

# ÉNERGIE ET PRODUIT INTERIEUR BRUT

Note sur certains calculs de la relation entre la consommation d'énergie et le PIB

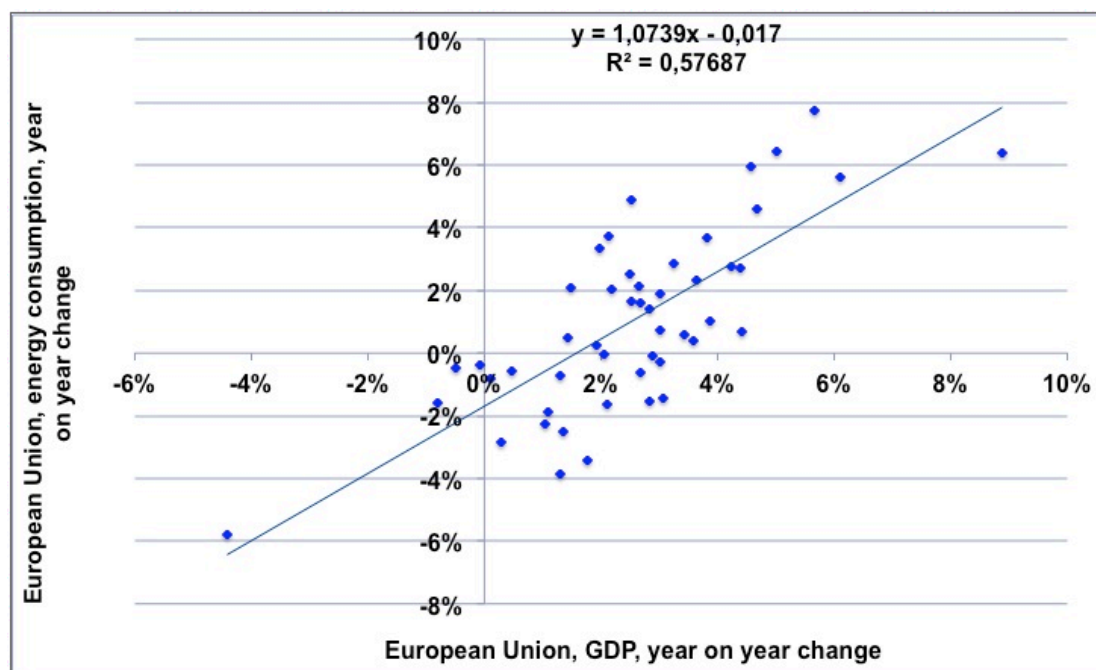
**Bernard Laponche – 14 juin 2016**

Dans son site internet « Manicore », Jean-Marc Jancovici présente une série de données sur l'énergie<sup>1</sup> et en particulier des graphiques montrant la relation entre la consommation d'énergie et le PIB de l'Union européenne sur la période 1965-2014. A partir des données qu'il présente, issues de références sérieuses<sup>2</sup>, il tire des enseignements qui nous paraissent largement discutables. Nous présentons et analysons dans cette note les deux graphiques résultant des « calculs de l'auteur » qui concernent cette relation.

## 1. CORRÉLATION ENTRE LES TAUX DE CROISSANCE ANNUELLE DU PIB ET DE LA CONSOMMATION PRIMAIRE D'ÉNERGIE

### 1.1 Présentation de « Manicore » - Figure 1

Chaque point de la figure 1 correspond à la valeur pour chaque année et pour l'Union européenne, sur la période 1965-2014<sup>3</sup>, du taux de croissance du PIB en abscisse (x, en %) et du taux de croissance de la consommation d'énergie primaire en ordonnée (y, en %). La droite représente la régression linéaire effectuée par l'auteur à partir de ces valeurs.



Taux de croissance du PIB européen (axe horizontal) vs. taux de croissance de la consommation d'énergie (depuis 1965). La régression signifie deux choses : d'une part que sur la période nous avons eu en moyenne 1,5% de croissance annuelle sans énergie supplémentaire (c'est la signification de l'intersection entre la droite de régression et l'axe des abscisses) et que, ensuite, pour avoir 1% de croissance supplémentaire de l'économie il faut 1% de croissance de l'énergie.

NB : le "découplage" signifierait que les points se mettraient pour l'essentiel dans le cadran en bas à droite.

Calcul de l'auteur sur données BP Statistical Review & World Bank

<sup>1</sup> [http://www.manicore.com/documentation/chiffres\\_energie.html](http://www.manicore.com/documentation/chiffres_energie.html)

<sup>2</sup> BP Statistical Review pour l'énergie et Banque Mondiale pour le PIB.

