	-0.09	0.84	-3.21
J59_J60	Activités cinématographique, vidéo, production de programmes de télévision, activités de programmation et de diffusion	8.66	0.45	-0.07	0.17	-0.40	-2.54
J61	Télécommunications	6.42	0.56	0.03	-0.28	-2.51	-2.51
J62_J63	Programmation, conseil en informatique et autres services d'information	9.62	0.70	0.13	0.01	1.72	-4.36
K64	Activités des services financiers, hors assurance et caisses de retraite	7.56	0.14	0.20	-0.38	-0.36	-3.47
K65	Assurance	10.99	0.81	0.58	-0.61	2.08	-2.26
L	Activités immobilières	4.82	0.75	0.17	-0.55	-4.49	-2.28
M69_M70	Activités juridiques et comptables; activités	9.34	0.51	0.18	-0.12	1.17	-3.67

	des sièges sociaux; conseil de gestion						
M71	Activités d'architecture et d'ingénierie; activités de contrôle et analyses techniques	10.87	0.10	-0.09	-0.08	2.02	-2.39
M72	Recherche-développement scientifique	11.20	1.02	-0.02	0.04	2.55	-3.30
M73	Publicité et études de marché	13.54	1.13	0.23	-0.13	1.91	-0.60
M74_M75	Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques, activités vétérinaires	10.97	0.99	-0.10	-0.03	-0.53	-0.47
N77	Activités de location et location-bail	6.16	0.80	0.21	-0.07	-3.81	-1.93
N78	Activités liées à l'emploi	24.07	1.60	1.11	1.19	7.42	1.92
N79	Activités des agences de voyage, voyagistes, services de réservation et activités connexes	16.83	1.28	0.20	-0.06	1.30	3.13
N80-N82	Enquêtes et sécurité, activités administratives, services et aménagement paysager	16.48	1.21	0.11	-0.07	2.37	1.72
O	Administration publique	15.89	1.24	0.36	0.41	2.75	0.00
P	Enseignement	15.30	1.21	0.58	0.93	3.49	-2.32
Q86	Activités pour la santé humaine	14.07	1.13	0.11	0.24	-0.06	1.41
Q87_Q88	Hébergement médico-social et social et action sociale sans hébergement	28.05	1.77	1.28	1.61	6.66	6.32
R90-R92	Activités créatives, artistiques et de spectacle; bibliothèques, archives, musées et autres activités culturelles; organisation de jeux de hasard et d'argent	16.27	1.07	0.32	0.47	1.60	1.76
R93	Activités sportives, récréatives et de loisirs	13.88	1.15	0.24	0.25	0.77	0.44
S94	Activités des organisations associatives	22.86	1.55	0.65	0.52	5.09	4.22
S95	Réparation d'ordinateurs et de biens personnels et domestiques	13.32	1.12	-0.54	0.18	1.73	-0.38
S96	Autres services personnels	21.35	0.43	0.61	1.10	-3.53	10.92
	Moyenne de l'économie	11.00					

Lecture : Pour chaque branche, la différence de contenu en emploi entre la branche observée et la moyenne nationale peut être décomposée en cinq facteurs :

- $\Delta MF$  représente la part due aux différences, entre la branche observée et la moyenne, de taux d'importations de la demande finale
- $\Delta MI$  représente la part due aux différences de taux d'importations de consommations intermédiaires
- $\Delta T$  est la part dues aux différences de taxes et subventions dans la valeur ajoutée augmentée des « Impôts moins subventions sur les produits » (D21\_M\_D31) ;
- $\Delta L$  représente la part due aux différences des rémunérations du travail dans la valeur ajoutée moins les « autres impôts sur la production » (D29\_M\_D39) ;
- $\Delta S$  est la part due aux différences de salaire.

Figure IV : Contenu en GES et en emploi des 64 branches de l'économie européenne



Lecture : ce graphique représente le contenu en emploi et en émissions de GES pour l'ensemble des 27 pays de l'Union Européenne. Il est semblable à la figure II, à la différence près que l'unité en abscisse est le nombre de personnes employées, et non le nombre d'équivalent-temps plein, car ce dernier n'est pas disponible. Pour l'essentiel, les résultats sont très proches de la figure II. Une exception notable est le secteur électrique, beaucoup plus émetteur au niveau européen qu'au niveau français.

