

# Introduction à l'Economie de l'Environnement *pour non-économistes*

César Got & Camille Souffron

CERES - ENS-PSL

22 Novembre 2022 - Séance 1



# Sommaire

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement  
*pour non-  
économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- 1 Présentation générale
- 2 Croissance économique et PIB
- 3 Un peu d'histoire de la pensée...
- 4 Une polycrise écologique
- 5 Energie, découplage, décroissance

# Syllabus

## 5 séances :

- Intense en contenu  $\Rightarrow$  Panorama le plus complet possible.
- Références disponibles (et annexes/liens avec formalisme mathématique)

## Plan :

- Etat des lieux : polycrise écologique, découplage et (dé)croissance économique ?
- Les outils et concepts d'analyse économique des problèmes environnementaux
- Modélisation économie-climat et inégalités
- Financement de la transition écologique, monnaie et marchés financiers
- Gouvernance de la transition écologique : planification et institutions.

# Validation

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour  
non-  
économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- 2 ECTS
- Présence obligatoire (et oui, pour cinq séances...), amphithéâtre Galois (45, rue d'Ulm)
- Ecrit à rendre : Rédaction d'une note d'analyse et de proposition de politique environnementale face à une étude de cas présentée (sujet donné fin décembre, rendu pour fin janvier)
- [camille.souffron@ens.psl.eu](mailto:camille.souffron@ens.psl.eu) / [cesar.got@ens.psl.eu](mailto:cesar.got@ens.psl.eu)

# Plan détaillé Cours I :

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- Croissance économique, PIB et autres indicateurs
- La difficile prise en compte de l'environnement dans l'analyse et l'histoire de la pensée économique
- Une polycrise écologique
- Energie, découplage, décroissance ?

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance



Figure – "Accumulez, accumulez, c'est la loi et les prophètes !" (Marx)

L'Économie (*en tant que structure et non pas en tant que discipline*) : Un espace de circulation, production, répartition de la valeur économique (pas nécessairement marchand) : valeur ajoutée

La mesure de la création de valeur ajoutée est mesurée par un indicateur : **le PIB**

# Croissance économique et PIB

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- Définition ?



# Produit Intérieur Brut (PIB)

Le Produit Intérieur Brut (PIB) est :

- la somme des revenus (*salaire, loyers, intérêts, bénéfices, balance commerciale*) Approche par les Revenus
- la somme des dépenses (*consommation, investissement, dépenses publiques, balance commerciale*) Approche par la Demande
- la somme des valeurs ajoutées (*par particuliers, entreprises, État - mais comment calculer la VA du public si non marchand ?*) Approche par l'Offre

# Exemple (très simple) de mesure du PIB en économie fermée

Intro. à l'Economie de l'Environnement pour non-économistes

César Got & Camille Souffron

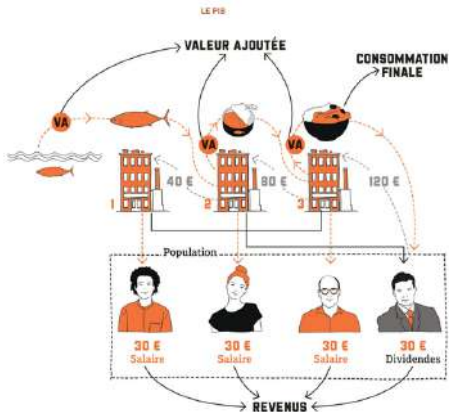
Présentation générale

Croissance économique et PIB

Un peu d'histoire de la pensée...

Une polycrise écologique

Energie, découplage, décroissance



Le PIB se calcule de trois manières: c'est la somme de la valeur ajoutée (prix de vente - coûts fournisseur), la somme de ce qui est consommé par la population (auquel il faut ajouter l'investissement) et la somme des revenus (salaires, dividendes, loyers, intérêts).

Question : si l'offre effective est supérieure à la demande effective, comment conserve-t-on l'égalité des formules ?

# Produit Intérieur Brut (PIB)

- **ATTENTION : le PIB est un flux et pas un stock !**
- ⇒ Le PIB mesure l'enrichissement (toutes les nouvelles richesses créées dans l'année) mais pas la richesse (le stock que l'on possède collectivement)
- La nature d'un bien ne détermine pas si c'est un bien intermédiaire ou final (*par exemple : des légumes par des ménages et par un restaurant*)
- *Idée de la baignoire et du robinet*
- Différence avec le Revenu National Brut (RNB) : PIB désigne la valeur ajoutée domestique, le RNB liée à la nationalité (dont nos investissements à l'étranger).
- Parfois très différents, e.g. Qatar (RNB » PIB), Ireland (PIB » RNB). Pourquoi donc ?

# Avantages

Historiquement, permet d'avoir une visibilité sur la production nationale (développé par Kuznet en 1931 en réaction à la crise financière puis économique des années 30) : indicateur agrégé.

Présenté aussi comme une manière d'atteindre la "paix sociale" (augmenter la taille du gâteau au lieu de réduire l'une des parts pour agrandir une autre part : jeu à somme positive).

Corrélé avec le développement ? Causal ? Double causalité ?

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

# Corrélation PIB/ Mortalité infantile

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour non-économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

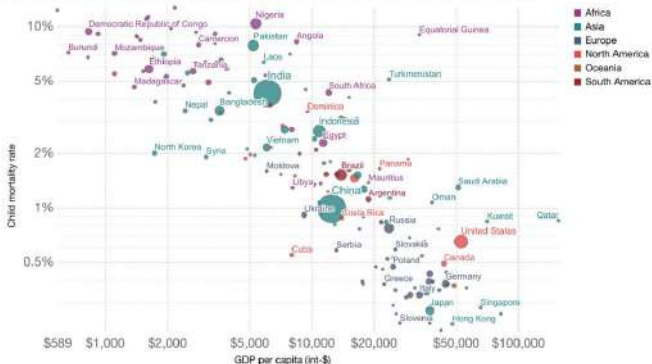
Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

## Child mortality vs GDP per capita, 2016

Child mortality is defined as the number of children born alive that die before their 5th birthday. GDP per capita is adjusted for price changes over time and between countries (measured in international-\$ in 2011 prices).

