

Report of the results : carbon accounting and choice of indicators

Léa Settepani

2022-07-29

The primary goal of carbon accounting is to establish a measure of how much greenhouse gases (GHG) are emitted by which actors. The level can be regional (comparing groups of countries), national (comparing countries), sectoral (comparing products or aggregate sectors) or individual (comparing firms for example). Beyond the methodological concerns, it is important to state what the use of these indicators is. It is both a descriptive and a normative question. On the one hand, the need for action against climate change commands to have a clear view of the global situation. Hence the need for accurate measurements of carbon emissions as a descriptive concern. On the other hand, this situation also requires to identify policy strategies to avoid dramatic consequences on ecosystems. Hence the normative concern and the need to identify whom should take actions. This second question relates to the question of responsibility and is much less easy to solve: responsibility is preceded by ethics and morals, and triggers corrective actions as consequences. This makes social and political acceptability crucial. The contribution of research in this debate is at the core of the question in order to legitimate carbon accounting measures.

This report rather situates itself on descriptive grounds. It includes a summary of the state of the art in terms of approaches and methods, as well as the computations of three indicators.

intro meta sur la question de la resp, contextualiser rappel des concepts et la problématique

Litterature review (carbon accounting methods)

This litterature review aims at presenting the various methods that can be used for carbon accounting, with the underlying question of how to use them to solve market failures (externalities).

Description of the empirical strategy

The data

Exiobase data was used within an input-output model. The year 2015 was chosen to do all computations and conclusions in this report. The level of aggregation chosen for the source data is input-output tables at the product level, not at the industry level. The matrices used are those about total production (X), final demand (Y), the classic input-output table of intermediate consumptions (Z) and the satellite matrix containing emissions of GHG (F).¹

Economic and demographic data from Eurostat was added to custom the indicators and graphs and allow to draw conclusions more easily. Namely, GDP per capita² and population³ were recovered from Eurostat.

¹The folder "IOT_2015_pxp" was downloaded from <https://zenodo.org/record/4588235#.YuPa7RzP02x>.

²SDG_08_10

³TPS00001

Method and indicators

Formulas: from the input-output model to carbon accounting

The Leontief matrix (A) is computed by the usual formula $A = Z\hat{X}^{-1}$ (Z is the square matrix of intermediate consumptions and X is the total production vector). So A is the square⁴ matrix of technical coefficients since it gives the amount of direct inputs needed to produce one unit of output. The Leontief inverse L is obtained by $L = (I - A)^{-1}$. It is the matrix of total requirements: the amount of direct and indirect inputs needed to produce one unit of output.

We can find back the accounting equality $X = LY$ where Y is final demand⁵. We can also find the vector of value-added by subtracting inputs from production ($V = X - Z\mathbf{1}$ where $\mathbf{1}$ is a vector of 1).

This is the basis of the computations to find the indicators of environmental impact. The emissions coefficients⁶ for the producer (S) are obtained by dividing total emissions by the value of production: $S = FX^{-1}$. For the value-added approach, which is also a producer approach, the production vector is replaced by the value-added vector ($S_{VA} = FV^{-1}$). The emissions coefficients for the consumer (M) are obtained by multiplying the producer's coefficients by the Leontief inverse: $M = SL$. According to this formula, the consumer (or demand) coefficients take into account the imported emissions of each sector.

To obtain the total emissions attributed to the producer or to demand, the emissions coefficients are multiplied by the corresponding economic volume: $S_{volume} = S\hat{X}$, $S_{VA,volume} = S\hat{V}$ and $M_{volume} = M\hat{Y}$ (\hat{Y} is the vector of the contribution of each sector to final demand)⁷.

The six main variables of interest in this report are the emissions coefficients (S, S_{VA}, M) and the volume of emissions ($S_{volume}, S_{VA,volume}, M_{volume}$).

The resulting indicators

Two indicators, the volume of emissions associated to production and to value-added, are equal because they are computed in the same way (as mentioned in the previous section).

However, the emissions coefficients of production and value-added are different. Mechanically (since value-added < production) wealth creation is more emissions-intensive than production.

Visualisation and analysis of the results

These indicators are first computed at the global scale to set the context. Because emissions of GHG are a global externality, it is important to start by looking how they are allocated across the world. Then they are computed for each european country (EU28).

The global scale (setting the big picture)

QUELLE REPARTITION ENTRE REGIONS CHOISIR ??

(DIFFERENCE ENTRE DEMANDE ET VA = STOCKS ?)

Countries that produce (and demand) the most are the US and China, followed by other Asian countries and EU. When looking at aggregate world regions, Asia (including China) has by far the largest environmental

⁴ X is diagonalized so that \hat{X} is a square matrix

⁵The value of production is the sum of the value of inputs and of final demand

⁶quote literature that talks about "emissions coefficients"

⁷It is the sum of all sectors across components of final demand multiplied by the transposed matrix of the share of these sectors in each component of the final demand.

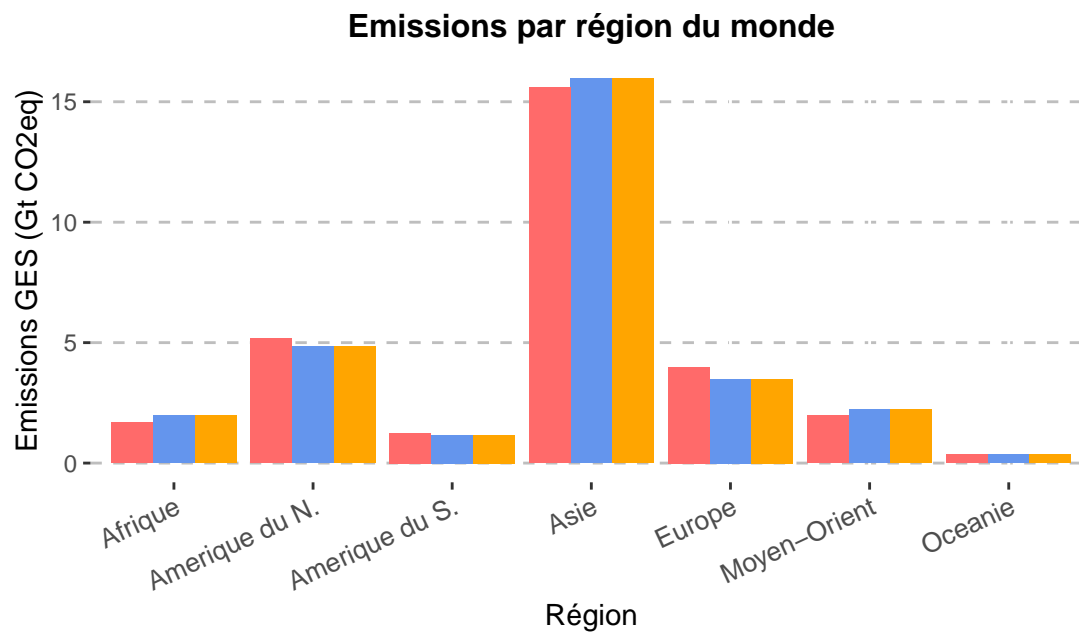
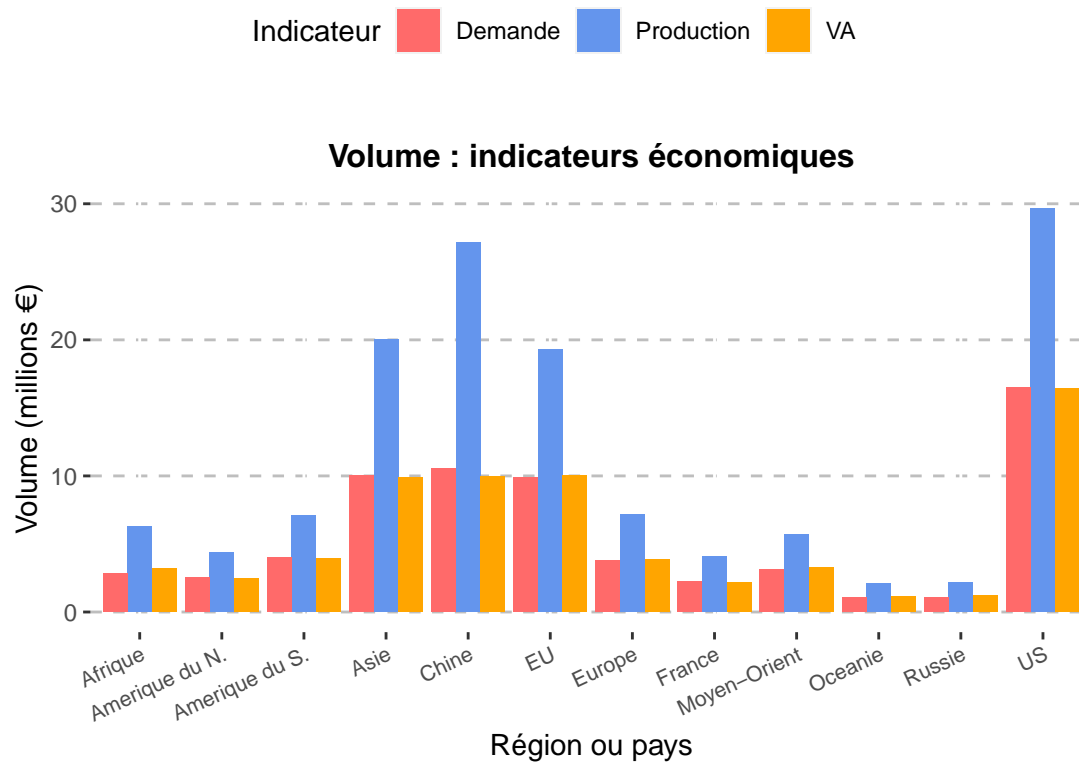