## Annexe 1 : Décomposition du contenu en emploi en produit de facteurs

On peut réécrire l'équation (8) en faisant apparaître des valeurs supplémentaires. L'idée est de faire apparaître des ratios intermédiaires significatifs. L'équation (8) peut être réécrite :

$$ce_i = \sum_j \frac{D_i^d}{D_i} \frac{P_{ji}^t}{D_i^d} \frac{P_{ji}^d}{P_j^d} \frac{VA_j^d}{VA_j^d} \frac{VA_j^{HT}}{VA_j^{HT}} \frac{COMP_j}{COMP_j} \frac{ETP_j}{COMP_j}$$

Avec

- $D_i$  la demande finale totale adressée à la branche  $i$  ;
- $D_i^d$  la demande finale hors importations de produits finaux, qui est adressée à la production intérieure dans la branche  $i$  ;
- $P_{ji}^t$  la production dans la branche  $j$  due à la demande finale adressée à la branche  $i$  (tel que  $\frac{P_{ji}^t}{D_i^d}$  soit égal au coefficient de l'inverse de la matrice de Leontief pour le TES total) ;
- $P_{ji}^d$  la production dans la branche  $j$  due à la demande finale adressée à la branche  $i$  (tel que  $\frac{P_{ji}^d}{D_i^d}$  soit égal au coefficient de l'inverse de la matrice de Leontief pour le TES intérieur) ;
- $P_j^d$  la production totale dans la branche  $j$  ;
- $VA_j^d$  la valeur ajoutée intérieure générée dans la branche  $j$ . Il convient de noter que l'on considère ici la valeur ajoutée au sens de la comptabilité nationale, augmentée des « Impôts moins subventions sur les produits » (D21\_M\_D31) ;
- $VA_j^{HT}$  la valeur ajoutée intérieure, déduction faite des taxes et subventions, générée dans la branche  $j$ . Pour obtenir  $VA_j^{HT}$  à partir de la valeur ajoutée brute  $VA_j^d$ , on déduit à la fois les « impôts moins subventions sur les produits » (D21\_M\_D31) et les « Autres impôts sur la production; impôts courants sur le revenu et le patrimoine; ajustement pour variation des droits des ménages sur les fonds de pension » (D29\_D5\_D8) ;
- $COMP_j$  les compensations salariales dans la branche  $j$  ;
- $ETP_j$  les ETPs dans la branche  $j$ .

On peut réarranger cette écriture

$$ce_i = \sum_j \frac{D_i^d}{D_i} \frac{P_{ji}^t}{D_i^d} \frac{VA_j^d}{P_j^d} \frac{P_{ji}^d}{P_{ji}^t} \frac{VA_j^{HT}}{VA_j^{HT}} \frac{COMP_j}{COMP_j} \frac{ETP_j}{COMP_j}$$

On peut alors remarquer que puisque  $\frac{P_{ji}^t}{D_i^d}$  est la production totale dans la branche  $j$  par unité de demande finale

adressée à la branche  $i$ , alors  $\frac{P_{ji}^t}{D_i^d} \frac{VA_j^d}{P_j^d}$  est la valeur ajoutée totale générée dans la branche  $j$  par unité de

demande finale adressée à la branche  $i$ . Toutefois, parler de valeur ajoutée totale implique l'hypothèse que le ratio VA/D calculé est le même en France et à l'étranger. Cependant, une autre façon d'aborder le problème permet de contourner cette hypothèse. On peut considérer ce que nous avons dénommé valeur ajoutée totale comme la valeur ajoutée potentielle qui existerait en France si aucune consommation intermédiaire n'était importée, c'est-à-dire si tout était produit localement. Cette vision d'une valeur ajoutée 'potentielle' reste valable même sans l'hypothèse d'homogénéité entre la France et l'étranger. On peut donc poser  $VA_{ji}^t$  tel que

$\frac{VA_{ji}^t}{D_i^d} = \frac{P_{ji}^t}{D_i^d} \frac{VA_j^d}{P_j^d}$ , c'est-à-dire que  $VA_{ji}^t$  est la valeur ajoutée potentielle totale générée dans la branche  $j$  par la

demande hors importations finales  $D_i^d$ .