Our World  
in Data



Source: UN, Gapminder, Maddison Project Database 2020 (Boitt and van Zanden (2020))

OurWorldInData.org/child-mortality • CC BY

# Corrélation PIB/ "Bien-être/ Satisfaction"

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour non-économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

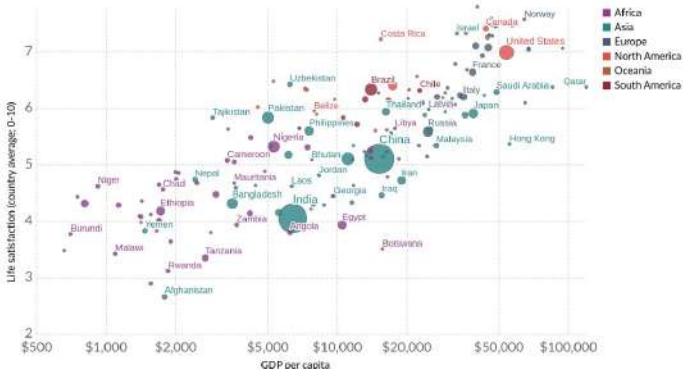
Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

## Self-reported Life Satisfaction vs GDP per capita, 2017

The vertical axis shows the national average of the self-reported life satisfaction on a scale ranging from 0-10, where 10 is the highest possible life satisfaction.

The horizontal axis shows GDP per capita adjusted for inflation and cross-country price differences.



# Limites

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour  
non-  
économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- Des idées ?

# Limites (1)

Le PIB ne distingue pas :

- Flux de richesse qui s'accumulent (*nouvelles technologies et machines*)
- Flux servant à entretenir le stock de richesses (*réparation et maintenance*)
- Flux de richesses énergétiques desquelles dépend tout l'activité économique (*nourriture et carburant*)

Mais aussi (*vision + politique*) :

- Flux qui sont des services indispensables (*santé, justice, éducation etc.*)
- Flux de services non nécessaires (*à vous de les trouver*)



## Limites (2)

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

Ne rend pas compte de la distribution du revenu et donc des inégalités (*PIB/ tête : une moyenne*), à l'inverse par exemple du *coefficient de Gini*

*"The welfare of a nation can scarcely be inferred from a measurement of national income."*

*"Distinctions must be kept in mind between quantity and quality of growth, between its costs and return, and between the short and the long term. Goals for more growth should specify more growth of what and for what." (Kuznets, 1962)*

# Limites (3)

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour  
non-  
économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

Le PIB est un indicateur productiviste et ne prend pas en compte les services non marchands (hormis les services publics) à l'image du travail domestique, des aidants etc...

# Limites (4)

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

Le PIB étant un flux et non un stock : ne prend pas en compte la destruction du stock.

Par exemple : une guerre ou une catastrophe environnementale ne va pas être pris en compte sur le flux... Voire peut gonfler le PIB et la croissance par la reconstruction !

Indicateur agrégé : ne donne pas les enjeux sectoriels (ni distributifs).

# PIB : dernières remarques

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour  
non-  
économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

PIB = 0 : possible ?

Le PIB ne prend en compte que le marché du neuf (valeur ajoutée), le marché de l'occasion ne permet pas d'augmentation du PIB.

# Indicateurs alternatifs

## Exemples :

- **Indicateur de Développement Humain (IDH, Amartya Sen)** : santé (*espérance de vie*), éducation (*durée attendue et moyenne de scolarisation*), niveau de vie (*PIB/habitant*)
- **Indicateur de pauvreté multidimensionnelle** : nombre de personnes touchées et nombre moyen de privations subies.
- **PIB vert** : PIB net du prélèvement de capital naturel (*prélèvement des ressources, dégradation environnementale... Mais quels prix ? Problème de la valorisation, de "pricing" de la nature*)
- **Empreinte environnementale** : population  $\times$  consommation par personne  $\times$  intensité en prélèvement des ressources et production de déchets (CO<sub>2</sub>). Dépassement écologique = empreinte environnementale - biocapacités.

# Corrélation et double objectif ?

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour non-économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

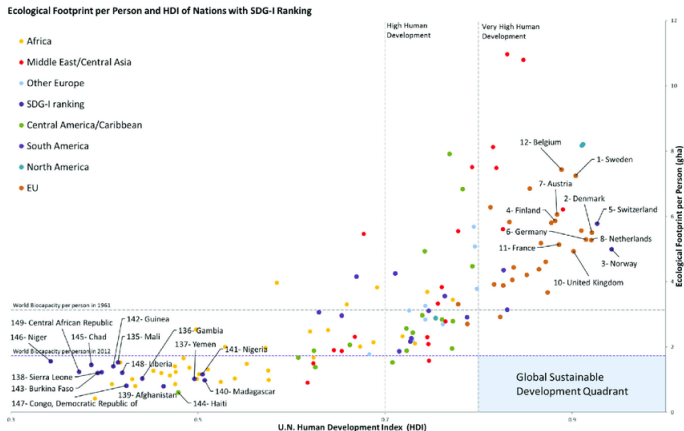
Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance



(Wackernagel et al., 2017)

Contradictions entre classement élevé dans les Objectifs du Développement Durable (SDGs) et faible empreinte environnementale? Le plus proche : Cuba (sorti du carré-objectif depuis). Equivalence en richesses, pouvoir

# Limites et sources de la croissance ?

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour  
non-  
économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- La question de la croissance : **soit par l'offre** (être plus productif, faciliter la production : vision (néo-)Classique), **soit par la demande** (hausse de la consommation : vision Keynésienne )
- Mais quelle place pour **les contraintes "extérieures", physiques, de ressources** ? La non puis difficile prise en compte de ces contraintes est un héritage historique

# Un peu d'histoire de la pensée...

L'environnement (et l'écologie) ont eu une place historiquement variable dans la pensée économique, avec progression... et régression.

- Quesnay et les Physiocrates (XVIIIème) : la terre comme unique source de richesse, l'agriculture comme seule source de valeur ajoutée.
- Economie multidimensionnelle : le "zig-zag" (tableau économique de production de valeur, Quesnay (1758)).
- L'humain subit la nature, doit donc respecter les « lois naturelles » comme :
- Le renouvellement du sol permettant l'agriculture. . .
- Mais aussi un premier libéralisme doctrinal (propriété privée, Etat minimal, ordre naturel divin, hiérarchie socio-économique, despotisme éclairé. . . contre le mercantilisme).



# Les Classiques : réification et état stationnaire

- Les Classiques (Smith, Ricardo, Say, Malthus) : Fin XVIIIème - début XIXème - Début de la Révolution industrielle.
- Cosmologie naturaliste (la "modernité", cf. P. Descola) et volonté de transformer la Nature, séparée de la sphère humaine.
- Libéralisme doctrinal et concept de valeur-travail comme source de la valeur : la nature n'en a que par le travail humain et sa "commodification".
- Relative conscience du risque d'un frein à la croissance vers un état stationnaire car ressources limitées (Ricardo et théorie de la rente agricole et des rendements décroissants ; Malthus et la surpopulation ; Jevons et l'effet rebond). Sauf Say qui voit la nature comme un inventaire (valeur-utilité).
- Mais problème dépassable : organisation optimisée du travail, développement du commerce international et spécialisation (avantages comparatifs). Première forme de *cornucopianisme*.
- A nuancer cependant (Smith : pas seulement la « *main invisible* » mais la Théorie des sentiments moraux (1759)).