<sup>3</sup> L'année 1965 est la première dans les statistiques de BP.

## 1.2 Commentaire

- a) On peut tout d'abord s'interroger sur le sens et l'utilisation d'une régression linéaire sur un nuage de points aussi dispersés que celui de la figure 1.
- b) En admettant que cette approche soit pertinente, on peut, comme le fait l'auteur, calculer la valeur de y (variation ou taux de croissance en % d'une année sur l'autre de la consommation d'énergie primaire) en fonction de chaque valeur de x (variation ou taux de croissance en % d'une année sur l'autre du PIB) par la formule : «  $y = 1,0739 * x - 0,017$  ».
- c) On peut ensuite calculer les rapports y/x et x/y qui indiquent la corrélation entre ces deux variations, rapports qui représentent, le premier l'élasticité de la consommation d'énergie au PIB, le second l'élasticité du PIB à la consommation d'énergie.

Le tableau 1 indique les valeurs de y, y/x et x/y pour les valeurs de x entre -4% et +8%, par pas de 0,5% ou 1%, obtenues à partir de la droite de régression, censée représenter la relation entre x et y.

**Tableau 1 – Indicateurs de la corrélation entre les taux de croissance du PIB et de la consommation d'énergie primaire**

| Taux PIB     | Taux CEP     | Rapport    | Rapport    |
|--------------|--------------|------------|------------|
| x            | y            | y/x        | x/y        |
| -0,04        | -0,06        | 1,5        | 0,67       |
| -0,03        | -0,049       | 1,63       | 0,61       |
| -0,02        | -0,038       | 1,9        | 0,53       |
| -0,015       | -0,033       | 2,2        | 0,45       |
| -0,01        | -0,028       | 2,8        | 0,36       |
| -0,005       | -0,022       | 4,4        | 0,23       |
| 0            | -0,017       |            | 0          |
| 0,005        | -0,012       | -2,4       | -0,42      |
| 0,01         | -0,006       | -0,6       | -1,67      |
| 0,015        | -0,001       | -0,07      | -15        |
| <b>0,02</b>  | <b>0,004</b> | <b>0,2</b> | <b>5</b>   |
| <b>0,025</b> | <b>0,01</b>  | <b>0,4</b> | <b>2,5</b> |
| <b>0,03</b>  | <b>0,015</b> | <b>0,5</b> | <b>2</b>   |
| 0,04         | 0,026        | 0,65       | 1,54       |
| 0,05         | 0,037        | 0,74       | 1,35       |
| 0,06         | 0,047        | 0,78       | 1,28       |
| 0,07         | 0,058        | 0,83       | 1,21       |
| 0,08         | 0,069        | 0,86       | 1,16       |

On voit que l'on obtient des valeurs très disparates pour les rapports entre le taux de croissance du PIB d'une année sur l'autre et la variation de la consommation d'énergie primaire concomitante. Et cela même si on met de côté la valeur de x/y pour x = 0 et également la valeur de y/x pour x = 1,5%, comme le signale très justement l'auteur du graphique.

Si l'on regarde par exemple le rapport entre le taux de croissance du PIB divisé par le taux de croissance de la consommation d'énergie (rapport x/y) pour des valeurs historiquement significatives autour de 2,5% de croissance annuelle du PIB, on constate une valeur de 5 pour un taux de croissance du PIB de 2% par an, de 2,5 pour un taux de 2,5% par an et de 2 pour un taux de 3% par an.

Cela tient au fait que la droite de régression est de type «  $y = a * x + b$  » et que l'on ne peut pas dans ces conditions obtenir une valeur significative de ces élasticités (x/y ou y/x) sur la période considérée.