En définissant de manière similaire  $VA_{ji}^d$  tel que  $\frac{VA_{ji}^d}{D_i^d} = \frac{P_{ji}^d VA_j^d}{D_i^d P_j^d}$ , on obtient que le ratio  $\frac{P_{ji}^d}{P_{ji}^t}$  peut se réécrire

$$\frac{\frac{P_{ji}^d VA_j^d}{D_i^d P_j^d}}{\frac{P_{ji}^t VA_j^d}{D_i^d P_j^t}} = \frac{VA_{ji}^d}{VA_{ji}^t}. \text{ Finalement, le contenu en ETP total peut donc s'écrire :}$$

$$ce_i = \sum_j \frac{D_i^d VA_{ji}^t VA_{ji}^d VA_j^{HT} COMP_j ETP_j}{D_i D_i^d VA_{ji}^t VA_j^d VA_j^{HT} COMP_j}$$

Enfin, comme certains ratios ne dépendent que de l'indice i ou de l'indice j, on peut réécrire que :

$$ce_i = \sum_j \left( \frac{D^d}{D} \right)_i \frac{VA_{ji}^t}{D_i^d} \frac{VA_{ji}^d}{VA_{ji}^t} \left( \frac{VA^{HT}}{VA^d} \right)_j \left( \frac{COMP}{VA^{HT}} \right)_j \left( \frac{ETP}{COMP} \right)_j$$

Cette suite de ratios suit la logique illustrée par la Figure 1 : une demande finale totale va susciter d'une part des importations de produits finaux, et d'autre part une demande hors importations finales qui est adressée à la production intérieure. La demande hors importations finales suscite une production dans d'autres branches (du fait des consommations intermédiaires) et donc la création de valeur ajoutée dans chaque branche. Une partie de cette valeur ajoutée est captée à l'étranger à cause des importations de produits intermédiaires. Dans la valeur ajoutée intérieure restante, une partie sert à payer des taxes ou provient de subventions. Enfin, la valeur ajoutée hors taxes et subventions rémunère le capital et les compensations salariales. Ces dernières servent à employer des travailleurs.

Examinons les ratios ainsi obtenus :

- $\left( \frac{D^d}{D} \right)_i$  représente la part de la demande totale adressée à la production intérieure. On peut également remarquer que comme la demande finale totale est égale à la somme des importations finales et de la demande moins les importations finales, le ratio peut se réécrire  $\left( \frac{D^d}{D} \right)_i = 1 - tm_i$ , avec  $tm_i$  le taux d'importations de produits finaux. On voit donc que ce ratio mesure le taux d'importations finales ;
- $\frac{VA_{ji}^t}{D_i^d}$  mesure la valeur ajoutée totale générée dans la branche j par unité de demande finale intérieure adressée à la branche i ;
- $\frac{VA_{ji}^d}{VA_{ji}^t} = 1 - tv$ , avec  $tv$  égal à la valeur ajoutée captée à l'étranger du fait des consommations intermédiaires importées rapportée à la valeur ajoutée totale générée.  $tv$  mesure donc le taux d'importations dans les consommations intermédiaires en termes de valeur monétaire ;
- $\left( \frac{VA^{HT}}{VA^d} \right)_j = 1 - \frac{\text{taxes-subventions}}{VA_{ij}^d}$  est égal à 1 moins le taux de taxes et de subventions dans la valeur ajoutée intérieure. Il permet donc de mesurer l'intensité de ces taxes et subventions ;
- $\left( \frac{COMP}{VA^{HT}} \right)_j$  représente la part du travail salarié dans la valeur ajoutée (puisque  $VA_j^{HT} = COMP_j + PR_j$  où  $PR_j$  représente les profits bruts).
- $\left( \frac{ETP}{COMP} \right)_j$  est égal à l'inverse du salaire. Il mesure donc le niveau des salaires.

Soit, en renommant ces ratios pour alléger l'écriture :

$$ce_i = \sum_j MF_i \cdot V_{ji} \cdot MI_{ji} \cdot T_j \cdot L_j \cdot S_j$$

$$\text{Où } MF_i = \left( \frac{D^d}{D} \right)_i ; V_{ji} = \frac{VA_{ji}^t}{D_i^d} = \frac{P_{ji}^d VA_j^d}{D_i^d P_j^d} ; MI_{ji} = \frac{VA_{ji}^d}{VA_{ji}^t} = \frac{P_{ji}^d}{P_{ji}^t} ; T_j = \left( \frac{VA^{HT}}{VA^d} \right)_j ; L_j = \left( \frac{COMP}{VA^{HT}} \right)_j ; S_j = \left( \frac{ETP}{COMP} \right)_j$$

On a ainsi pu décomposer le contenu en ETP comme somme de produits de ratios significatifs pour l'analyse.