# Le corpus marxiste : entre biais productiviste et vision métabolique

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement  
*pour non-économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- Marx : paradoxal car souvent accusé de productivisme, lié au dérive du stalinisme (James O'Connor : il aurait ignoré la « seconde contradiction du capitalisme », les limites naturelles, pour se concentrer sur la « première », celle de la lutte des classes, capital contre travail).
- Nature : ni une catégorie économique, ni un élément de richesse « *ne construit ni machines, ni locomotives, ni chemin de fer, ni télégraphes électriques, ni métiers à filer automatiques, etc* » (Fragment sur les machines)
- Peu d'indications sur le mode de propriété post-révolution pour les ressources naturelles.

# Le corpus marxiste : entre biais productiviste et vision métabolique

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment pour  
non-  
économistes

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- Mais, « *en même temps les deux sources d'où jaillit toute richesse : la terre et le travailleur* » (*L'Idéologie allemande, Tome III, et le Capital*). JB Foster : Marx utilise le concept de rupture métabolique pour saisir l'aliénation matérielle des êtres humains vis-à-vis des conditions naturelles de leur existence dans le capitalisme (e.g. agriculture) ⇒ Inscrit sa théorie critique du capitalisme dans la relation humain-nature.
- Tome III du K, non-fini. . . « *Le fait, pour la culture des divers produits du sol, de dépendre des fluctuations du marché, qui entraînent un perpétuel changement de ces cultures, l'esprit même du capitalisme, axé sur le profit le plus immédiat, sont en contradiction avec l'agriculture, qui doit mener sa production en tenant compte de l'ensemble des conditions d'existence permanentes des générations humaines qui se succèdent* »

# Développement de la « science économique » : l'Ecole néo-classique.

- Walras, Jevons, Menger, fin XIXème - XXème. Libéralisme doctrinal également. Mathématisation progressive, valeur-utilité, et raisonnement-concept « d'équilibre général »
- Passage de l'économie politique (étude de la production, de la répartition, de la consommation) à la « science économique » *sans objet* : étude du comportement humain rationnel, étude du choix et de *l'allocation des ressources rares* (paradoxe?).
- Passage au paradigme du marché comme outil d'analyse, non plus institutionnaliste. **Prix comme indicateur principal**
- « *L'économie est une étude de l'humanité dans l'activité ordinaire de la vie. Elle étudie ce qui, dans l'individu ou l'action sociale, est relié à la recherche et à l'utilisation des moyens matériels nécessités par le bien-être.* » (Alfred Marshall)
- « *L'économie est la science qui étudie le comportement humain comme une relation entre des fins et des ressources rares ayant des usages alternatifs* » (Lionel Robbins)
- Problème du temps logique contre temps historique, réversibilité.

# Développement de la « science économique » : l'Ecole néo-classique

- Malgré des intuitions (Jevons 1866 : risque d'effet rebond en cas d'amélioration énergétique ; Walras et la nécessaire socialisation/nationalisation de la terre)...
- Les facteurs naturels et la terre deviennent assimilés à du capital et donc susceptibles d'être reproduits grâce à du travail et du capital (cf. Harribey 1996 sur ce processus). Disparition de la terre des fonctions de production à trois facteurs, pour ne garder que travail et capital.
- Substituabilité des facteurs (fonction « Cobb-Douglas » et « CES », cf. Séance 3) : on peut remplacer l'un par l'autre. Et quid de l'énergie ? (cf. Cost share, *infra*).
- Controverse : substituabilité forte ou faible des facteurs et capitaux ? Capital technique pour compenser le capital naturel ? Cf. *Controverse Solow/Stiglitz vs Georgescu-Roegen/Daly : place de l'énergie dans la fonction de production, approche « unbounded resources productivity » contre "thermodynamic limits to production". Limite infinie théorique ? (Solow).*

# Des prises de conscience

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- Karl Polanyi et les conséquences de la marchandisation de la terre (La Grande transformation, 1944). Rapport Meadows 1972 (Club de Rome - MIT), non pas par des économistes mais chercheurs en dynamique des systèmes : *The Limits to Growth* :
- Industrialisation trop importante ;
- Croissance démographique menaçante ;
- Exploitation trop importante des ressources naturelles ;
- Persistance de la malnutrition mondiale ;
- Dégradation de l'environnement
- Modélisation dynamique non-linéaire (World3) : *prédictions valides, SANS MEME DE CLIMAT NI CO2!*
- + Rapport Brundtland 1987 (ONU) (*Our Common future*). *Sustainable Development* : « Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. »

# Développement de deux approches à partir des années 1970

- Economie de l'environnement : approche par le signal prix et les mécanismes de marché : taxe carbone, principe du pollueur-payeur, système d'échange de permis d'émission, pricing des services écosystémiques pour répondre à des défaillances de marché (externalités, tragédie des biens communs)...
- Economie écologique (ecological economics) : approche métabolique et thermodynamique de l'économie encadrée dans un écosystème bio-physique et social, interdépendances et flux de matières/énergie.
- Les deux utilisent de la modélisation économie-environnement (IAM, Integrated Assessment Models), que nous verrons séance 3, et apportent de réelles contributions, souvent complémentaires

# (Quid des « hétérodoxies » ?)

- Les « hétérodoxies » (keynésianisme, post-keynésianisme sont-elles *nécessairement* écologistes ?).
- Malgré des intuitions voire réels travaux pionniers (J. Robinson, N. Georgescu-Roegen), convergence assez récente (2000s) et pas de nécessité "logique" originelle.
- Car souvent basées sur un modèle de demande : la croissance est déterminée et stimulée par la demande (donc pas de contraintes d'offre... Donc de ressources). De plus, l'objectif étant la croissance... (pour x raisons, niveau de vie, réduction inégalités, limitation des crises etc), l'objectif passe par le prélèvement de ressources et d'énergie.



Complicé, rien que sur la question des émissions CO2 (comment donner une valeur, un prix au carbone, aux émissions? Comment chiffrer les dégâts environnementaux? Etc...)

Mais pourquoi cherche-t-on à prendre en compte l'environnement si c'est si compliqué?