Figure 1: A CHANGER SELON CHOIX REGIONS

impact: three times as large as the second largest impact (North America). The smallest impact is attributed to Oceania (and the second smallest to South America).

Regions can be divided into two groups: net exporters of GHG emissions (Africa, Asia, Middle East) and net importers of GHG emissions (America and Europe) ⁸.

Inequalities in environmental impact are larger with PBE (or VBA) than with CBA. But regardless of the approach chosen, the attribution of responsibility preserves the same ranking across regions.

The repartition between sectors is very different because the sectors that produce (and demand) the most are not those with the largest impact.

The sector producing and demanding the most is “PRODUITS MANUFACTURES”, but “ELECTRICITE, GAZ ET EAU” has the largest environmental impact (coming from the fact that in this sector each unit of production is much more emissions-intensive). However, “PRODUITS MANUFACTURES” still has the largest environmental impact in CBA, and the second largest in CBA. “TRAVAUX DE CONSTRUCTION” and “ELECTRICITE, GAZ ET EAU” come next in CBA, with impacts half as large (4 Gt CO₂eq) as “PRODUITS MANUFACTURES” (8 Gt CO₂eq). Transports and the primary sector (“PRODUITS AGRICOLES ET FORESTIERS”, “PRODUITS D’EXTRACTION” and “PRODUITS DE LA PECHE ET DE L’AQUACULTURE”) also have relatively high environmental impacts (2 to 3 Gt CO₂eq) in PBA while services have low impacts. In CBA, the primary and tertiary sectors range from 0 to 2 Gt CO₂eq, with not particular pattern.

One feature that is similar to the regional approach above is that impacts are more uneven in the PBA and VBA approaches than in CBA.

The value-added-based indicator can be decomposed into several components. This allows to see which production factors contribute the most to GHG emissions.

Capital is usually the largest contributor. Only in three instance does the capital amount for (slightly) less than half of the emissions created: “ELECTRICITE, GAZ ET EAU”, “PRODUITS D’EXTRACTION” and “SERVICES IMMOBILIERS, DE LOCATION ET AUX ENTREPRISES”. In the two latter cases, the share of taxes in VA is remarkably large (more than 1/4)

Focus on Europe and the European Union ⁹

SECTEURS EUROPE SEULEMENT SI GROSSE DIFFERENCE AVEC MONDE

```
## # A tibble: 2 x 4
##   binaire agg.demande_impact agg.producteur_impact agg.VA_impact
##   <chr>          <dbl>          <dbl>          <dbl>
## 1 EU              3.58              3.07              3.07
## 2 Reste           26.4              27.0              27.0
```

Avant de détailler comment se répartissent les impacts environnementaux au sein de l’Union Européenne, on situe celle-ci par rapport au reste du monde.

L’impact en gaz à effets de serre de l’Union Européenne est bien moindre que celui du reste du monde (RDM), quel que soit l’indicateur choisi. L’impact de la demande du RDM est 7 fois plus élevé que celui de la demande européenne, l’impact de la production du RDM est 9 fois plus élevé que celui de la production européenne, l’impact des revenus du RDM est plus de 3 fois supérieur à celui des revenus européens.

Stylized facts at the european scale

Dans l’Union Européenne, la plupart des pays sont nets demandeurs d’émissions. L’Union dans son ensemble est également nette demandeuse d’émissions (le reste du monde produit plus d’émissions qu’il n’en demande).

⁸Oceania’s situation is roughly balanced.