Les grandeurs  $MF$ ,  $T$ ,  $L$  et  $S$  sont faciles à obtenir à partir du TES. Les coefficients  $V_{ji}$  et  $MI_{ji}$  s'obtiennent à partir des coefficients de l'inverse de la matrice de Leontief, égaux à  $\frac{P_{ji}}{D_i^d}$ .

Il convient maintenant de trouver une méthode pour extraire les informations présentes, afin de pouvoir déterminer la part de chaque paramètre dans le contenu en emploi d'une branche. Nous pourrions ainsi répondre à des questions du type : le contenu en emploi de telle branche est-il élevé du fait de salaires faibles, du petit nombre d'importations, des taxes élevées... ?

#### Pourquoi ne pas faire apparaître la production ?

L'utilisation des matrices de Leontief fait généralement apparaître la production. Nous aurions pu également l'inclure dans notre décomposition en travaillant avec une décomposition de la forme :

$$ce_i = \sum_j \frac{D_i^d}{D_i} \frac{P_{ji}^t}{D_i^d} \frac{VA_{ji}^t}{P_{ji}^t} \frac{VA_{ji}^d}{VA_{ji}^t} \frac{VA_j^{HT}}{VA_j^d} \frac{COMP_j}{VA_j^{HT}} \frac{ETP_j}{COMP_j}$$

Nous avons ici décomposé le terme  $VA/D$  de notre équation (9) en produit de deux termes :  $P/D$  et  $VA/P$ , représentant respectivement la production par unité de demande finale et la valeur ajoutée par unité de production. A première vue, cette nouvelle écriture peut sembler plus riche, car elle fait apparaître plus de paramètres.

Cependant, cette formulation présente un problème de corrélation avec l'autoconsommation des branches. En effet, toutes choses égales par ailleurs, une autoconsommation plus importante va augmenter la production par unité de demande finale (le terme  $P/D$ ), mais diminuer la valeur ajoutée par unité de production ( $VA/P$ ) ; en revanche, le ratio  $VA/D$  va rester constant (et donc, toutes choses égales par ailleurs, le nombre d'emplois). Ce problème de l'autoconsommation fait que la décomposition en deux termes donne des résultats très sensibles au choix – arbitraire – de la décomposition en branches de l'économie, ce qui n'est pas une propriété souhaitable. En outre, en menant les calculs avec les deux ratios, nous avons en effet constaté une corrélation très importante entre ces deux termes. Nous avons donc finalement choisi de ne pas faire apparaître la production, car ce ratio supplémentaire complexifie l'analyse pour un gain faible en termes de compréhension.

## Annexe 2 : Détermination de la moyenne

Pour mesurer l'écart du contenu en emploi de la demande finale entre et branche donnée et la moyenne de l'économie, nous allons considérer le contenu moyen en emploi en le définissant par :

$$ce_{i,m} = \sum_j MF_m \cdot V_{ji,m} \cdot MI_{ji,m} \cdot T_m \cdot L_m \cdot S_m$$

Avec :

- $MF_m = \frac{\sum_j D_j^d}{\sum_j D_j}$  est égal à l'ensemble de la demande finale hors importations finales divisé par l'ensemble de la demande finale totale.
- $V_{ji,m}$  est obtenu de manière plus indirecte, car il fait intervenir les coefficients techniques et une inversion de la matrice de Leontief.  $V_{ji,m}$  correspond à la valeur ajoutée par unité de demande finale adressée à l'économie intérieure, en moyenne. Pour obtenir une valeur ajoutée en fonction de la demande finale, on utilise généralement une formule similaire à l'équation (6), avec  $V = VA_{m,diagonalisé} * Q_m$ . Le problème est qu'il faut définir des valeurs moyennes pour les matrices  $VA_{m,diagonalisé}$  (la valeur ajoutée par unité de production) et  $Q_m$  (la production moyenne par unité de demande finale).

Pour  $VA_{m,diagonalisé}$ , on peut prendre pour chaque terme diagonal, la valeur moyenne  $vam = \frac{\sum \text{valeurs ajoutées brutes}}{\sum \text{productions totales (ou potentielles)}}$ .