⇒ **Parce que l'activité économique impacte l'environnement mais aussi car l'environnement va de plus en plus impacter l'économie (et les conditions de vie sur terre) ! => Rétroactions Economie => Nature => Economie**

# Fonctions de dommage

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement  
pour  
non-  
économistes

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

## Damage functions

Nordhaus (2013)

Dietz and Stern (2015)

Weitzman (2021)

*Climate damage as a percentage of real GDP*

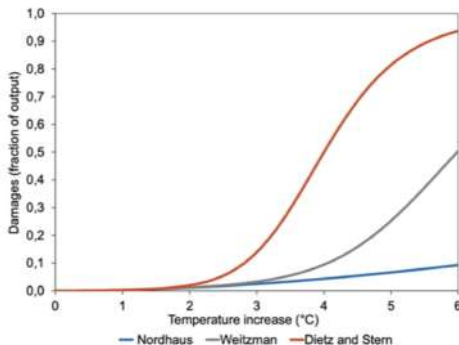


Figure: Shape of various damage functions.

# Une polycrise écologique

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- Problème du "dogme de température" : l'attention est concentrée seulement sur l'anomalie de température (et plus largement, émissions de GES).
- Or, la crise écologique (et la question de la "croissance verte") ne dépendent pas seulement des émissions de GES et du réchauffement climatique. C'est une **polycrise écologique** !

# Anomalie de température et dangers vitaux (Mora et al., 2017)

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement pour  
non-  
économistes

César Got &  
Camille  
Souffron

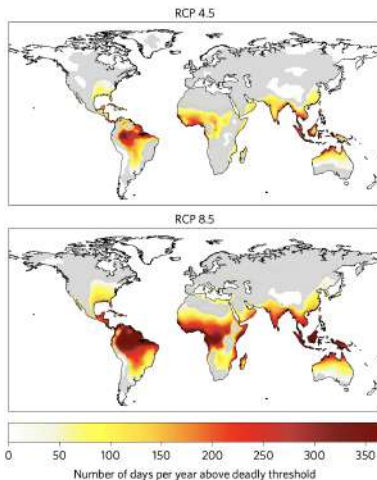
Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

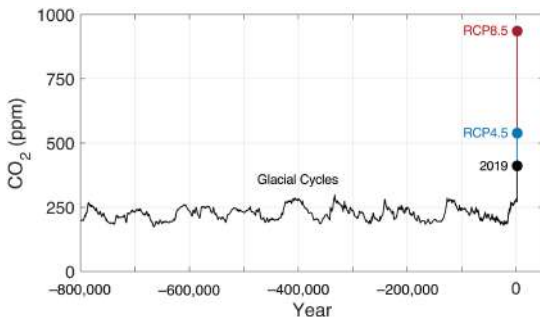
Energie,  
découplage,  
décroissance



Nombre moyen de jours/an avec combinaison température-humidité létale  
à la fin du siècle (RCP 8.5 = scénario du GIEC *business as usual*) ▶

# Taux de CO2 et cognition

Majorité des impacts prévus des émissions anthropiques de CO2 sont médiés par le réchauffement climatique (létalité due la chaleur etc), mais...



Concentration CO2 atmosphérique en ppm (Karnauskas et al., 2020).

Modèle à bilan de matière (Karnauskas et al., 2020) : conclut que les niveaux de CO2 scénario RCP8.5 à l'intérieur des habitations pourraient atteindre des niveaux nuisibles à la cognition d'ici la fin du siècle (perte de 25% des capacités basiques, 50% des capacités complexes).

# Biomasse et crise alimentaire : production

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour  
non-  
économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

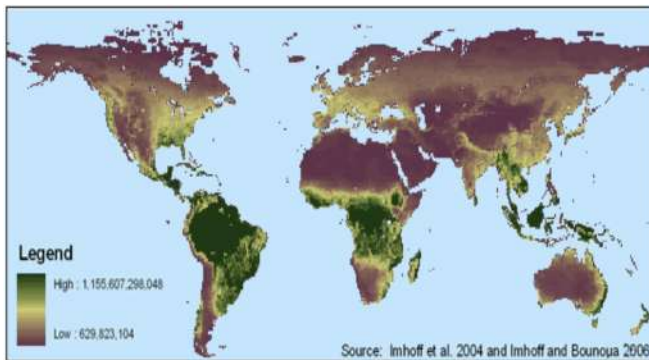
Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance



# Biomasse et crise alimentaire : consommation

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement  
*pour non-  
économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

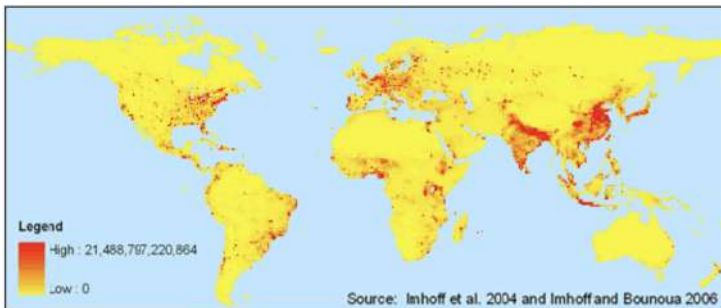


Figure 2. Human Appropriation of Net Primary Productivity (HANPP) (in grams of carbon)

# Biomasse et crise alimentaire : déficit (conso nette)

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

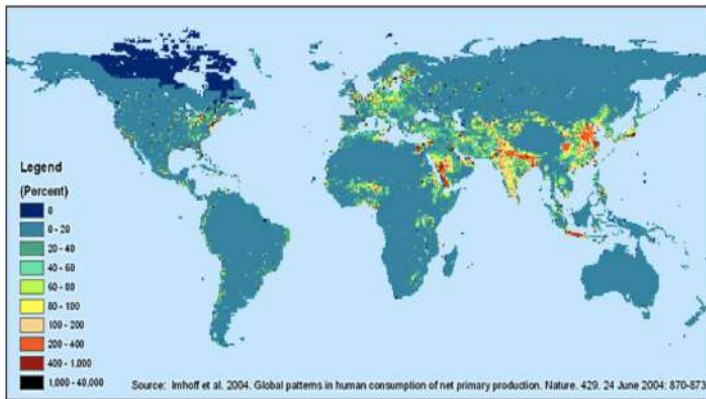
Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance



Beaucoup de zones denses en population sont en dépendance alimentaire d'autres zones : en déficit (production < consommation)



# Biomasse et crise alimentaire

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour non-économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

**Table 2. NPP Required for Selected Regions (Intermediate Estimate)**

Region <sup>a</sup>	Population, millions	Per Capita NPP Required, Mt	NPP Supply, Pg	Total NPP Required "Demand," Pg	NPP Required As % of Supply
Africa	742	2.08	12.50	1.55	12.40
East Asia	1400	1.37	3.02	1.91	63.25
South-central Asia	1360	1.21	2.04	1.64	80.39
Western Europe	181	2.86	0.72	0.52	72.22
North America	293	5.40	6.67	1.58	23.69
South America	316	3.11	16.10	0.98	6.09

# Effondrement de la biodiversité

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- IPBES 2019 : plus d'une espèce vivante sur huit (soit 1 million) pourrait disparaître de la surface du globe dans les prochaines décennies.
- Echelle des écosystèmes : destruction/altération des forêts tropicales, zones humides, mangroves. Erosion en croissance.
- Causes : surpêche, changement d'usage des terres, déforestation, artificialisation des sols... (et changement climatique).