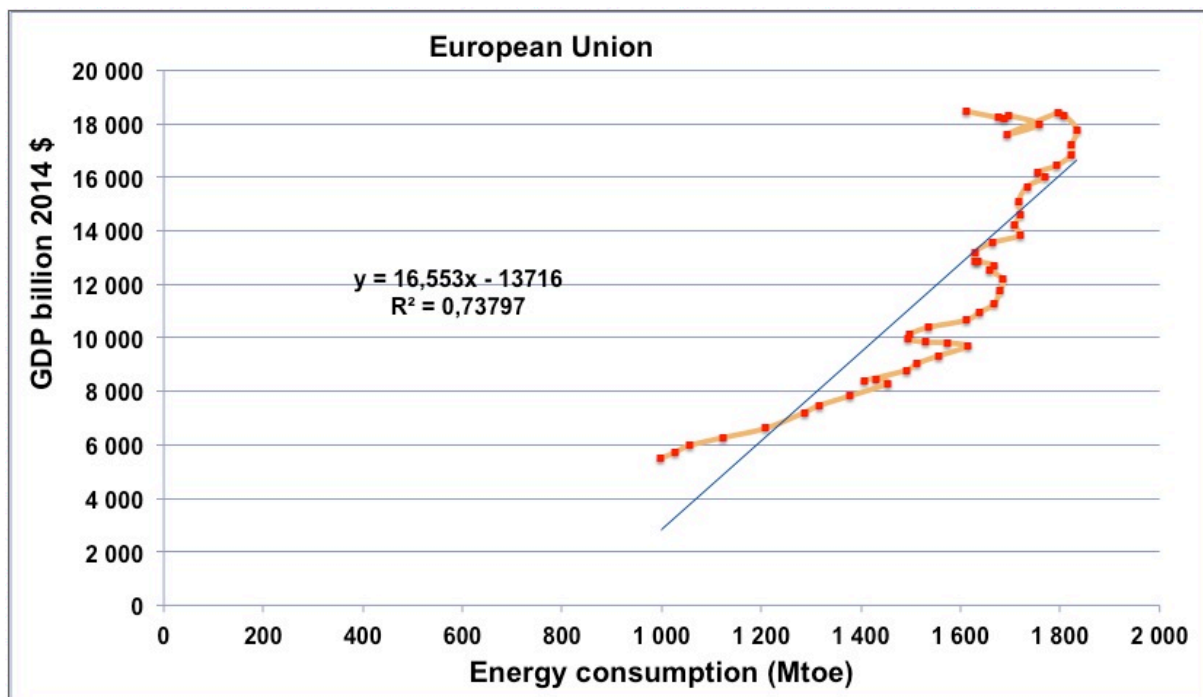
On ne voit pas ce que l'on peut en déduire sur la corrélation éventuelle entre ces taux de croissance. Cela n'est pas étonnant : les résultats ainsi obtenus à partir d'une lecture a-historique entre PIB et énergie, comme si la période 1965-2014 avait été d'une grande uniformité, confirment l'invalidité de toute conclusion à portée universelle tirée de ce graphique.<sup>4</sup>

## 2 . CORRÉLATION ENTRE LE PRODUIT INTÉRIEUR BRUT (PIB) ET LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE (CEP)

### 2.1 Présentation de « Manicore » - Figure 2

La seconde figure que nous examinons concerne la relation entre la consommation d'énergie primaire et le PIB de l'Union européenne sur la même période 1965-2014.

Chaque point de la figure 2 correspond à la valeur pour chaque année et pour l'Union européenne, sur la période 1965-2014, de la consommation d'énergie primaire en abscisse (X en million de tonne équivalent pétrole, Mtep) et du taux de croissance du PIB (Y, en milliard de dollars US).



Consommation d'énergie en Europe (axe horizontal) vs PIB européen (en milliards de dollars constants) pour la période allant de 1965 à 2014 (la ligne orange part de 1965, en bas à gauche, et les points suivent ensuite l'ordre chronologique vers le haut et la droite).

On note que la courbe fait une série de "crosses vers la gauche" en 1974, 1979, 1990 (guerre du Koweït), et à partir de 2006, avec dans ce dernier cas une baisse du PIB réel sur plusieurs années. Pour l'épisode depuis 2006, cela signifie que c'est d'abord l'énergie qui baisse, et ensuite le PIB, excluant de fait un enchaînement qui expliquerait la baisse de l'énergie consommée par la seule crise.