Pour  $Q_m$ , qui est l'inverse de la matrice de Leontief, quelle valeur choisir ? Tout d'abord, on peut remarquer que si l'on suppose un coefficient technique moyen, donc une matrice  $A_m$  des coefficients techniques avec un terme constant égal à  $a$ , alors la matrice  $Q_m = (I - A_m)^{-1}$  sera une matrice symétrique, avec un terme diagonal constant égal à  $\frac{1-(N-1)a}{1-Na}$  et N-1 termes non diagonaux constants égaux à  $\frac{a}{1-Na}$  (on peut faire le produit de  $I - A$  par cette matrice pour s'en assurer).

Une telle matrice  $Q_m$  a pour somme, pour chaque colonne  $j$ ,  $S = \frac{1}{1-Na}$ . En posant que

$$N \cdot S = \frac{N}{1-Na} = \frac{\sum \text{Productions totales dans la branche } i}{\sum \text{Demandes finales adressées à la branche } i \text{ pour l'économie domestique}}$$

On peut en déduire le coefficient  $a$ , et donc  $Q_m$ , et ainsi déterminer les  $V_{ji,m}$  grâce à la formule  $V = VA_{m,diagonalisé} * Q_m = VA_{m,diagonalisé} * (I - A_m)^{-1}$ .

On peut ainsi calculer que  $V_{ji,m}$  est égal à  $\frac{a}{1-Na} \cdot vam$  si  $i \neq j$  et  $\frac{1-(N-1)a}{1-Na} \cdot vam$  si  $i = j$ .

- Pour obtenir les  $MI_{ji,m}$ , on vu dans la partie précédente que ces termes sont égaux au rapport des coefficients des matrices inverses de Leontief pour les productions intérieures et totales.

$MI_{ji,m}$  est donc égal à  $\frac{a^d}{1-Na^d} / \frac{a}{1-Na}$  si  $i \neq j$  et  $\frac{1-(N-1)a^d}{1-Na^d} / \frac{1-(N-1)a}{1-Na}$  si  $i = j$ . On peut d'ailleurs remarquer que le produit  $V_{ji,m} \cdot MI_{ji,m} = \frac{a^d}{1-Na^d} \cdot vam$  si  $i \neq j$  et  $\frac{1-(N-1)a^d}{1-Na^d} \cdot vam$  si  $i = j$ , de telle sorte que  $\sum_j V_{ji,m} \cdot MI_{ji,m} = \sum_i V_{ji,m} \cdot MI_{ji,m} = \frac{1}{1-Na^d} \cdot vam$ . Autrement dit, un euro de demande finale génère, dans notre moyenne, une valeur ajoutée égale à  $vam$  multipliée par un coefficient  $\frac{1}{1-Na^d} > 1$  qui correspond au multiplicateur entre demande et production.

- $T_m = \frac{\sum_j VA_j^{HT}}{\sum_j VA_j}$ . C'est la somme des valeurs ajoutées augmentées des « Impôts moins subventions sur les produits » (D21\_M\_D31) et retranchées des taxes et subventions, divisé par la somme des valeurs ajoutées augmentées des « Impôts moins subventions sur les produits ».
- $L_m = \frac{\sum_j COMP_j}{\sum_j VA_j^{HT}}$ . On divise la somme des compensations salariales par la somme des valeurs ajoutées nettes, afin d'obtenir la part moyenne des salaires et cotisations salariales dans la valeur ajoutée nette.
- $S_m = \frac{\sum_j ETP_j}{\sum_j COMP_j}$ . On divise le nombre total d'ETP de l'économie par la somme des compensations salariales versées.

Enfin, on peut vérifier qu'on a ainsi obtenu un contenu en emploi moyen  $ce_{i,m}$  tel que :

$$ce_{i,m} = \sum_j MF_m \cdot V_{ji,m} \cdot MI_{ji,m} \cdot T_m \cdot L_m \cdot S_m$$

En effet,

$$ce_{i,m} = MF_m \cdot \left( \sum_j V_{ji,m} \cdot MI_{ji,m} \right) \cdot T_m \cdot L_m \cdot S_m$$

$$ce_{i,m} = \frac{\sum_j D_j^d}{\sum_j D_j} \cdot \left( \sum_j V_{ij,m} \cdot MI_{ij,m} \right) \cdot \frac{\sum_j VA_j^{HT}}{\sum_j VA_j} \cdot \frac{\sum_j COMP_j}{\sum_j VA_j^{HT}} \cdot \frac{\sum_j ETP_j}{\sum_j COMP_j}$$

$$ce_{i,m} = \frac{\sum_j D_j^d}{\sum_j D_j} \cdot \left( \frac{P}{D^d} \right)_m \cdot \frac{\sum_j VA_j}{\sum_j P_j} \cdot \frac{\sum_j VA_j^{HT}}{\sum_j VA_j} \cdot \frac{\sum_j COMP_j}{\sum_j VA_j^{HT}} \cdot \frac{\sum_j ETP_j}{\sum_j COMP_j}$$

Où  $\left( \frac{P}{D^d} \right)_m$  est la production générée par unité de demande finale pour la matrice moyenne  $Q_m$ .