⁹UK is included

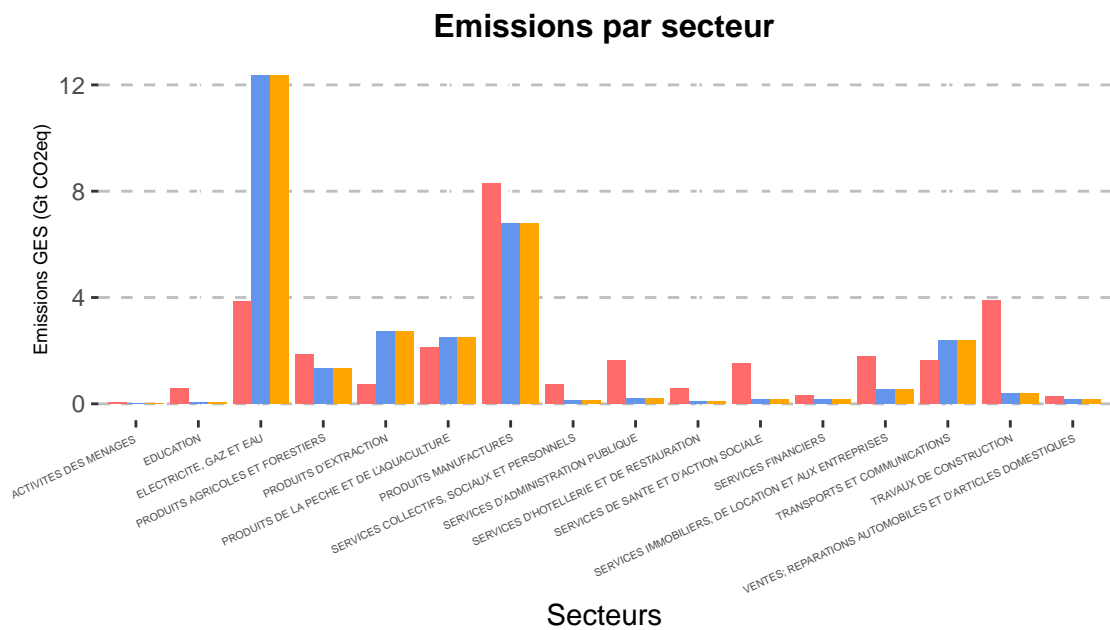
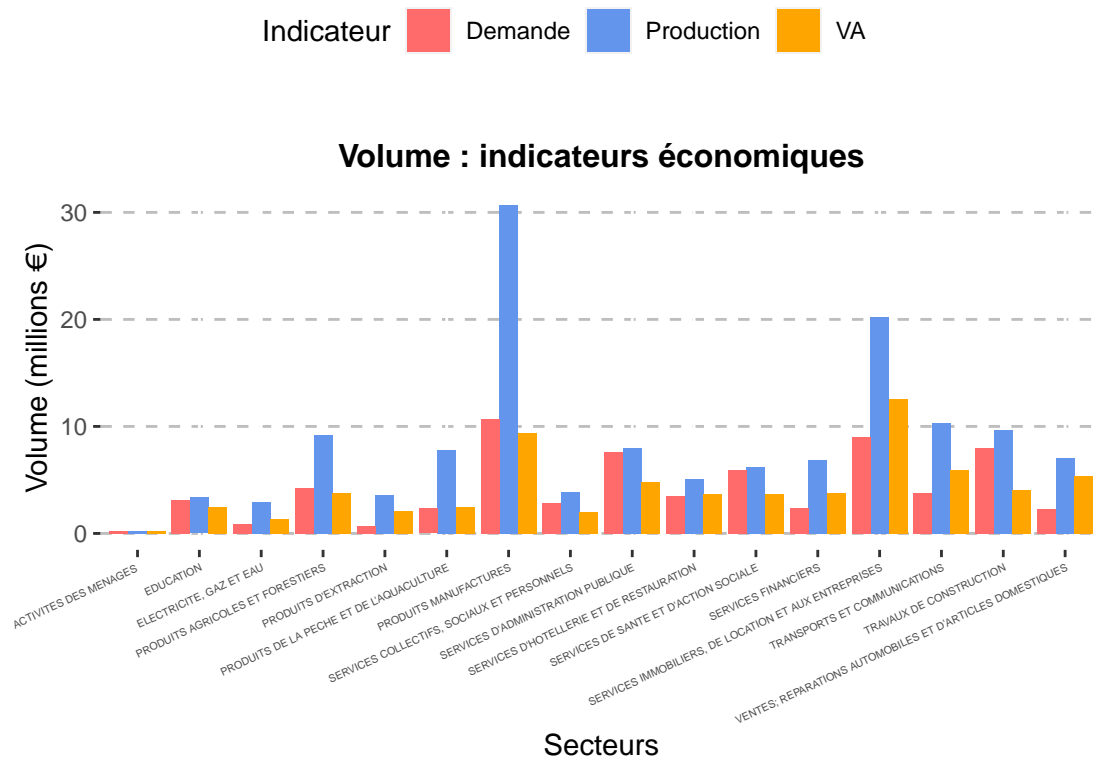


Figure 2: Des inégalités d'impacts qui varient selon l'approche choisie

Rémunération de : Taxes Travail Capital (net) Capital (dépréciation)

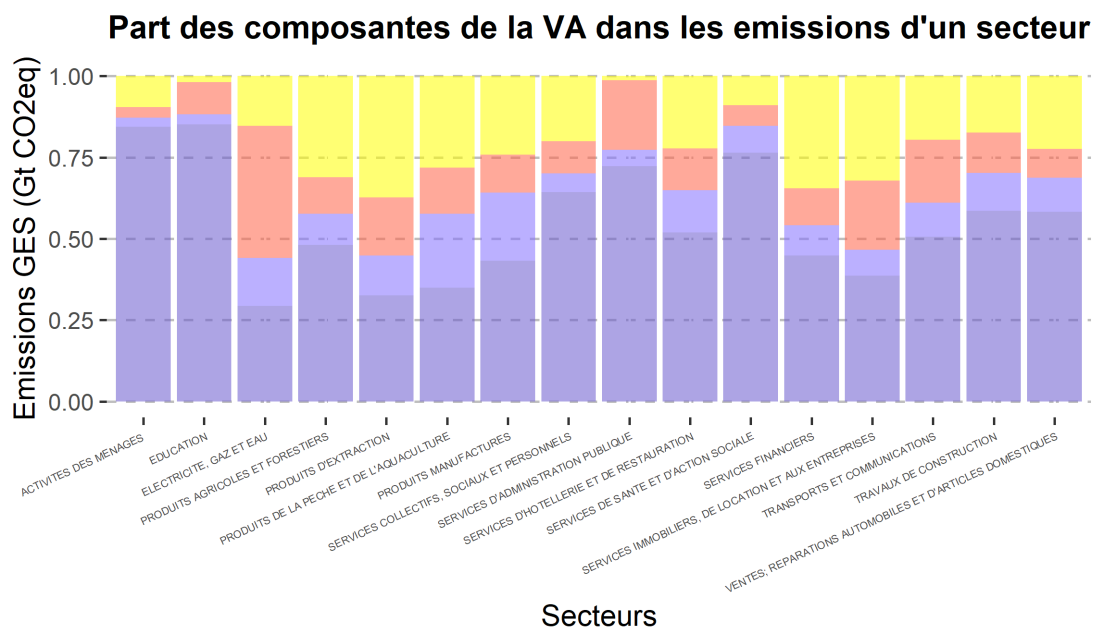
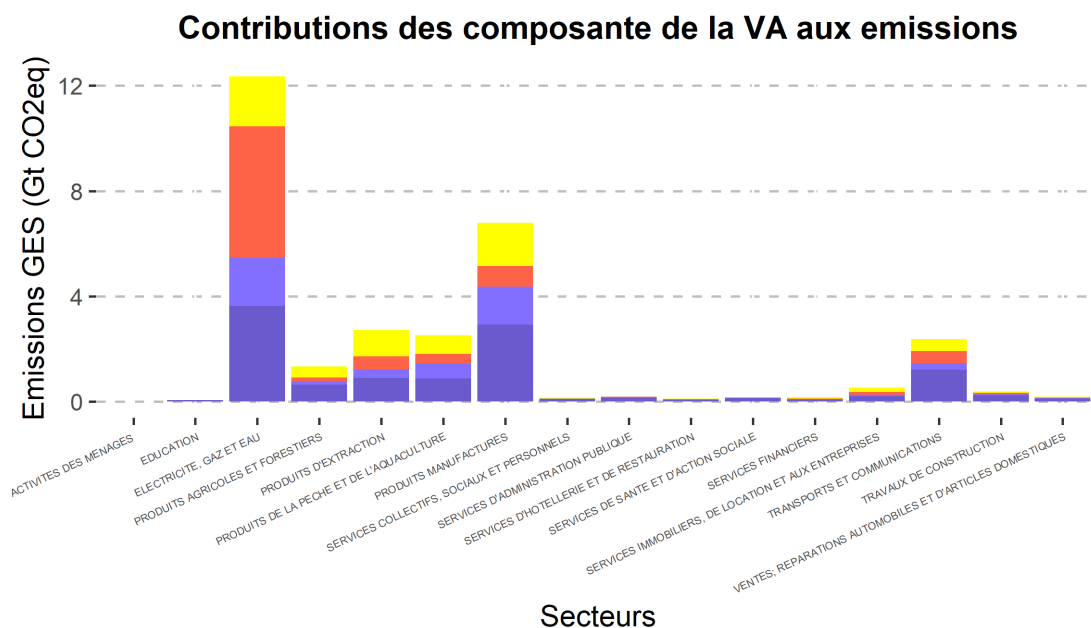