# Ensembles de facteurs seulement partiellement corrélés au CO2

- Effondrement de la biodiversité mais aussi...
- Déforestation et désertification, destruction des mangroves... Hausse du risque de zoonose
- Pollution des sols, des eaux
- Baisse des rendements agricoles
- Mauvaise gestion des ressources en eau (agriculture et consommation)
- Epuisement des ressources halieutiques
- Flux de matières, ressources et minerais, terres rares... (presque tout le temps absents des modèles, eg. Dafermos, 2017). Dont ceux nécessaires pour la transition...

# Rareté croissante des minerais (Vidal et al. 2017)

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour non-économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

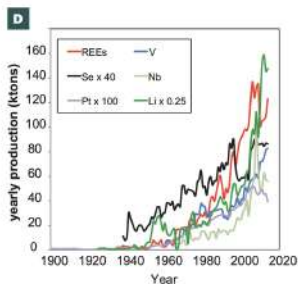
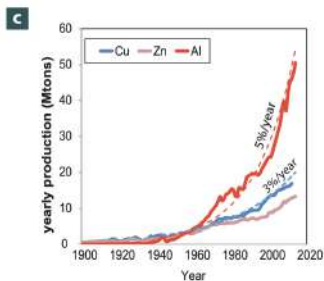
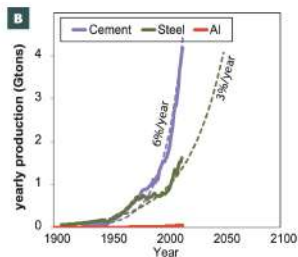
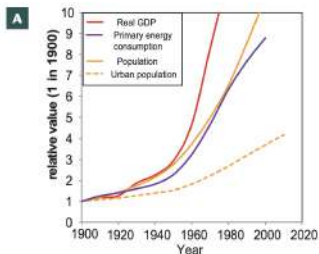
Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance



# Rareté croissante des minerais (Vidal et al. 2017)

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour non-économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

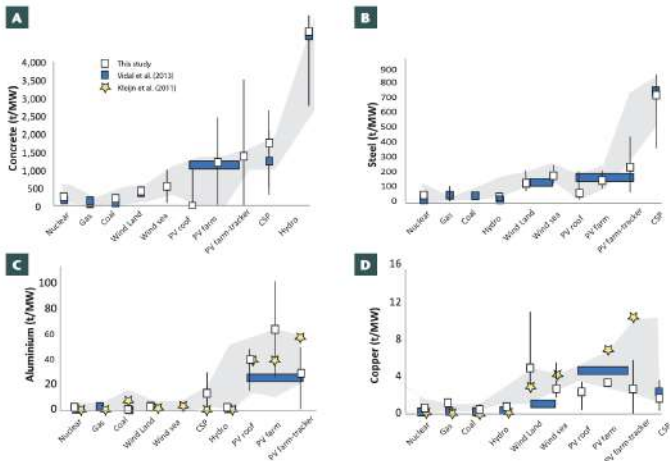
Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

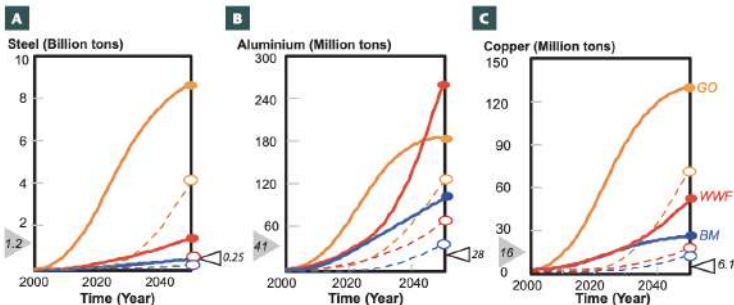
Energie,  
découplage,  
décroissance



**FIGURE 2** The amount of raw material per megawatt (t/MW) required for a range of energy production facilities: (A) concrete, (B) steel, (C) aluminium, and (D) copper. Abbreviations are as follows: PV = photovoltaic cell; CSP = concentrated solar power. The values labelled 'this study' were averaged from about one-hundred published sets of data, the error bars

showing the spread of data. Although the spread of data is large, an average increase of the amount of raw material per megawatt is observed between fossil-fuel energy production technologies and technologies using renewable energy. DATA DERIVED FROM KLEIJN ET AL. (2011), VIDAL ET AL. (2013) AND PRESENT STUDY.

# Rareté croissante des minerais (Vidal et al. 2017)



**FIGURE 3** Cumulative amounts of three key metals that will be primary mined (continuous lines) and recycled (dashed lines), as projected between the years 2000 and 2050 and that are, or will be, used to build the infrastructure of energy generation: (A) steel, (B) aluminium, and (C) copper. Abbreviations refer to reference sources used: GO = Garcia-Olivares et al. (2012);

BM = bluemap of IEA (2010); WWF = World Wildlife Fund and Ecolys of Deng et al. (2011). The grey-filled and open triangles show the 2010 global supply of primary and recycled metals, respectively.

# Géopolitique des minerais

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement pour  
non-  
économistes

César Got &  
Camille  
Souffron

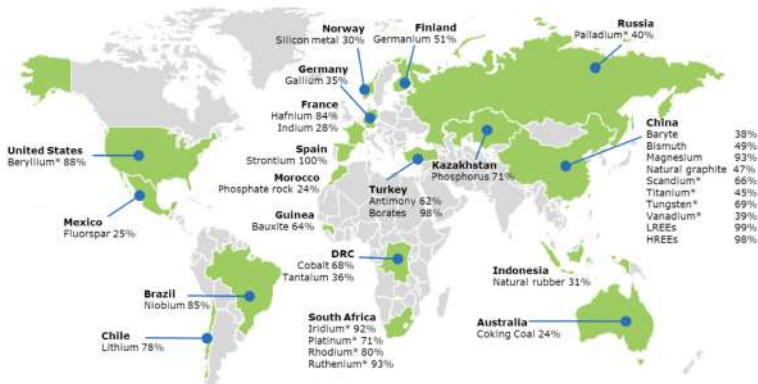
Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance



# Exemple : renforcement du risque de zoonose

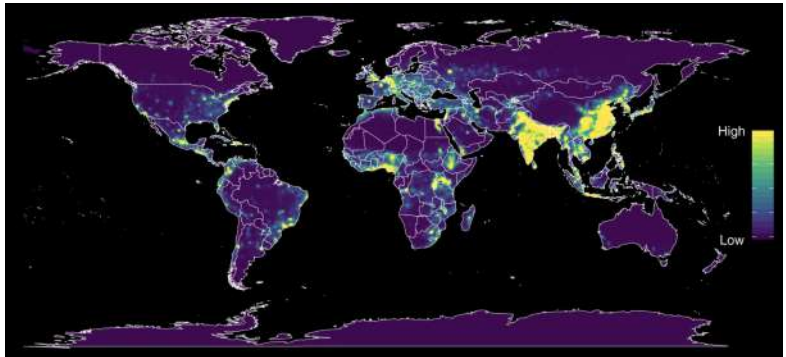
Le risque zoonotique est particulièrement élevé dans les zones qui subissent des changements d'usage des terres et où la biodiversité de la faune (mammifères) est élevée. (Allen et al., 2017).