### Annexe 3 : Clé de ventilation et décomposition LMDI

Ainsi, pour une branche donnée  $i$ , l'écart entre le contenu en ETP de cette branche et le contenu en ETP moyen vaut :

$$ce_i - ce_{i,m} = \sum_j MF_i \cdot V_{ji} \cdot MI_{ji} \cdot T_j \cdot L_j \cdot S_j - \sum_j MF_m \cdot V_{ji,m} \cdot MI_{ji,m} \cdot T_m \cdot L_m \cdot S_m$$

On peut alors détailler la part de chacun de ces facteurs en utilisant des méthodes de décomposition d'index. Une dernière étape est toutefois nécessaire. En effet, le coefficient de valeur ajoutée ne nous paraît pas un facteur d'explication au même titre que les autres. On comprend bien que le contenu en emploi puisse être plus élevé du fait d'importations finales (MF) ou intermédiaires (MI), de taxes (T), d'une forte part du travail dans la valeur ajoutée (L) ou de salaires faibles (N). Mais que signifie une forte valeur ajoutée par unité de demande finale ? On peut mieux voir l'effet de ce paramètre en observant la Figure 1. Ce coefficient  $V$  joue en fait le rôle de clé de ventilation : le contenu en emploi d'une branche sera élevé si qu'elle fait beaucoup appel à des branches présentant peu d'importations, des salaires faibles, etc.

Ce rôle peut être également vu si l'on cherche à comparer deux branches directement. On obtiendrait alors une formule de la forme :

$$ce_i - ce_k = \sum_j MF_i \cdot V_{ji} \cdot MI_{ji} \cdot T_j \cdot L_j \cdot S_j - MF_k \cdot V_{jk} \cdot MI_{jk} \cdot T_j \cdot L_j \cdot S_j$$

Les  $T_j$ ,  $L_j$  et  $S_j$  étant identiques, une méthode de décomposition d'index attribuerait tout leur apport via l'indice  $V_{ji}$ . Ce qui suit une certaine logique : étant donné les taxes, parts du travail dans la valeur ajoutée et salaires, toute la variation du contenu en emploi peut être expliquée par la répartition de la valeur qui est faite entre ces branches lors du processus de production. Afin de distinguer séparément l'effet de chacun des termes  $T_j$ ,  $L_j$  et  $S_j$ , il nous faut donc réécrire la formule précédente. Partant de l'idée que  $V_{ji}$  joue le rôle de clé de répartition, nous la distribuons sous forme géométrique entre les quatre facteurs qui suivent. On décompose alors le contenu en ETP d'une branche  $i$  sous la forme :

$$ce_i = \sum_j MF_i \cdot (V_{ji}^{1/4} \cdot MI_{ji}) \cdot (V_{ji}^{1/4} \cdot T_j) \cdot (V_{ji}^{1/4} \cdot L_j) \cdot (V_{ji}^{1/4} \cdot S_j)$$

Le contenu en emploi est ainsi décomposé sous la forme de quatre facteurs. On retrouve l'idée que le contenu en ETP d'une branche sera élevé si cette branche fait beaucoup appel (en termes de valeur ajoutée) à des branches aux importations faibles, aux taxes limitées, à des branches intensives en main-d'œuvre ou ayant des salaires faibles.