Figure 3: Des inégalités d'impacts qui varient selon l'approche choisie

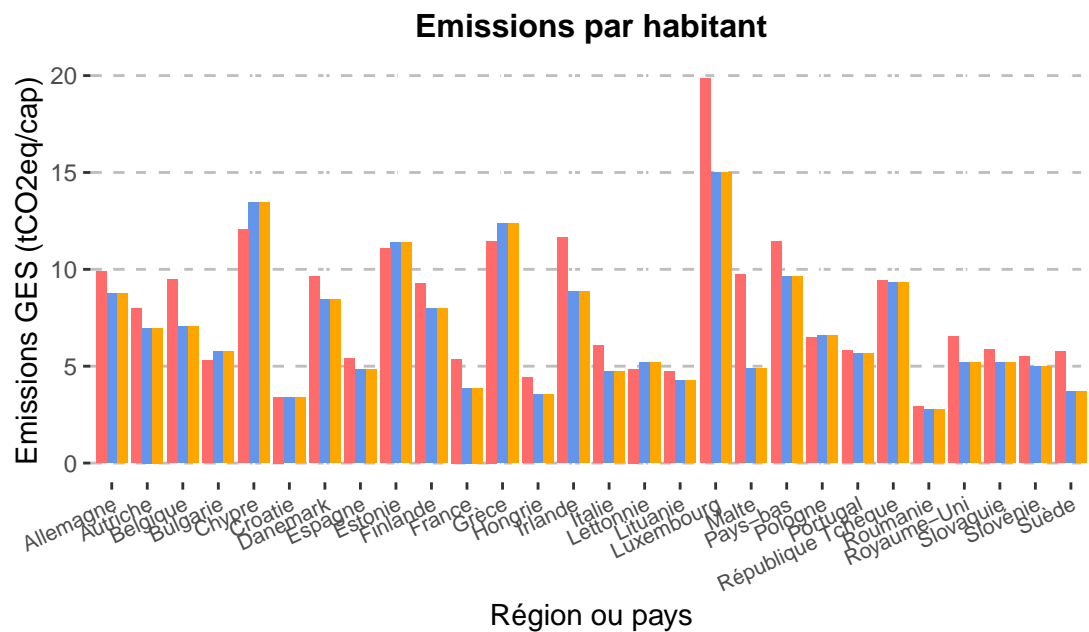
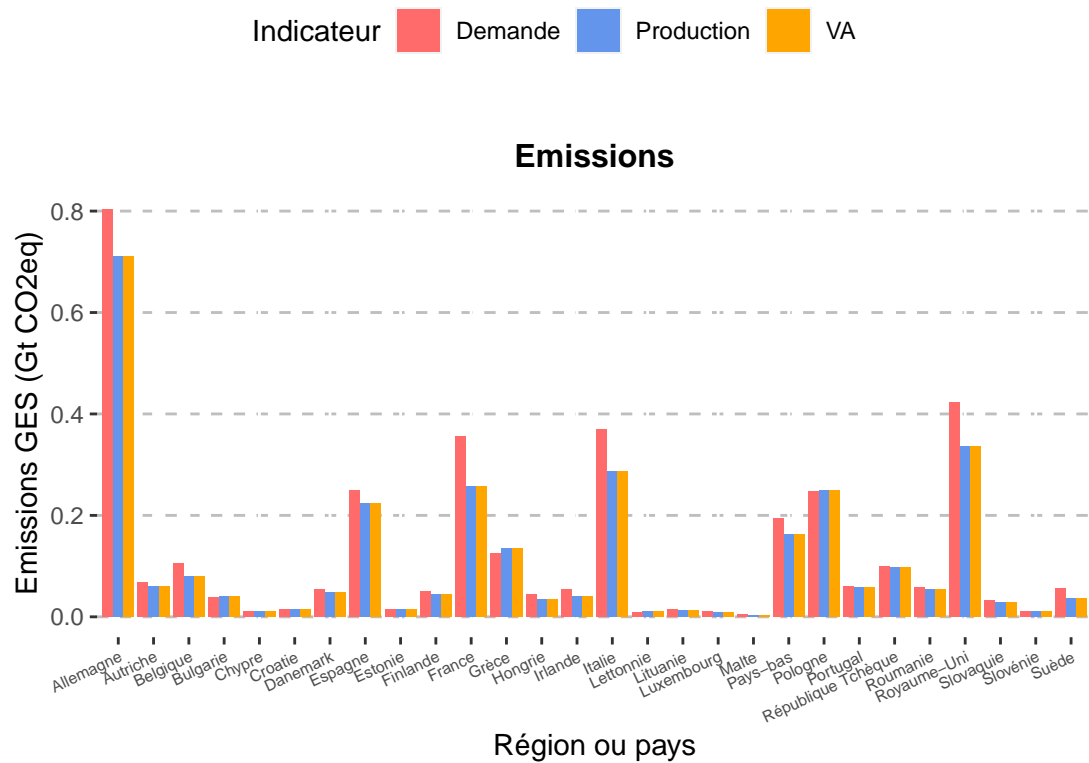
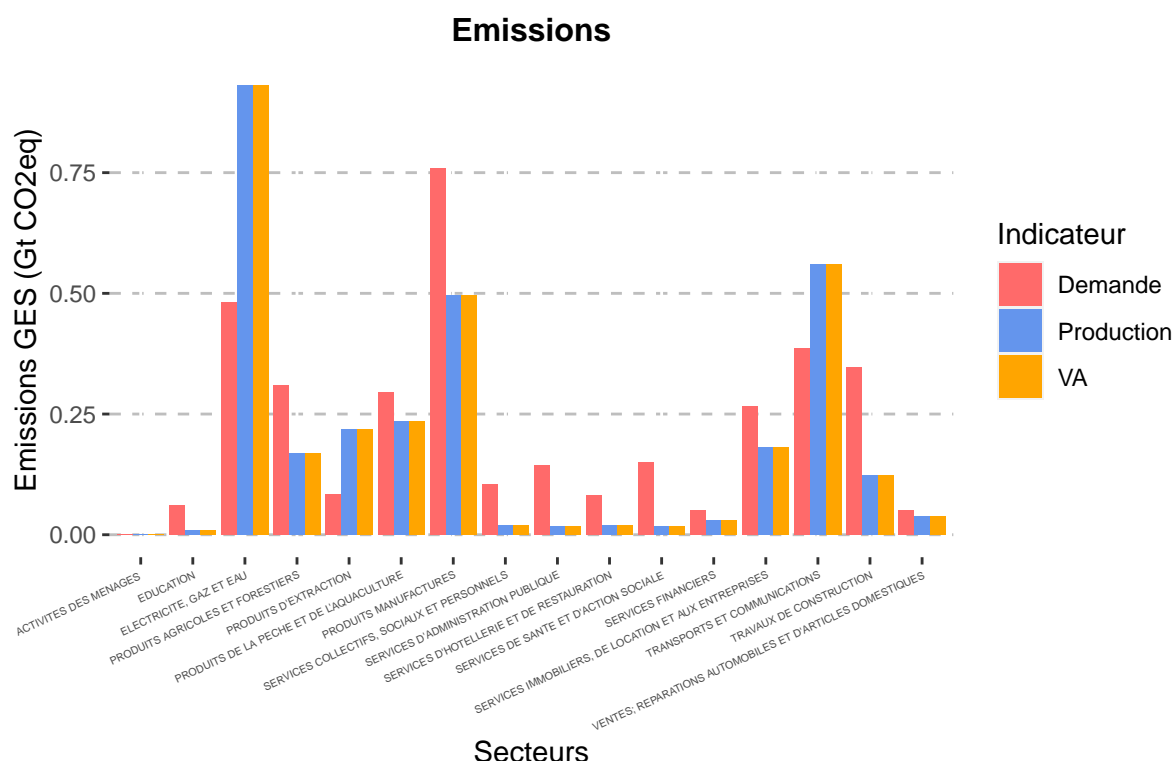


Figure 4: D'importantes disparités

Certains pays européens sont nets producteurs (la Bulgarie, Chypre, l'Estonie, la Grèce, la Pologne, le Portugal, la République Tchèque) mais la différence n'est flagrante que pour quatre d'entre eux.

