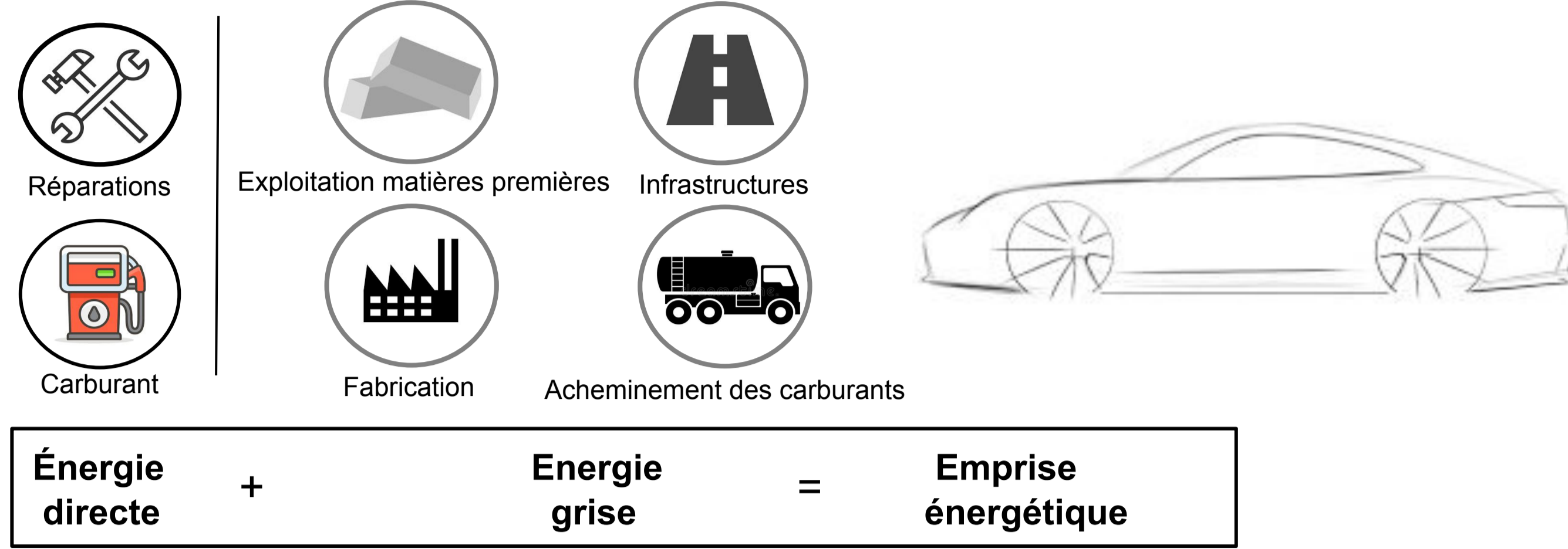


Introduction

L'emprise énergétique d'un élément se définit comme la quantité totale d'énergie nécessaire pour satisfaire ses besoins. Cette définition peut s'appliquer à des individus comme à des pays, des produits, entreprises. Elle comporte deux termes : l'énergie directe et l'énergie grise. L'énergie directe est le "coût d'utilisation" en énergie. Par exemple, le carburant pour une voiture ou l'électricité pour un foyer constituent de l'énergie directe. Il s'agit en fait de tout ce qui est "visible sur une facture". L'énergie grise constitue tout le reste, par exemple l'énergie nécessaire à l'acheminement du carburant, aux réparations éventuelles de la voiture, à sa construction, etc.



Emprise énergétique d'un produit

L'exemple de la voiture ci-contre permet de visualiser l'importance de l'énergie grise dans l'emprise énergétique d'un produit. Il serait incohérent de la négliger dans un calcul d'emprise énergétique..

Emprise énergétique des pays

À l'ère de la mondialisation, un pays est traversé par de nombreux flux d'énergie (oléoducs, réseaux électriques, etc.) et de produits (en transit, pour la consommation domestique pour l'exportation, etc.). L'objectif est de **quantifier les besoins énergétiques des pays** et donc leur dépendance à l'énergie pour initier des politiques publiques visant à réduire la consommation. C'est une notion très proche de celle "d'empreinte carbone", appliquée à l'énergie.