Friedman (2020), l'économie et l'impératif de croissance économique :

- Perturbent l'environnement, surtout en ce qui concerne le changement climatique, qui devrait frapper la région méditerranéenne de sécheresse et de chaleur et entraîner des migrations massives de personnes et d'animaux.
- Perturbent également les habitats de la faune et créent des élevages industriels et des marchés pour la vente d'animaux provenant d'écologies locales qui sont "ouvertes" pour une utilisation rentable (interaction accrue entre vecteurs potentiels de maladies infectieuses et humains)
- Mondialisation : encourage les déplacements internationaux de personnes et de marchandises (transport très rapide des vecteurs)
- E.g. VIH (Faria et al. 2014), Ebola, SARS, souches virulentes de la grippe, SARS-CoV-2



# Exemple : renforcement du risque de zoonose



Carte thermique de la distribution prédite du risque relatif d'événements liés aux zoonoses (après prise en compte du biais de notification et pondéré par la population, Allen et al., 2017)

# Exemple : renforcement du risque de zoonose

## 7 « moteurs de l'émergence des zoonoses » d'origine humaine :

- l'augmentation de la demande humaine en protéines animales ;
- l'intensification non durable de l'agriculture ;
- l'utilisation et l'exploitation accrues de la faune sauvage ;
- l'utilisation non durable des ressources naturelles accélérée par l'urbanisation, le changement d'affectation des sols et les industries extractives ;
- l'augmentation des voyages et des transports ;
- les modifications de l'approvisionnement alimentaire ; et
- le changement climatique

(Programme des Nations unies pour l'environnement, 2020).  
Endogénéité avec le mode de production (i.e. régime d'accumulation du capital et de "commodification" du vivant) ?  
Conséquences du *Capitalocène* ?

# Une polycrise complexe

Les problèmes sont plus complexes que prévu, avec une réelle polycrise écologique qui dépasse la "seule et simple" anomalie de température :

- L'anomalie de température et ses impacts directs (mortalité, sécheresses, montée des eaux, baisse des rendements agricoles. . .) n'est pas la seule conséquence des émissions de GES :
- Acidification des océans et donc destruction des ressources halieutiques, risques cognitifs. . .
- Des problèmes corrélées aux GES (e.g. pollution de l'air)... ou pas du tout ! Ou juste partiellement (effondrement de la biodiversité, destruction des écosystèmes, pollution des sols et de l'eau, zoonoses. . .)
- Les contraintes de ressources (dont matériaux pour mener la transition énergétique) : raréfaction des minerais, terres rares, ressources halieutiques, biomasse. . .

Or, les émissions de GES elles-mêmes sont un problème dépassant la seule production d'électricité =>

# La France, un si faible impact ?

Important : nécessité de prendre en compte les émissions importées.

- Emissions territoriales françaises : 315,93 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>-équivalent<sup>1</sup> en 2019 (0,9% des émissions mondiales).
- Empreinte carbone de la France (émissions incluant importations et exportations) : constituée pour MOITIÉE (54% en 2019) d'émissions associées aux importations.
- Emissions totales : en réalité 2% des émissions mondiales. (Sources : Haut Conseil pour le Climat, Min. Transition écologique.) La décarbonations des économies développées : en partie causée par la délocalisation de la production et donc des émissions (Chine : 28% de la production manufacturière mondiale).

1. L'émission en équivalent CO<sub>2</sub> est la quantité émise de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) qui provoquerait le même forçage radiatif qu'une quantité émise d'un seul ou de plusieurs gaz à effet de serre (GES), e.g., CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CF<sub>4</sub>, CHF<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub>

# La France, un si faible impact ?

- La France, même en empreinte carbone territoriale, est parmi les 20 plus gros émetteurs mondiaux.
- Même avec 1% des émissions ?
- Hormis 6 pays (Chine, USA, Inde, Russie, Japon, Allemagne), tous les pays du monde représentent chacun moins de 2% des émissions. . .
- Mais représentent au total 45% des émissions mondiales (non-trivial). (Cf. Séance 3 sur la responsabilité historique et présente des pays dans les émissions et la décarbonation - inégalités de responsabilité et de contribution).

Intro. à

l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

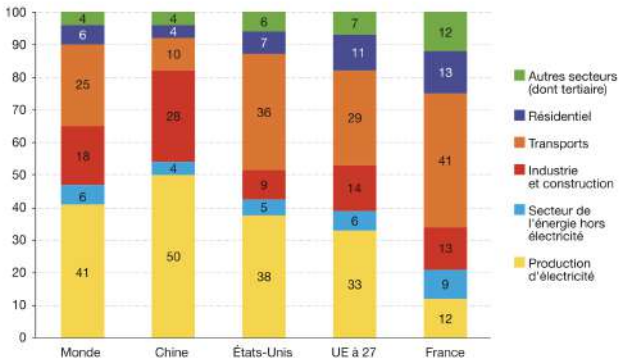
Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

# Répartition sectorielle des émissions

ORIGINE DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DUES À LA COMBUSTION D'ÉNERGIE EN 2018

En %



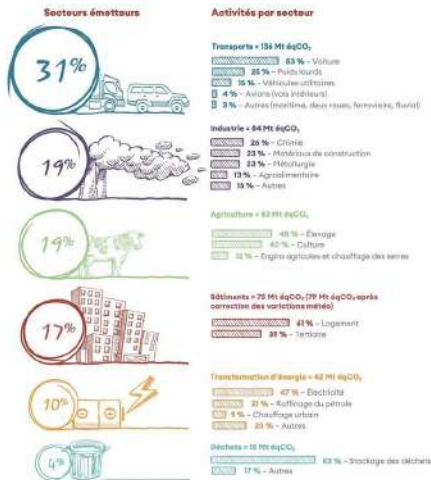
Source : AIE, 2020

Principal secteur d'émission en France : les transports.

La combustion d'énergie n'est qu'une partie des émissions GES - même si la plus grande. Il reste notamment l'agriculture.