L'Allemagne a de loin le plus fort impact selon les trois approches.

Les petits pays et certains pays d'Europe du Nord ont le plus faible impact (Chypre, Malte, le Luxembourg, la Croatie, l'Estonie, la Lettonie, la Lituanie).

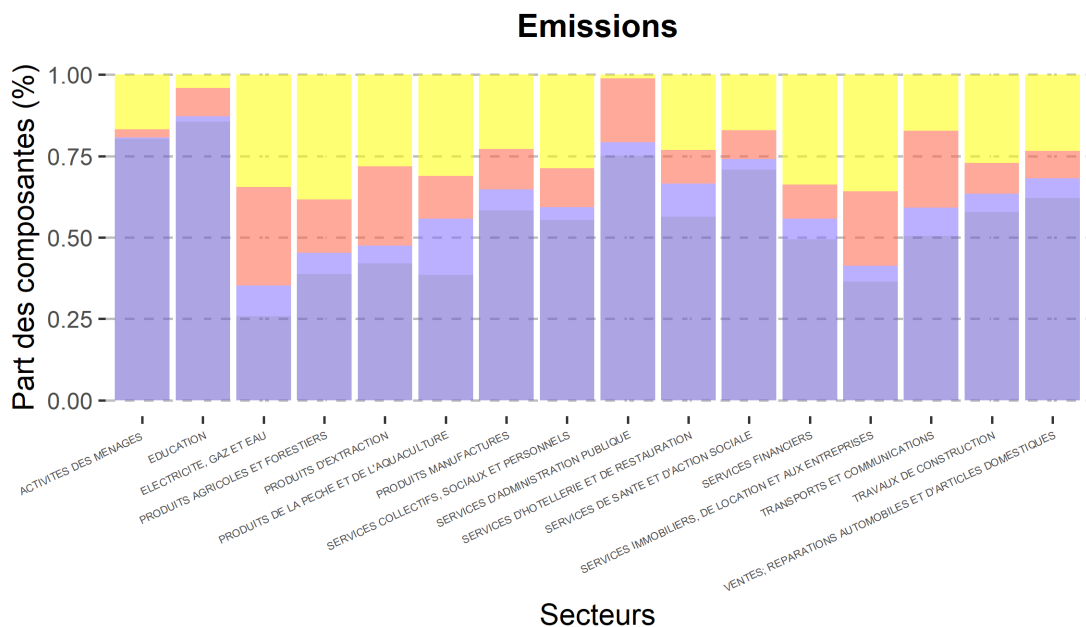
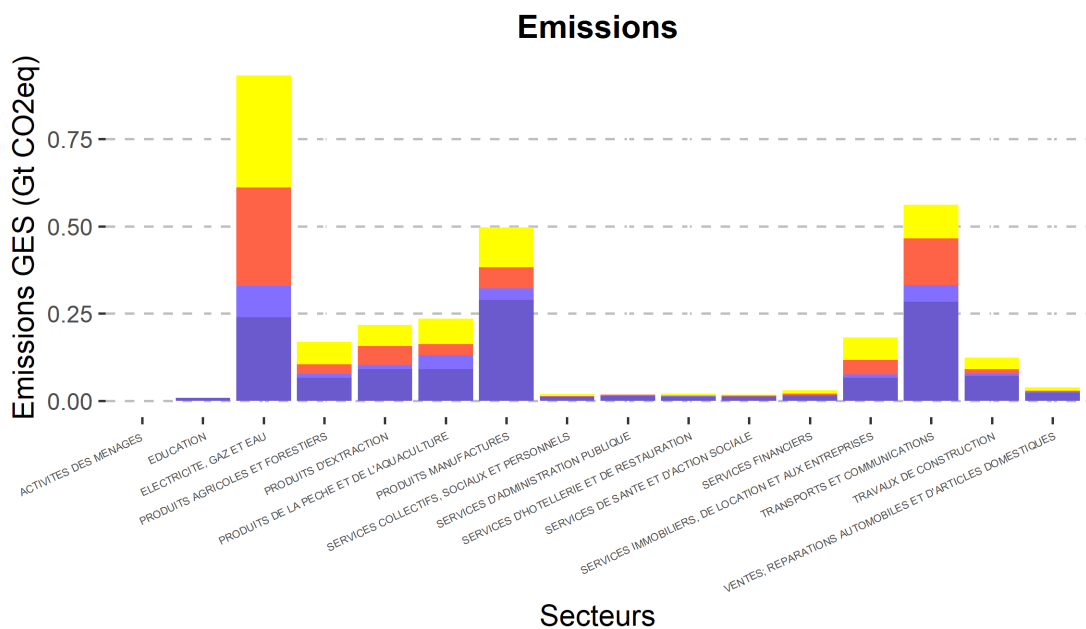


Dans une approche sectorielle, le plus fort contraste entre secteurs s'observe au niveau de l'impact producteur. Le secteur "ELECTRICITE, GAZ ET EAU" se détache nettement avec le plus fort impact producteur, suivi par les "PRODUITS MANUFACTURES".

Le plus fort impact demande concerne les secteurs "PRODUITS MANUFACTURES", "SERVICES IMMOBILIERS, DE LOCATION ET AUX ENTREPRISES" et "TRAVAUX DE CONSTRUCTION".