Déterminer l'emprise énergétique d'un pays implique de faire des **choix de modélisation**. Reprenons l'exemple de la voiture en France :

- Si la voiture roule avec de l'essence, doit-on seulement considérer l'énergie du carburant, ou celle qu'il a fallu pour amener le carburant depuis le pays d'extraction de l'hydrocarbure ? voire même la perte entre l'énergie primaire de l'hydrocarbure brut et l'énergie finale une fois raffiné ?
- Il est possible de déterminer l'emprise énergétique d'un produit particulier, mais comment systématiser ce calcul à des millions de produits différents à l'échelle d'un pays ?
- Si la voiture est exportée à l'étranger, la France doit-elle prendre en compte l'énergie de fabrication de la voiture ?

Choix 1 : du prix au contenu énergétique

\$ → joule

- Utilisation de tableaux entrée-sortie de l'OCDE quantifiant les échanges commerciaux en dollars entre les pays
- Conversion des dollars en joules grâce aux tables de l'Agence Internationale de l'Énergie, flux d'énergie répartis au prorata des flux monétaires
- **Avantage : méthode "simple"** (échanges en \$ facilement mesurables)
- **Inconvénients : dans la réalité, non-proportionnalité entre le prix et le contenu énergétique.**
 - une pomme BIO sera en général considérée plus énergivore (car plus chère) qu'une pomme conventionnelle
 - la valeur immobilière est-elle une juste représentation des coûts énergétiques de fabrication et d'entretien d'un bâtiment ?

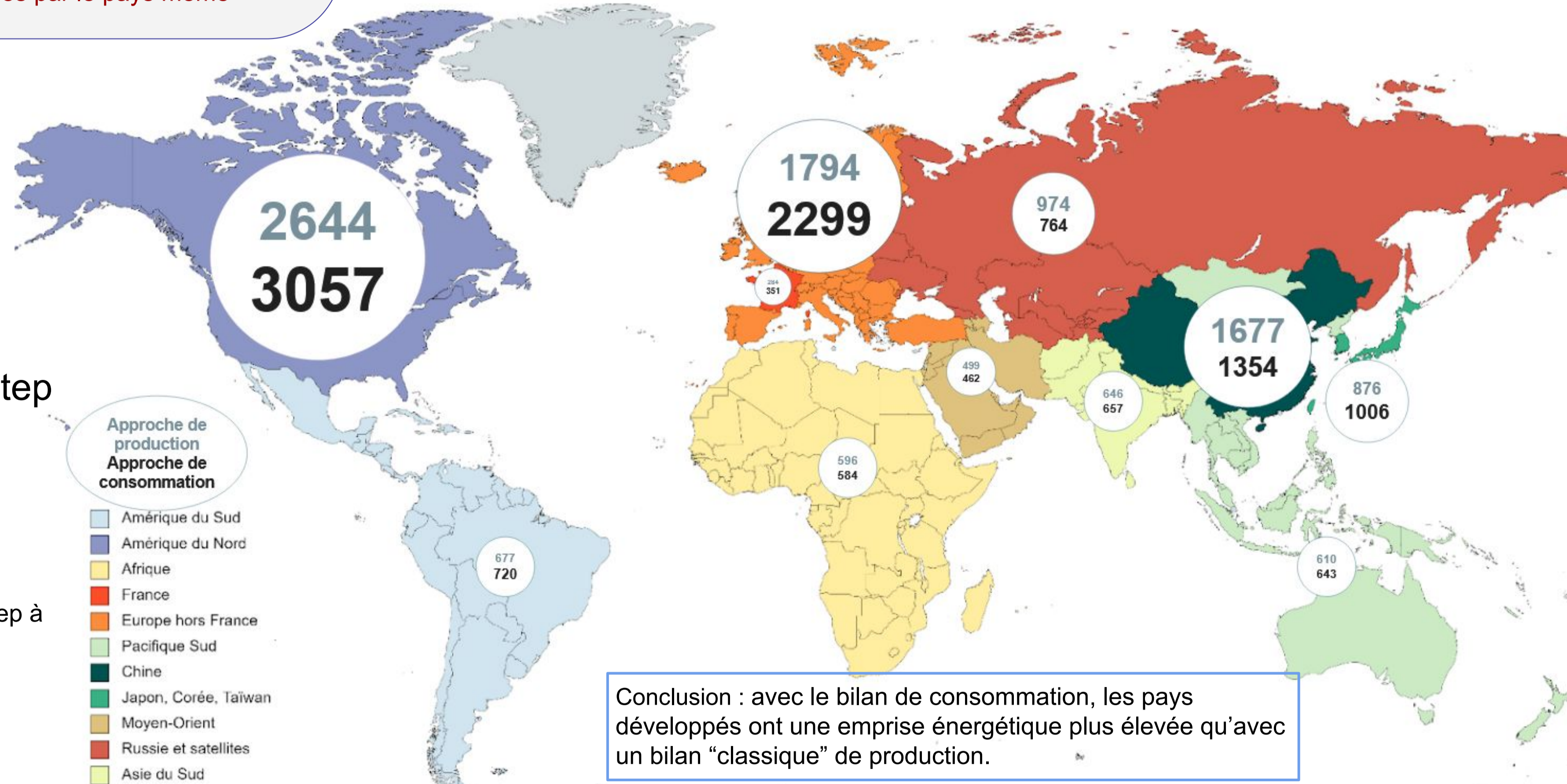
Choix 2 : énergie primaire plutôt que finale

