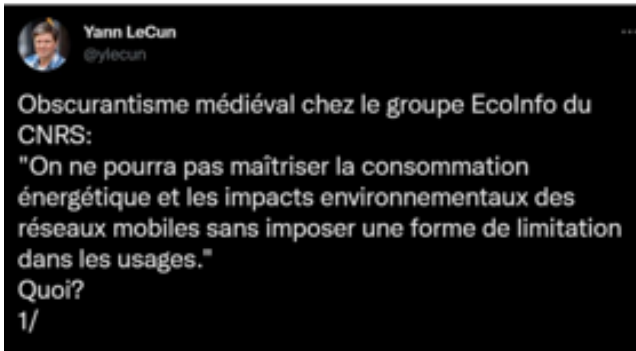
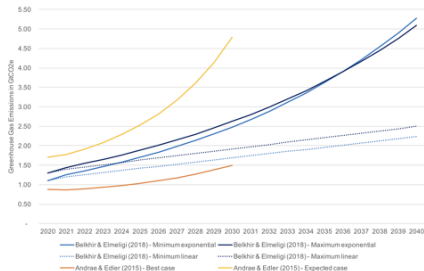


“Le numérique face à la crise climatique : une chance ou une malédiction ?”

G. Urvoy-Keller - Université Côte d'Azur

26 mars 2023





- Numérique : +6% par an
- Accord de Paris : -7% des émissions annuelles de CO₂

Le problème est complexe car ...

[...]

Your legal concepts of property, expression, identity, movement, and context do not apply to us. They are all based on matter, and **there is no matter here.**

[...]



[About](#) [Issues](#) [Our Work](#) [Take Action](#) [Tools](#) [Donate](#)



JOHN PERRY BARLOW LIBRARY

A DECLARATION OF THE
INDEPENDENCE OF
CYBERSPACE

DECRYPTING THE PUZZLE
PALACE

A NOT TERRIBLY BRIEF
HISTORY OF THE
ELECTRONIC FRONTIER
FOUNDATION

A PLAIN TEXT ON CRYPTO
POLICY

A Declaration of the Independence of Cyberspace

by John Perry Barlow

Governments of the Industrial World, you weary giants of flesh and steel, I come from Cyberspace, the new home of Mind. On behalf of the future, I ask you of the past to leave us alone. You are not welcome among us. You have no sovereignty where we gather.

AlphaGo defeated Lee Sedol

Published: 19 October 2017

Mastering the game of Go without human knowledge

David Silver , Julian Schrittwieser, Karen Simonyan, Ioannis Antonoglou, Aja Huang, Arthur Guez, Thomas Hubert, Lucas Baker, Matthew Lai, Adrian Bolton, Yutian Chen, Timothy Lillicrap, Fan Hui, Laurent Sifre, George van den Driessche, Thore Graepel & Demis Hassabis

Nature **550**, 354–359 (2017) | [Cite this article](#)

1646 Accesses | 2043 Citations | 2566 Altmetric | [Metrics](#)

~100 W per CPU
~200 W per GPU

| AlphaGo | Search threads | CPUs | GPUs |
|--------------|----------------|------|------|
| Asynchronous | 1 | 48 | 8 |
| Asynchronous | 2 | 48 | 8 |
| Asynchronous | 4 | 48 | 8 |
| Asynchronous | 8 | 48 | 8 |
| Asynchronous | 16 | 48 | 8 |
| Asynchronous | 32 | 48 | 8 |
| Asynchronous | 40 | 48 | 8 |
| Asynchronous | 40 | 48 | 1 |
| Asynchronous | 40 | 48 | 2 |
| Asynchronous | 40 | 48 | 4 |
| Distributed | 12 | 428 | 64 |
| Distributed | 24 | 764 | 112 |
| Distributed | 40 | 1202 | 176 |
| Distributed | 64 | 1920 | 280 |



(source : José Halloy)

AlphaGo defeated Lee Sedol: energy cost



~ 155 kW



Brain ~ 20 W

2500 kCal/day

~ 120 W

130 GJ = 9.7 days

34 years = 130 GJ

(source : José Halloy)

- 1972, le courrier électronique (SMTP) génère 50% du trafic



A communication system should make a positive contribution to the discovery and arousal of interests.

©IRE (now IEEE) 1960

"Man-Computer Symbiosis" is reprinted, with permission, from *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, volume HFE-1, pages 4-11, March 1960.

©Science and Technology 1968

"The Computer as a Communication Device" is reprinted from *Science and Technology*, April 1968.