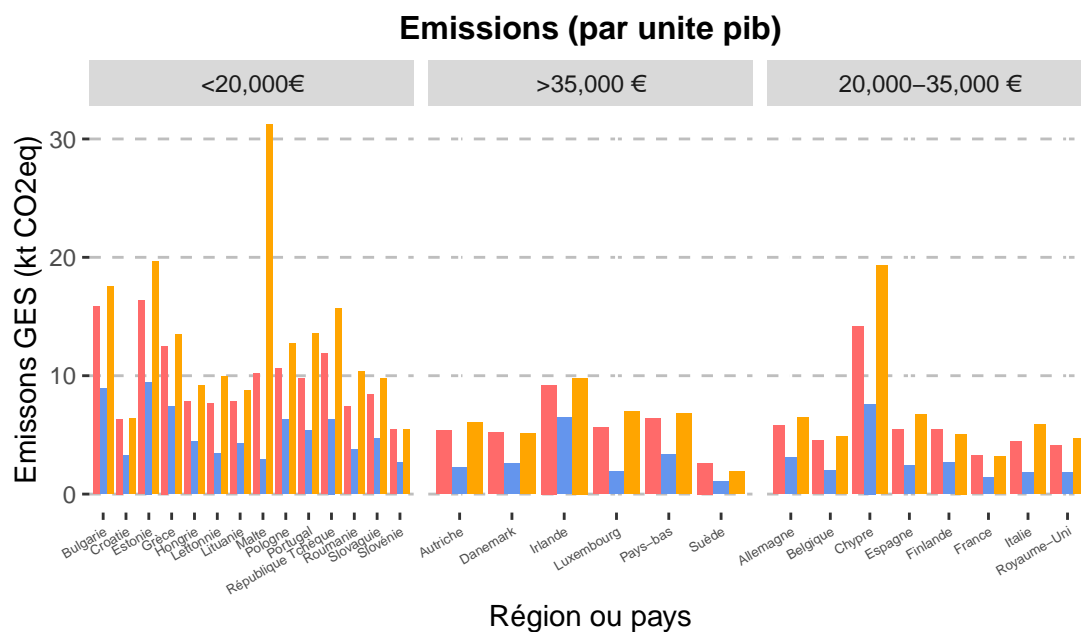
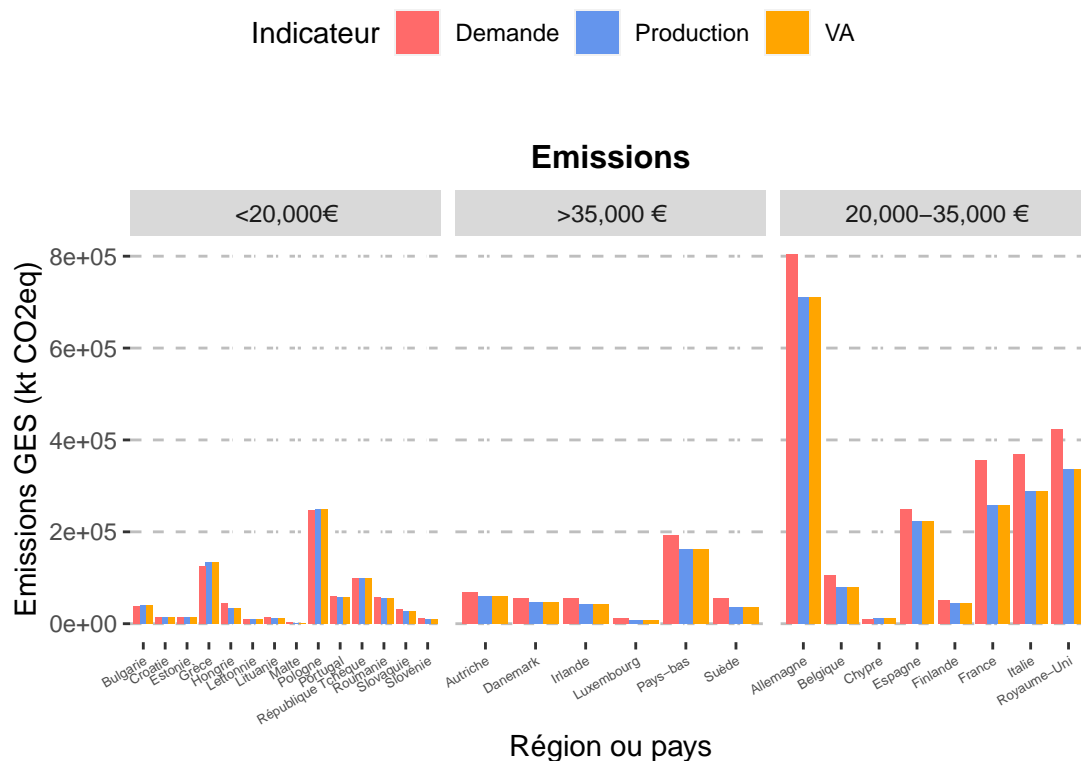
Enfin, les secteurs des "SERVICES IMMOBILIERS, DE LOCATION ET AUX ENTREPRISES" et des "PRODUITS MANUFACTURES" ont le plus fort impact revenus.

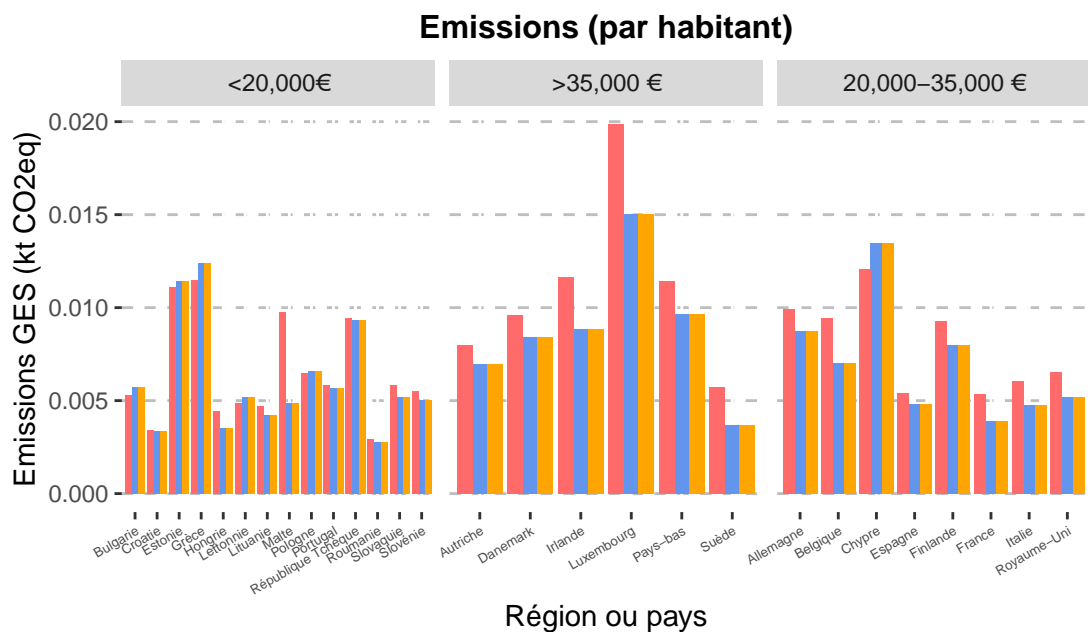
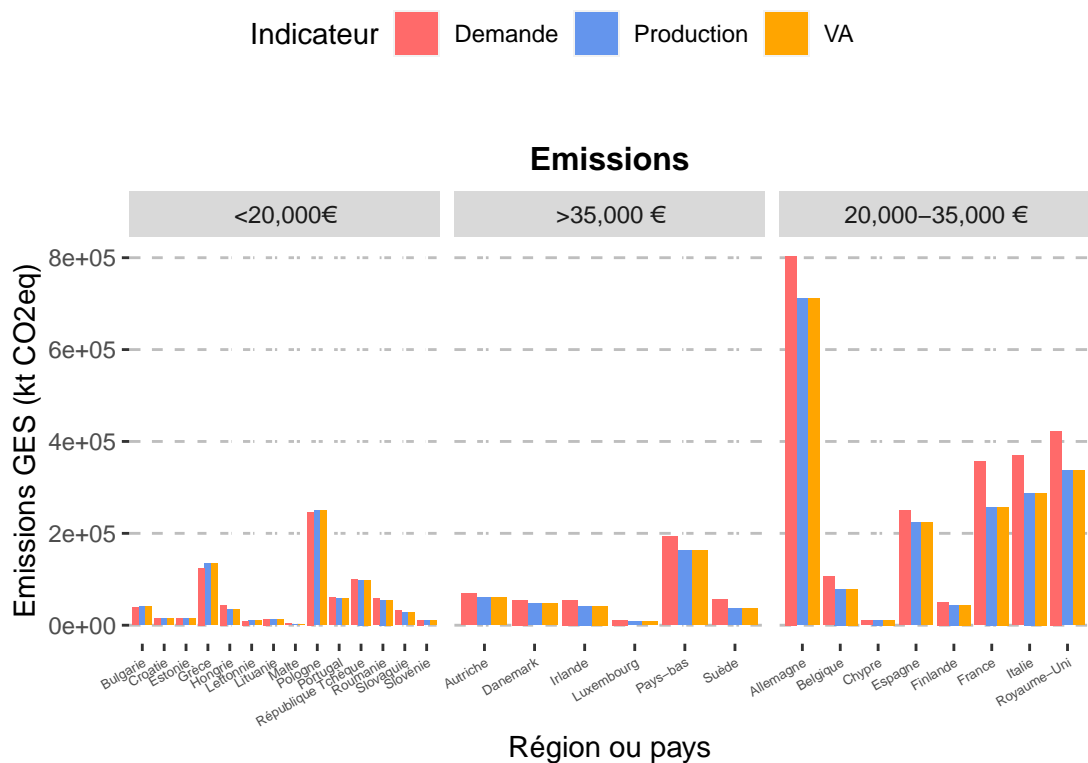
Rémunération de: Taxes Travail Capital (net) Capital (dépréciation)



Globalement, parmi les facteurs de production c'est le capital fixe qui a le plus fort impact. L'impact du capital est le plus petit en proportion pour chaque secteur.