# Répartition sectorielle des émissions

L'enjeu n'est pas seulement la production d'électricité ! (surtout en France)



Intro. à l'Economie de l'Environnement pour non-économistes

César Got & Camille Souffron

Présentation générale

Croissance économique et PIB

Un peu d'histoire de la pensée...

Une polycrise écologique

Energie, découplage, décroissance

# Equation de Kaya

$$CO_2 = POP \cdot \frac{PIB}{POP} \cdot \frac{TEP}{PIB} \cdot \frac{CO_2}{TEP}$$

Quantité des émissions de CO<sub>2</sub> par l'activité humaine

Population mondiale

Produit Intérieur Brut par habitant

Intensité énergétique de l'économie

CO<sub>2</sub> issus des sources d'énergie

Kaya, 1993) Tautologie, oui (CO<sub>2</sub>=CO<sub>2</sub>, mais décomposition utile !  
Ni causes premières des émissions, ni modèle de prévision, ni ne montre l'interdépendance des termes, mais heuristique utile.

En politique : Néo-malthusianisme (population), Décroissance (PIB/Pop), Innovation technologique/cornucopianisme (E/PIB), Transition énergétique décarbonée (CO<sub>2</sub>/E)

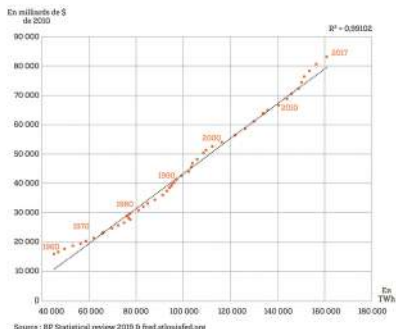


# Equation de Kaya

Pour diviser par 3 les émissions de CO2 d'ici 2040 :

- Population : trajectoire médiane de l'ONU = pop mondiale  $\times 1,25$  d'ici 2050 (politiques efficaces politiques e.g. Bangladesh 1980s mais de long terme). Doit faire baisser les autres ratios de  $3 \times 1,25 = 3,75$ . Ou malthusianisme ?
- PIB/Hab : contrainte politique d'un programme de croissance + croissance des pays sous-développés  $\Rightarrow$  soit 2% par an =  $\times 2$  avant 2050. Le produit des autres ratios doit être divisé par  $3,75 \times 2 = 7,5$ . Ou décroissance ?
- Intensité énergétique E/Y (ou inversement efficacité énergétique) : pas de réel découplage au niveau mondial depuis 20 ans cf. graphique suivant (marge possible avec rénovation thermique des bâtiments, anti-gaspillage, agriculture durable etc).
- Reste l'intensité carbone de l'énergie, donc la la transition énergétique : substituer des énergies moins émissives en CO2 aux énergies fossiles. Mais diviser par facteur 7,5 en une génération ?

# Lien entre PIB et consommation d'énergie :



Relation affine mondiale : pour produire 1€ constant de PIB, besoin (quasiment) de la même énergie primaire consommée qu'il y a 50 ans : pas d'amélioration de l'efficacité énergétique.

Nos machines et l'énergie sont une condition nécessaire (pas suffisante) au maintien voire à l'augmentation du PIB.

# Cost share, prise en compte de l'énergie et dépendance

Pourquoi si peu de prise en compte de l'énergie dans l'économie... par l'économie? Car une seule information fondamentale du raisonnement éco suffirait : **le prix** (et c'est tout).

Or, aucune relation claire entre prix du baril de pétrole (très volatile, marchés financiers) et PIB (décorrélés) : prix donne peu d'infos.

Coeur du raisonnement : Théorème du *Cost share*

**Théorème du Cost-share :**

$$\begin{array}{ccc} \text{Part du coût dans} & \times & \text{Variation de} \\ \text{la richesse totale} & & \text{quantité du facteur} \\ \text{En \%} & & \text{En \%} \end{array} \approx \begin{array}{c} \text{Variation de la} \\ \text{richesse totale} \\ \text{En \%} \end{array}$$

**L'élasticité du PIB par rapport à la conso d'énergie primaire est égale à la part du coût de l'énergie dans le PIB.**

Càd? **Si la part de l'énergie en € dans le PIB est très faible, la dépendance du PIB à l'énergie (son élasticité) est très faible...**

*Vraiment ?*

# Cost share, prise en compte de l'énergie et dépendance

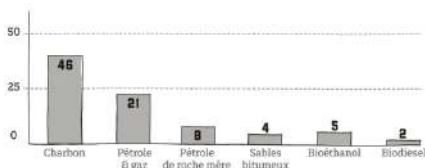
- Comparaison : votre facture d'électricité = part très faible de vos dépenses totales... Mais si vous l'enlevez, rien ne fonctionne ! Importance non-proportionnelle à sa part dans les coûts !
- Or, la part du coût de l'énergie dans le PIB est très faible (8, 9, 10%), donc l'énergie est un non-sujet ?
- Si part = 10%, alors élasticité du PIB par rapport à l'énergie = 0,1% : Diminuer de 1% l'énergie => diminuerait le PIB de seulement 0,1%. Si diminue l'énergie de moitié (-50%) => diminuerait le PIB de 5%...
- C'est la théorie : absence totale de contrainte (optimisation libre, pas de lagrangien), lié à substituabilité entre facteurs de production (reswitching).
- En pratique : Giraud and Kahraman (2014), 50 pays de 1970 à 2011.
- Résultats : élasticité empirique de 60% à 70% pour l'énergie ! Si diminue l'énergie de moitié => diminue le PIB de 30% minimum. *Energy matters!*

# Contraintes énergétique et décroissance subie ?

- Donc dépendance de la croissance (et même du maintien du PIB actuel) à l'énergie.
- Or, pic pétrolier (peak oil), le pic d'extraction du pétrole par méthode conventionnelle atteint en 2006 (AIE, 2010).
- Pic pétrolier par méthodes non-conventionnelles (sables bitumeux, gaz de schiste...) entre 2025 et 2040 (AIE).
- Risque de décroissance subie : contraintes de ressources fossiles (effondrement de l'EROI (Court and Fizaine, 2017), cf slide suivante) ET impératif de réduction des émissions GES ET contraintes de matières/minerais.

# Quels sont les types d'énergie ?

## Notion importante : Taux de Retour Energétique / Energy return over investment (TRE / EROI)



Source : EROI of different fuels and the implications for society  
- Charles A.S. Hall\*, Jessica G. Lambert, Stephen B. Belong

*Par exemple : Une unité d'énergie investie pour l'extraction de charbon fournit 46 unités d'énergie par la combustion de ce charbon*  
Effondrement tendancielle des EROI : demande de + en + d'énergie pour extraire/produire la même quantité d'énergie. Syndrôme de la "Reine rouge" (Alice au pays des merveilles) : doit courir de plus en plus vite pour au moins faire du surplace.