Calcul de l'auteur sur données BP Statistical Review & World Bank

### 2.2 Commentaire

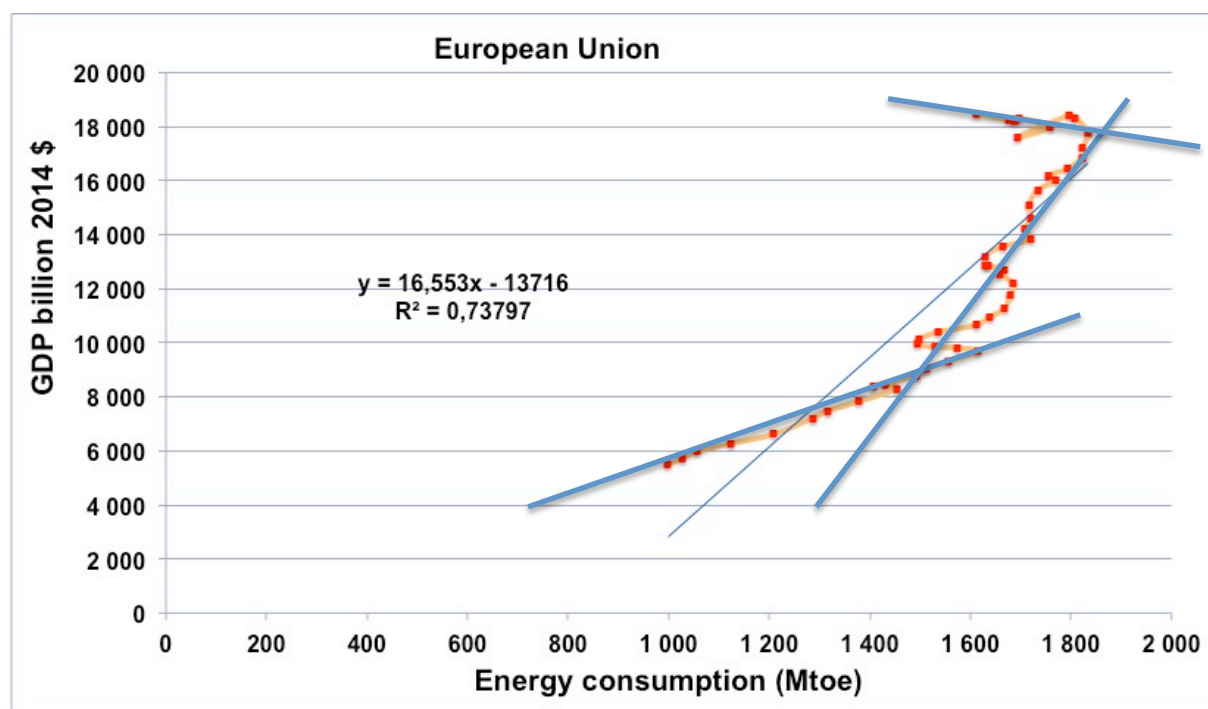
Comme précédemment, on peut mettre en doute la pertinence d'une régression linéaire pour une famille de points qui se placent sur une courbe qui ressemble fortement à un dragon japonais et très peu à une droite.

<sup>4</sup> Une approche analogue est présentée dans « *How dependent is Growth from Primary Energy ? – Output Energy Elasticity in 50 countries (1970-2011)* », G. Giraud et Z. Kahraman, avril 2014.

Nous proposons une nouvelle interprétation graphique qui distingue trois périodes pour chacune desquelles une régression linéaire nous paraît visuellement pertinente : 1965-1973 ; 1974-2004 et 2005-2014.

Les trois dates charnières correspondent bien à des ruptures dans les systèmes énergétiques : le premier choc pétrolier en 1973-74 et la combinaison accentuée de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables dans la première décennie du nouveau siècle : d'une part, l'efficacité énergétique au niveau de la demande réduit la consommation d'énergie (finale et en conséquence primaire) et la production d'électricité à partir des énergies renouvelables non thermiques (essentiellement dans cette période la montée de l'éolien et du photovoltaïque) réduit la consommation d'énergie primaire à consommation égale d'électricité.

On obtient alors la **Figure 3** ci-dessous :



Les trois droites représentant la corrélation entre l'ordonnée Y (PIB exprimé en milliards de dollars des Etats-Unis) et l'abscisse X (consommation d'énergie primaire, CEP, exprimée en millions de tonne équivalent pétrole, Mtep ou Mtep) sont les suivantes :

- Période 1965-1973 :  $Y = 6,43 * X - 930$
- Période 1974-2004 :  $Y = 24,7 * X - 28580$
- Période 2005-2014 :  $Y = -4,29 * X + 25500$

On peut alors calculer en fonction des valeurs de X et pour chaque période, les valeurs de Y et surtout les valeurs de X/Y (intensité énergétique primaire) et les valeurs de dX/dY, rapport des taux de croissance respectifs de la consommation d'énergie et du PIB, grandeurs qui ont fait l'objet de la figure 1.

Les résultats de ces calculs sont montrés dans le tableau 2.

Afin de simplifier la lecture des résultats, le calcul n'est pas effectué pour chaque année, mais par pas de 50 ou 100 Mtep pour les valeurs de X.