Contrastes par pays



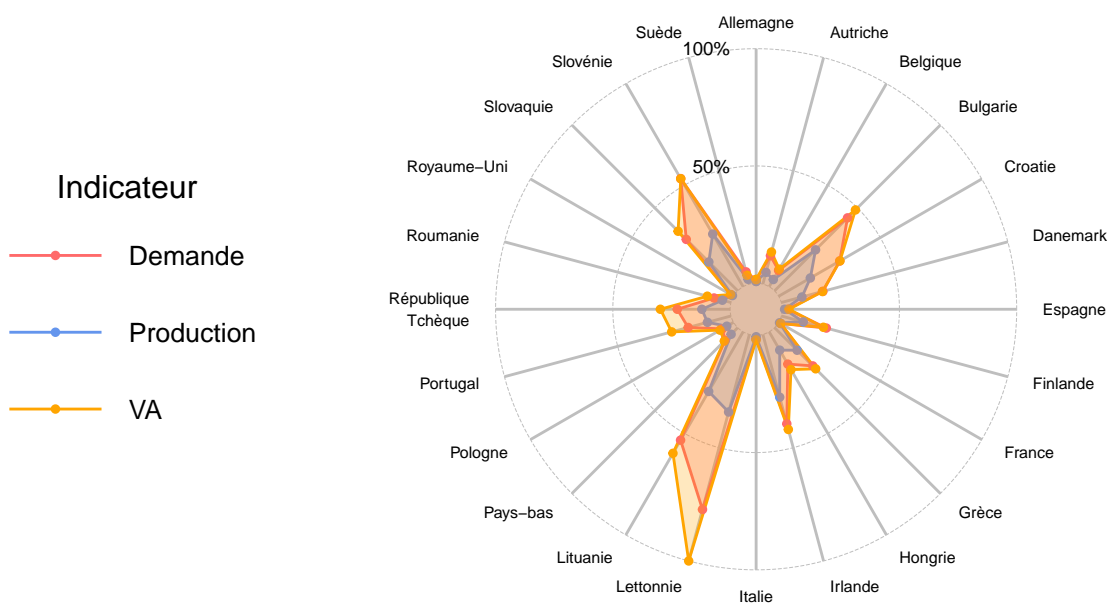


On voit également des contrastes à l'échelle régionale. L'Europe de l'Ouest et du Sud ont le plus fort impact. Ces deux régions sont également très hétérogènes, au contraire de l'Europe de l'Est et du Sud dont les impacts sont plus homogènes entre pays. Les pays d'Europe de l'Est sont généralement désavantagés par l'approche producteur (approche selon laquelle ils ont le plus fort impact) alors que les autres sont généralement désavantagés par l'approche valeur ajoutée.

EX FIGURE Le graphique ci-dessus montre à quel point chaque secteur peut-être avantagé ou désavantagé par l'approche choisie : il représente la part de chaque approche dans l'impact total d'un secteur.

En ce qui concerne la répartition des impacts selon l'approche adoptée, il semble y avoir une corrélation positive entre la part de l'impact de la demande et la part de l'impact créé par la valeur ajoutée. Il y a aussi une corrélation négative entre la part de ces deux impacts, et la part de l'impact producteur.

Deux secteurs ressortent particulièrement: "ELECTRICITE, GAZ ET EAU" et "PRODUITS D'EXTRACTION" ont à la fois le plus faible impact demande et revenu en proportion, et la plus forte part d'impact producteur. Le secteur "ACTIVITES DES MENAGES" est le plus avantagé par l'approche producteur et le plus désavantagé par l'approche revenus.



EX FIGURE_PAYS Le graphique ci-dessus permet de tirer le même type de conclusions mais au niveau des pays, et non des secteurs.

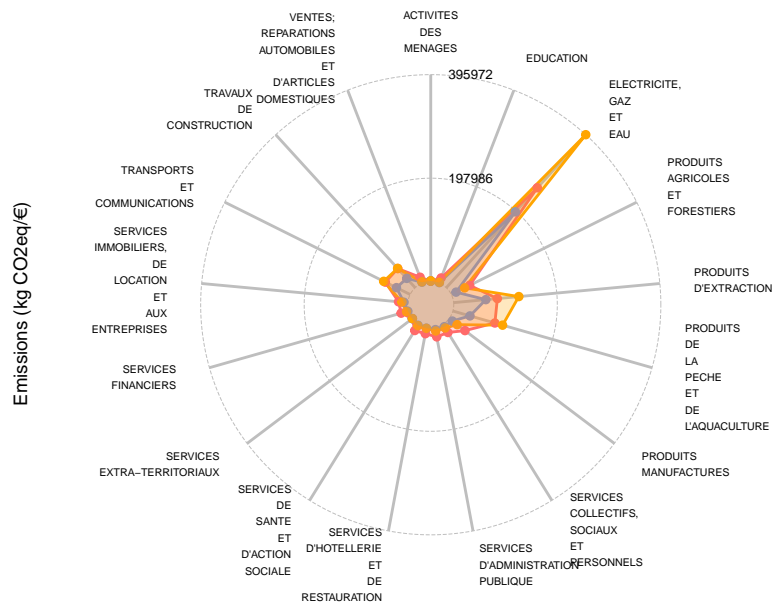
Le constat n'est pas le même: il semble plutôt y avoir une corrélation positive entre le fait d'être avantagé par l'approche demande et le fait d'être avantagé par l'approche production ; et une corrélation négative entre le fait d'être avantagé par ces deux approches et par l'approche revenus. L'exemple typique est la Suède : c'est à la fois le pays qui est le plus avantagé par les indicateurs demande et producteur, et celui qui est le plus désavantagé par l'indicateur valeur ajoutée (son impact est 5 fois plus grand selon l'indicateur valeur ajoutée que selon l'indicateur production).

L'hétérogénéité semble moins forte que dans l'approche sectorielle. L'approche par la demande semble traiter les pays européens de la façon la plus égalitaire (sans tenir compte ici du niveau de richesse, de la taille du pays). L'approche valeur ajoutée est celle qui présente le plus de disparités entre pays.

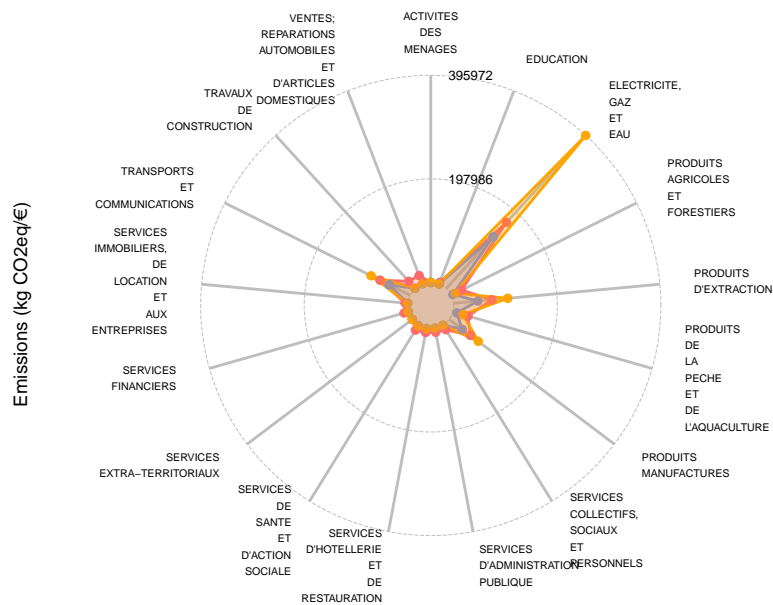
La conclusion est donc que selon qu'on adopte une approche territoriale/nationale ou une approche sectorielle, la répartition des coûts suit une logique différente.