# Energies fossiles

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

- 85% de la consommation d'énergie primaire mondiale et 95% dans les transports
- Positif : Très bon EROI + stockage facile

## 2 problèmes principaux :

- Réserves finies : passage du pic pétrolier (pétrole conventionnel) en 2006 (AEI, 2010).
- Emission de GES (Gaz à Effet de Serre)

# Nucléaire

10% de l'électricité mondiale

Pilotable (*vraiment ? Cycle 12h-6h-3h-6h, enjeu des rivières de refroidissement...*)

Ne produit pas de GES

Fin ?

- Si rythme actuel à technologie standard constante (70 000 T/ an et réserves de 7.6 millions de T d'uranium 235 ⇒ Fin dans une centaine d'années)
- Si remplacement de la production d'électricité au charbon et au gaz par nucléaire : fin en 15 ans (toujours à technologie constante, hors recyclage des déchets).



# Energies renouvelables

- Non pilotables/ intermittentes
- Question du stockage
- Question de la taille des infrastructures et du défi technologique de créer toutes les infrastructures

## Le prix des ENR en baisse par rapport à celui des EFossiles ?

*Par exemple, le prix d'un panneau solaire : en 1975 : 100\$/ Watt de puissance et en 2022 : 0.60\$/ Watt*

**MAIS** Ne reflète que la capacité industrielle des E Fossiles à fabriquer des panneaux solaires + question de la dépendance aux métaux rares

⇒ La baisse des prix relatifs ne doit pas être considérée comme une tendance amenée à perdurer de façon certaine.

# Seule solution : croissance verte ?

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environnement *pour  
non-  
économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

## Définition ?

# Croissance verte : Définition

Intro. à  
l'Economie de  
l'Environne-  
ment *pour*  
*non-*  
*économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

Croissance économique (hausse du PIB) ET baisse des  
émissions de CO2

Limites ?

# Découplage croissance/ Emissions de GES

- Découplage **absolu** (*baisse du total des émissions*) et non pas **relatif** (*baisse des émissions par unité de PIB*)  $\Rightarrow$  *Si le PIB augmente : risque d'augmentation du total des émissions, même si baisse des émissions par unité !*
- **Net** : Prendre en compte importations et exportations (*pas seulement émissions territoriales*)
- **Durable** : Pas seulement sur quelques années (*Ex : L'Autriche a découplé e, absolu en 2011-2015 mais réaugmentation sur 2016-2019*)
- **Zone géographique** : Découplage mondial
- **Rapide** : Pour respecter objectif Neutralité carbone 2050 : Baisse de 8% par an des émissions de  $CO_2$ .

Intro. à

l'Economie de  
l'Environnement  
*pour non-économistes*

César Got &  
Camille  
Souffron

Présentation  
générale

Croissance  
économique et  
PIB

Un peu  
d'histoire de la  
pensée...

Une polycrise  
écologique

Energie,  
découplage,  
décroissance

# Un des risques : LES effets rebond

- Retour à l'équation Kaya : interdépendance des termes (e.g. taux de natalité qui dépend du niveau de vie PIB/Hab pour la transition démographique, ou bien risque qu'une baisse de l'intensité énergétique  $E/PIB$  mène à un **effet rebond**)
- Effet rebond direct : augmentation (contre-intuitive) de la consommation globale d'énergie à la suite d'une amélioration de l'efficacité énergétique (Jevons 1866, Khazzom 1992, élasticité-prix de la demande d'énergie).
- Mais aussi... Effet rebond indirect : l'effet de l'amélioration de l'efficacité d'un service ou d'un produit spécifique sur la consommation d'autres services ou produits (restructuration des schémas de consommation).
- Et pas seulement !

# Un des risques : LES effets rebond

- Effet de rebond environnemental/croisé (Van Halen et al, 1999) pour prendre en compte les différentes dimensions environnementales (ressources, terre, eau, matériaux, dégradation...).
- "l'effet selon lequel la charge environnementale mondiale augmente en tant que résultat indirect de l'optimisation de l'accomplissement d'une fonction de manière écologique et économique".
- Freire-Gonzalez et Font Vivanco (2017), pour l'Espagne : +d'efficacité énergétique pourrait mener à effet de rebond +70% pour l'énergie (direct et indirect), croisé +50% en combustibles fossiles, >+100% en minéraux non-métalliques, et extrême en eau (+1500%).

# Cela reste une polycrise...

- **La préservation de l'environnement n'est pas qu'une question de  $CO_2$**
- Même en cas de décarbonation de la production totale d'énergie, reste les autres sources d'émission : transport, agriculture...
- Contrainte de développement des pays sous-développées (équité mondiale ?)
- Et les nombreuses autres contraintes (contraintes de ressources et matières dont pour la transition, effondrement biodiversité, pollution, rendements agricoles, zoonoses etc...), cf Rapport Meadows.
- **Risques très clairs de décroissance SUBIE**
- Une croissance "verte" n'est PAS qu'une croissance décarbonée : toutes les autres dimensions environnementales à prendre en compte ! Avec les contraintes de ressources, pas seulement énergétique. Semble être compromise...

# Retour sur la comptabilité de la valeur

- Le découplage carbone semble très compliqué mais possible.
- Une croissance "verte" i.e. décarbonée ne veut pas dire "verte" (écologique)...
- La question importante : **qu'est-ce qui doit croître, qu'est-ce qui doit décroître ? Quelle valeur ajoutée rechercher ?**  
Approche sectorielle.
- La croissance dépend de sa propre comptabilité (eg. économie du *care*, 11 millions d'aidants non-comptés dans la production nationale, cf. Emmanuel Petit).
- Croître en valeur dans des secteurs à faible impact écologique, décroître dans les autres ? Substituer des composantes du niveau de vie, voire ses définitions (indicateurs alternatifs...)?
- Ce qui est sûr : sans action, risque très probable de **décroissance subie ie. récession.**



# De la nécessité de politiques adaptées

- Des politiques centrées sur la réduction des émissions GES (pricing et taxe carbone, système de quotas, investissements publics, transition énergétique...)
- Des politiques visant d'autres problématiques (préservation des ressources naturelles, lutte contre la pollution...)
- Des politiques d'adaptation et de lutte contre les inégalités environnementales.
- Des politiques de financement de la transition (et d'arrêt du financement des fossiles !)
- Comment modéliser l'impact écologique et les scénarii de transition ? Comment valoriser et donner un prix à l'environnement et la nature (et peut-on ?) Quelle gouvernance pour la transition ? Planification éco ? Quelle économie politique et philosophie politique ?

=> **Les 3 autres séances.**