Pour chacune des trois périodes, les dérivées respectives des deux grandeurs qui sont égales à leur taux de croissance annuel sont données par la formule  $dY = a * dX$ , ce qui permet de calculer les rapports  $DY/dX$  et  $dX/dY$  pour chaque période.

**Tableau 2 - Indicateurs de la corrélation entre le PIB et la consommation d'énergie primaire ainsi qu'entre leurs taux de croissance respectifs**

|                  | <b>CEP</b>  | <b>PIB</b>               | <b>IEP</b>          | <b>Rapport<br/>taux*</b> |
|------------------|-------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
|                  | <b>X</b>    | <b>Y</b>                 | <b>X/Y</b>          | <b>dX/dY</b>             |
|                  | <b>Mtep</b> | <b>Milliard<br/>\$US</b> | <b>Tep/1000\$US</b> |                          |
| <b>1965-1973</b> | 1000        | 5500                     | 0,182               | 0,156                    |
|                  | 1100        | 6143                     | 0,179               |                          |
|                  | 1200        | 6786                     | 0,177               |                          |
|                  | 1300        | 7429                     | 0,175               |                          |
|                  | 1400        | 8072                     | 0,173               |                          |
|                  | 1500        | 8715                     | 0,172               |                          |
| <b>1974-2004</b> | 1550        | 9705                     | 0,16                | 0,0405                   |
|                  | 1600        | 10940                    | 0,146               |                          |
|                  | 1650        | 12175                    | 0,136               |                          |
|                  | 1700        | 13410                    | 0,127               |                          |
|                  | 1750        | 14645                    | 0,119               |                          |
|                  | 1800        | 15880                    | 0,113               |                          |
| <b>2005-2014</b> | 1750        | 17993                    | 0,097               | -0,233                   |
|                  | 1700        | 18207                    | 0,093               |                          |
|                  | 1650        | 18422                    | 0,09                |                          |
|                  | 1600        | 18636                    | 0,086               |                          |

\* Rapport des taux de croissance respectifs de la consommation d'énergie primaire et du PIB.  $dX$  et  $dY$  correspondent respectivement à  $y$  et  $x$  de la première partie de cette note.

Sur la période 1965-1973, l'intensité énergétique primaire IEP, rapport de la consommation d'énergie primaire CEP au PIB, ne diminue que très faiblement, de seulement 5% sur l'ensemble de la période (9 ans).

Par contre, la période 1974-2004 connaît, malgré les fluctuations notables constatées dans la réalité autour de la valeur moyenne, une forte baisse de l'intensité énergétique : 29% sur la période (trente ans).

Cette baisse se poursuit sur la période 2005-2014 : 11% sur la période (10 ans).

On constate même sur la dernière période une inversion de tendance. Le rapport des taux de croissance de la consommation d'énergie et du PIB devient négatif : tandis que le PIB augmente (peu il est vrai), la consommation d'énergie diminue.

## CONCLUSION

La comparaison entre l'évolution de la consommation d'énergie primaire et celle du PIB de l'Union européenne sur la période 1965-2014 permet d'identifier trois périodes pendant chacune desquelles le rapport de leurs taux de croissance est resté à peu près constant.

Mais il a varié de façon nette d'une période à l'autre. De l'ordre de 0,16 dans la première période, il a baissé à 0,04 dans la seconde et même à - 0,23 dans la troisième.

Parallèlement, l'intensité énergétique, rapport de la consommation d'énergie primaire au PIB, n'a cessé de décroître sur l'ensemble de la période : très faiblement sur la première période mais de façon très nette sur la deuxième période et même sur la troisième période marquée par une quasi stagnation du PIB.

Ainsi, on constate que la corrélation entre consommation d'énergie et PIB est loin d'être uniforme sur l'ensemble de la période étudiée. La tentative d'obtenir une corrélation significative sur l'ensemble des valeurs respectives du PIB et de la consommation d'énergie, comme sur leurs taux de croissance respectifs s'avère illusoire et trompeuse.

D'autre part, une corrélation, d'autant plus si elle est complexe et variable comme nous le constatons sur cette analyse du passé, ne traduit en aucune façon une relation stricte de cause à effet, que la cause soit l'évolution du PIB ou celle de la consommation d'énergie.

Il nous paraît donc erroné d'utiliser cette corrélation (et d'ailleurs, laquelle prendre ?) comme fondement de calculs ou de raisonnements prospectifs.