Indicateur — Demande — Production — VA

Coefficient environnemental pour : Allemagne

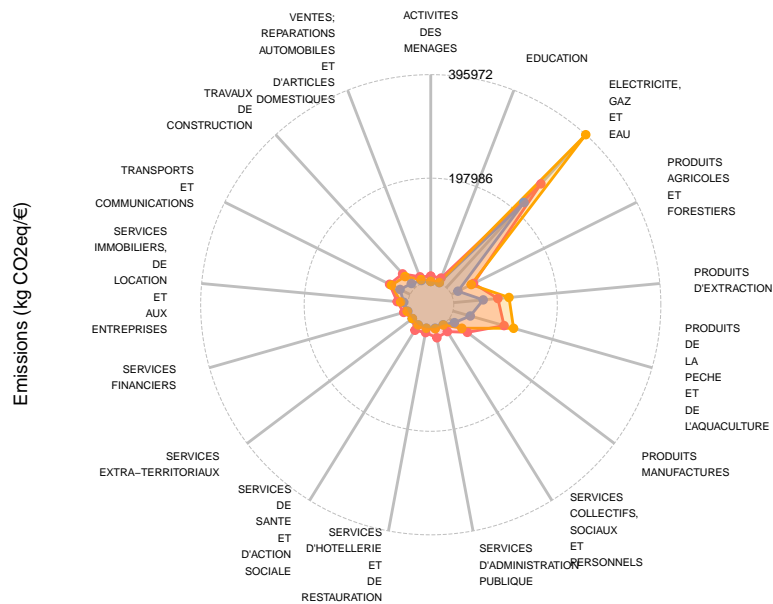


Coefficient environnemental pour : Chypre

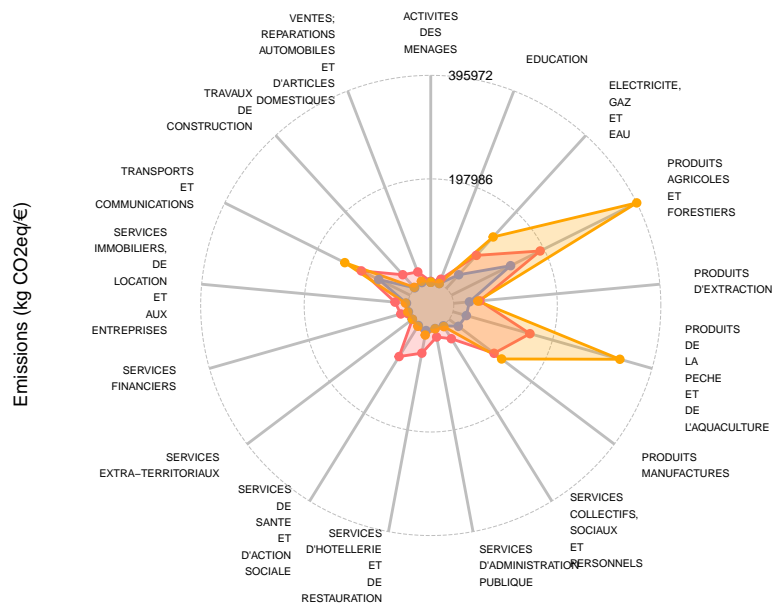


Indicateur — Demande — Production — VA

Coefficient environnemental pour : Pays-bas

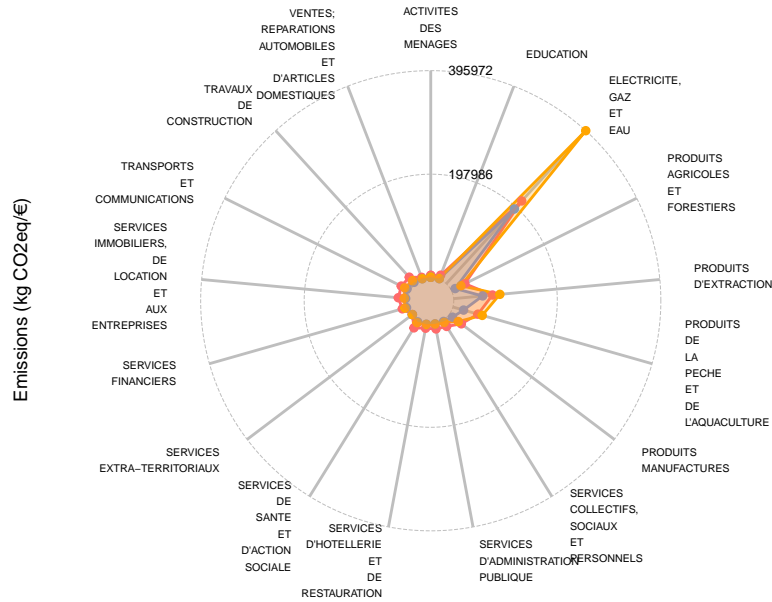


Coefficient environnemental pour : Luxembourg

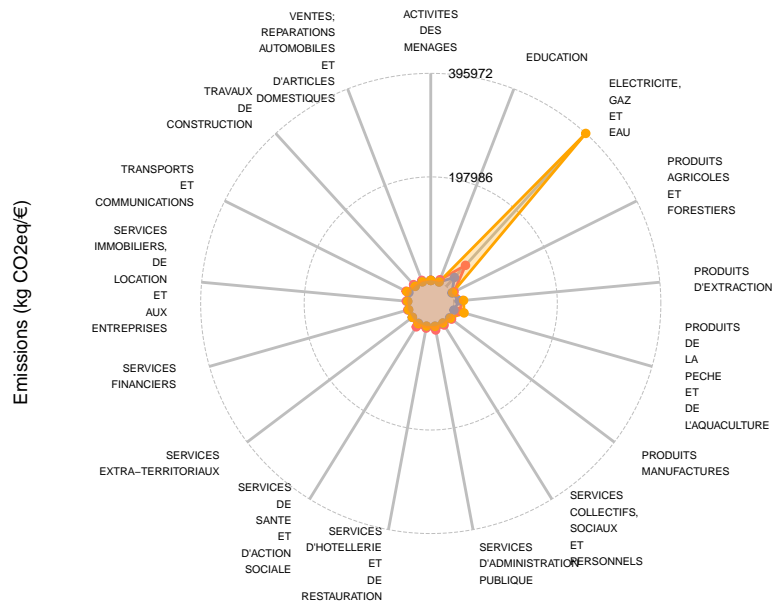


Indicateur — Demande — Production — VA

Coefficient environnemental pour : Pologne



Coefficient environnemental pour : Malte



In most cases, Value added is the most emissions-intensive (also makes sense because). From one country to another, the most emissions-intensive sector is not the same. In France “PRODUITS D’EXTRACTION” is the most intensive (all three indicators). “ELECTRICITE, GAZ ET EAU” is the most intensive sector in Germany (by far) and in Spain.

Conclusion

REFLECHIR A L'ORDRE DES AXES SUR RADAR

CHANGER UNITES DES GRAPHS (V)

NORMALISER PAR POPULATION (V)

PAR UNITE PRODUITE (V)

EDIT GRAPH VA (AUSSI AJOUTER GRAPH NORMALISE PAR EURO DE VA) (V)

AJOUTER UN RADAR PAR PAYS OU CHAQUE AXE EST UN SECTEUR (PE CHOISIR QQUES PAYS POUR LE DOC) (V)

GROUPES DE PIB PAR HABITANT AU LIEU DE REGIONS, TROIS OU QUATRE CATEGORIES (V)

DIAGONALISER POUR TROUVER LES VOLUMES DE LA BONNE DIMENSION (V)

FAIRE LES RADARS AVEC LES MULTIPLICATEURS PLUTOT QUE VOLUMES (V)