On peut alors comparer le contenu en ETP de chacune des branches  $i$  avec la moyenne. La différence entre les deux s'écrit :

$$ce_i - ce_{i,m} = \sum_j MF_i \cdot (V_{ji}^{1/4} \cdot MI_{ji}) \cdot (V_{ji}^{1/4} \cdot T_j) \cdot (V_{ji}^{1/4} \cdot L_j) \cdot (V_{ji}^{1/4} \cdot S_j) - \sum_j MF_m \cdot (V_{ji,m}^{1/4} \cdot MI_{ji,m}) \cdot (V_{ji,m}^{1/4} \cdot T_m) \cdot (V_{ji,m}^{1/4} \cdot L_m) \cdot (V_{ji,m}^{1/4} \cdot S_m)$$

En utilisant la méthode LMDI (Logarithm Mean Divisia Index) de décomposition d'indice développée par Ang (2005), on peut transformer cette différence en somme de terme traduisant l'apport de chaque facteur :

$$ce_i - ce_{i,m} = \Delta MF_i + \Delta MI_i + \Delta T_i + \Delta L_i + \Delta S_i$$

Il est ainsi possible de déterminer l'impact des différents facteurs dans la composition et le niveau du contenu en ETP. On peut donc répondre à la question : pourquoi le contenu en emploi d'une branche est-il élevé ? Est-ce du fait d'importations finales ou intermédiaires faibles, de taxes faibles, d'une forte part du travail dans la valeur ajoutée, ou de salaires bas ?

## Annexe 4 : décomposition LMDI

Pour chaque branche  $i$ , nous avons réalisé une décomposition structurelle, c'est-à-dire une décomposition mobilisant les informations des tableaux entrées-sorties. L'originalité de l'approche est de chercher ici à comprendre les différences entre chaque branche et la moyenne de l'économie, plutôt que d'analyser une évolution temporelle.

Plusieurs méthodes sont disponibles pour analyser l'impact de chaque terme dans la décomposition entre contenu en emploi d'une branche et contenu en emploi de la moyenne de l'économie présentée dans l'équation (10). Le choix de la méthode n'est jamais neutre, puisqu'il influe sur les résultats de la décomposition (Hoekstra et Van Der Bergh, 2003). La méthode couramment employée est celle dite "LMDI" (Logarithm Mean Divisa Index) développée par Ang (2005) et présentée comme la meilleure décomposition par le même auteur (2004), notamment pour le fait qu'elle ne présente aucun terme résiduel. Cependant, nous utiliserons cette méthode principalement pour les raisons avancées par Muller (2006): le fait qu'aucun résidu apparaisse n'est pas la preuve d'une bonne méthode de décomposition, car ce résidu peut être distribué de façon arbitraire ou incorrecte et fausser les résultats ; en revanche la méthode LMDI semble fournir la meilleure décomposition pour un grand nombre de fonctions, et notamment pour les fonctions les plus usuelles.

Cette méthode LMDI permet de décomposer l'évolution d'un produit, c'est-à-dire de faire passer une différence de la forme :

$$ce_i - ce_{i,m} = \sum_j MF_i \cdot MI_{ji} \cdot T_j \cdot L_j \cdot S_j - \sum_j MF_m \cdot M_{ji,m} \cdot T_m \cdot L_m \cdot S_m$$

A une écriture additive de la forme :

$$ce_i - ce_{i,m} = \Delta MF_i + \Delta MI_i + \Delta T_i + \Delta L_i + \Delta S_i$$

Où chaque terme représente la part d'un coefficient à l'évolution globale du contenu en emploi  $ce_i$  de la branche  $i$ , avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta MF_i = \sum_j w_i \ln \left( \frac{MF_i}{MF_m} \right) \\ \Delta MI_i = \sum_j w_i \ln \left( \frac{MI_{ji}}{MI_m} \right) \\ \Delta T_i = \sum_j w_i \ln \left( \frac{T_j}{T_m} \right) \\ \Delta L_i = \sum_j w_i \ln \left( \frac{L_j}{L_m} \right) \\ \Delta S_i = \sum_j w_i \ln \left( \frac{S_j}{S_m} \right) \\ w_i = \frac{ce_i - ce_{i,m}}{\ln(ce_i) - \ln(ce_{i,m})} \end{array} \right.$$

Comme mentionné précédemment, cette méthode présente la particularité de distribuer les résidus entre les différents facteurs. Comme cette distribution reste arbitraire et inconnue, il convient de vérifier que la taille des résidus n'est pas trop importante. Pour ce faire, on compare la méthode LMDI à une autre méthode. Par exemple, en utilisant la méthode des trapèzes telle que définie par Muller (2006), on peut se faire une idée. On peut alors vérifier que les résidus sont de second ordre par rapport au terme principal pour toutes les branches pour lesquelles la méthodologie s'applique (c'est-à-dire toutes les branches correspondant aux codes B, K66, L68A et T dans la nomenclature NACE Rév. 2).