- Prise en compte du **gris de l'énergie directe**, c'est-à-dire des pertes lors de la transformation d'une énergie à l'état brut vers une énergie utilisable
- En France, par exemple, 1 kWh électrique nécessite 2,5 kWh d'énergie primaire [1]
- **Avantages :**
 - correspondance avec les besoins énergétiques réels
 - prise en compte des différences d'efficacité entre les sources d'énergie et les secteurs
- **Inconvénient : estimation de l'énergie primaire difficile, difficile obtention des rendements**

Choix 3 : énergie réelle plutôt que de remplacement

- Choix de considérer la vraie empreintes énergétique de chaque produit consommé, et pas celle que l'objet aurait eu s'il avait été produit dans le pays où a lieu sa consommation
- **Avantage : obtention de l'empreinte énergétique réelle de chaque produit**
- **Inconvénient : impossibilité de savoir ce que deviendrait l'empreinte énergétique si tous les besoins étaient assurés par le pays même**

Comparaison entre une empreinte énergétique de "production" et de "consommation" par zone géographique en Mtep par an [1]



Conclusion : avec le bilan de consommation, les pays développés ont une empreinte énergétique plus élevée qu'avec un bilan "classique" de production.

Deux méthodes de calcul de l'empreinte énergétique	production	consommation
Énergie directe (carburant, fioul, électricité)	OUI	OUI
Énergie grise domestique (pertes entre énergie primaire et finale, contenu énergétique des produits intermédiaires et finaux)	OUI	OUI
Énergie grise d'exportation (énergie des produits destinés à l'exportation)	OUI	NON
Énergie grise d'importation (énergie des produits importés depuis l'étranger)	NON	OUI

Empreinte énergétique de "production" de la France en 2004 [1]

Énergie directe	Énergie grise domestique	Énergie grise d'exportation	Total
72 Mtep	153 Mtep	65 Mtep	289 Mtep

Empreinte énergétique de "consommation" de la France en 2004 [1]

Énergie directe	Énergie grise domestique	Énergie grise d'importation	Total
72 Mtep	153 Mtep	139 Mtep	354 Mtep

- Remarques :
- prendre seulement en compte l'énergie directe, c'est-à-dire les factures des ménages français, revient à oublier la majeure partie du bilan
 - prendre aussi en compte l'énergie grise domestique n'est pas suffisant, cela revient à oublier les flux d'énergie avec l'étranger
 - si on choisit un regard de consommateur plutôt que de producteur, le bilan de la France passe de **289 Mtep à 354 Mtep**

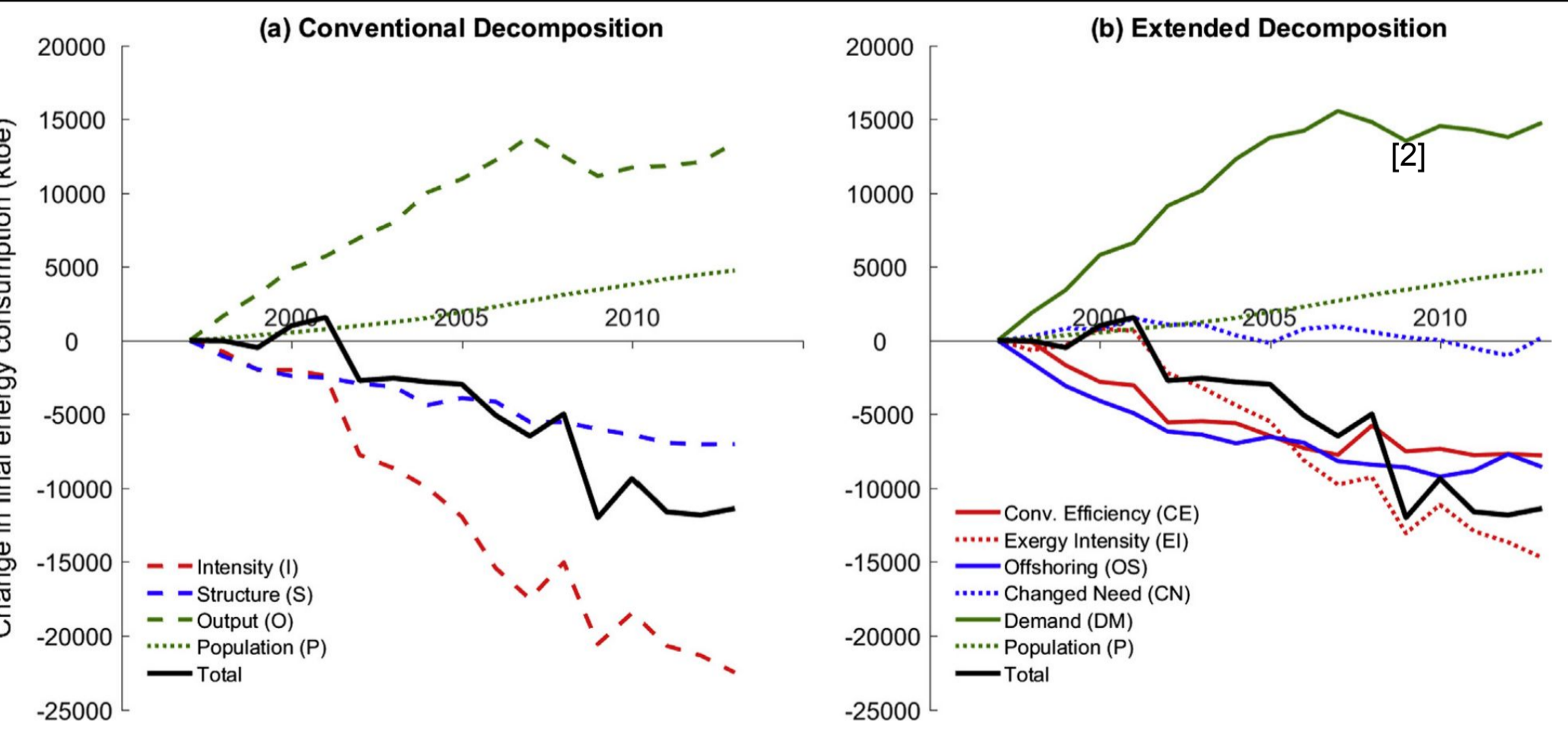
Conclusion : avec une optique de consommation, augmentation de l'emprise énergétique de la France de 22 % par rapport à un bilan classique.

Le Royaume-Uni semble avoir réussi à **découpler croissance économique et consommation d'énergie finale** ces dernières années.

L'étude dont il est question [2] ici souhaite **déterminer les facteurs décisifs dans la réduction d'énergie consommée par les secteurs de production du Royaume-Uni**, elle prend en compte les échanges internationaux impliquant le Royaume-Uni.

- 13 secteurs industriels (Construction, Acier et Fer, Chimie,...)
- 3 secteurs non industriels (Administration publique, agriculture,...)

On **décompose l'énergie finale consommée par les Britanniques** selon différents facteurs



La décomposition (a) indique une baisse de l'intensité énergétique de l'économie **sans renseigner sur l'origine de cette baisse qui peut être plurifactorielle** (efficacité thermodynamique, rendement productif du secteur, etc.). De même pour le facteur de structure qui peut cacher une délocalisation ou un changement dans les besoins nationaux. La décomposition (b) éclaire bien mieux ces diminutions :

Méthode standard (a)

$$E = \sum_{i \in \text{secteurs}} \frac{E_i X_i X}{X_i X P} = \sum_{i \in \text{secteurs}} I_i S_i O_i P$$

Méthode holistique (b)

$$E = \sum_{i \in \text{secteurs}} \frac{E_i U E_i X_i X G_i Y}{U E_i X_i X G_i Y P} = \sum_{i \in \text{secteurs}} C E_i E_i O S_i C N_i D M P$$

I_i : Intensité énergétique du secteur (tep/€)
 S_i : Facteur de structure (part du secteur dans l'économie)
 O : Production monétaire nationale par habitant
 P : Population
 C E_i : Facteur de conversion énergétique (Énergie finale / utile)
 E_i : Intensité énergétique "utile" du secteur (tep/€)
 O S_i : Facteur de délocalisation : Part britannique dans la production mondiale à destination Britannique (sectoriel)
 C N_i : Production monétaire mondiale du secteur engendrée par les Britanniques / Demande Britannique Totale
 D M : Demande par habitant Britannique

Les résultats attestent d'une part non négligeable de la **délocalisation** dans les économies d'énergie et des **rendements de conversions d'énergie**. Le facteur principal reste celui d'intensité énergétique "utile" qui incorpore tous les rendements énergétiques hors conversion. Cela reste donc difficile de déterminer quels facteurs ont permis cette tendance.

Energie et politiques publiques

Le débat public sur les politiques énergétiques se cristallise autour des enjeux d'équité et d'inégalités entre ménages (rejet de la taxe carbone). **L'emprise énergétique apporte un jour nouveau sur les consommations d'énergie en fonction du revenu.**

- Explications :
- effet **volume** (les ménages aisés ont un volume de consommation plus élevé)
 - effet **structure** (le contenu énergétique des dépenses des ménages par euro dépensé augmente avec le revenu)
- Étude empreise énergétique de la consommation et revenu [3] :
- l'**énergie grise** évolue encore plus rapidement que l'**énergie directe** avec le revenu.
 - hausse plus que proportionnelle des emprises énergétiques avec le revenu
 - Les ménages aisés sont devenus relativement plus riches et encore plus consommateurs d'énergie sur la période 1968 - 2000.
 - l'emprise énergétique de toutes les classes a augmenté.

Energie et développement

L'index de découplément permet d'analyser la corrélation entre l'utilisation d'énergie et le développement d'un pays (quantifié par l'indice de développement humain IDH). Un pays **découplé** (avec un grand index de découplément) est un pays où l'IDH continue d'augmenter, sans que sa consommation d'énergie augmente.

Délocalisation de la production → moins d'énergie consommée à l'intérieur du pays → index de découplément plus élevé

Nécessité de considérer une **empreinte énergétique de consommation** et non de production afin que l'index de découplément soit représentatif.

[1] P. Pourouchottamin, C. Barbier, L. Chancel, M. Colombier, (2013). Nouvelles représentations des consommations d'énergie.
 [2] Hardt, Lukas, et al. « Untangling the Drivers of Energy Reduction in the UK Productive Sectors: Efficiency or Offshoring? » Applied Energy, vol. 223, août 2018
 [3] Jackson, Tim & Papathanasopoulou, Eleni, 2008. "Luxury or 'lock-in'? An exploration of unsustainable consumption in the UK: 1968 to 2000," Ecological Economics, Elsevier, vol. 68(1-2), pages 80-95, December.