- Economie de l'attention, "Notre ennemi est le sommeil" (PDG de Netflix)
- Fear of Missing Out (double tick WhatsApp)

(source <https://learninglab.gitlabpages.inria.fr/mooc-impacts-num/mooc-impacts-num-ressources/Partie4/FichesConcept/FC4.2.4-QuestionDAttention-MoocImpactNum.html>)

[//learninglab.gitlabpages.inria.fr/mooc-impacts-num/mooc-impacts-num-ressources/Partie4/FichesConcept/FC4.2.4-QuestionDAttention-MoocImpactNum.html](https://learninglab.gitlabpages.inria.fr/mooc-impacts-num/mooc-impacts-num-ressources/Partie4/FichesConcept/FC4.2.4-QuestionDAttention-MoocImpactNum.html)

Si le numérique a un coût environnemental, est-ce un mal pour un bien ?

Est-ce que les ...

- smart grids,
- smart city,
- smart building,
- smart agriculture,
- etc,

.... contribuent ou allègent la crise actuelle ?

- La prise en compte des impacts environnementaux de la recherche fait partie de l'éthique de la recherche, au même titre que le respect de la vie humaine ou de l'animal d'expérimentation.
- " Le COMETS entend d'abord rappeler la responsabilité des acteurs de la recherche à l'égard des conséquences de leurs activités sur l'environnement". Les acteurs = nous, laboratoire, communauté, instituts,...
- La responsabilité environnementale impose de réfléchir :
 - à la pratique de la recherche au quotidien ;
 - aux sujets et voies de recherche.

(source : <https://comite-ethique.cnrs.fr/wp-content/uploads/2022/12/AVIS-2022-43-.pdf>)

- Bilan du numérique en France,
- Des premières solutions simples :
 - du monde de la recherche
 - de l'industrie des TIC
- Besoin d'une méthode de quantification des effets
- Raisonons en dehors des TICs
- Discussion

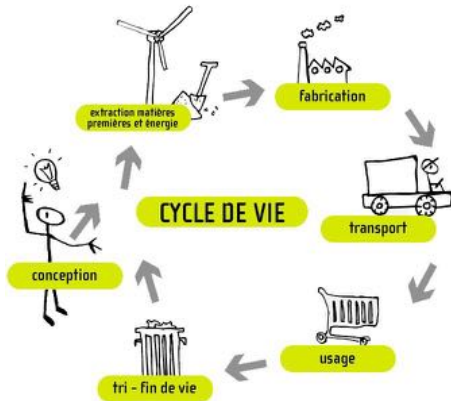
Bilan énergétique et environnemental du numérique



EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE EN FRANCE ET ANALYSE PROSPECTIVE

Evaluation environnementale des équipements et infrastructures
numériques en France Synthèse du 2^{ème} volet de l'étude

19 janvier 2022



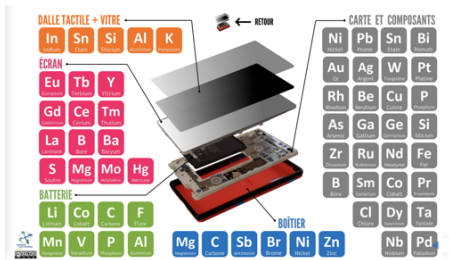
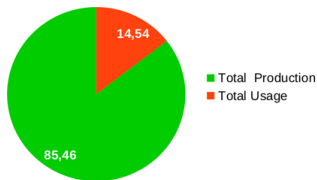
- Une ACV (Analyse de Cycle de Vie) ISO 14040 :2006
- 3 niveaux :
 - 1. Équipements Utilisateurs (pro. et particulier) et capteurs (IoT)
 - 2. Réseaux
 - 3. Datacenters
- Unité Fonctionnelle :
 - "Utiliser des équipements et systèmes basés en France liés aux équipements et infrastructures numériques sur un an"

- L'impact sur le changement climatique est de 16,9 Mt eq. CO_2 et 253 kg eq. CO_2 /habitant en France
 - \approx émissions directes de CO_2 d'une flotte de **12 344 994** véhicules¹
 - \approx consommation d'électricité de **8 282 000** ménages français²
- 10% de la consommation électrique française.
- 2,5% de l'empreinte carbone de la France

1. en considérant 12 223 km par véhicule, et des émissions moyennes de 112 g CO_2 eq./km.

2. en considérant 29 012 000 ménages, et 170 TWh de consommation d'électricité pour le secteur résidentiel.

- Trafic à partir des hypothèses ARCEP+ADEME (220Go fixe + 6Go mobile)
- ordi + smartphone +box + TV
- Utilisation : Modèle 1-byte du Shift pour équipement+réseau+data center
- Production : ecodiag
- 241 kg CO2 par habitant



(source : <https://www.systemx.org/>)

Des premières solutions simples...

Ex : la 5G

- China Telecom (144 millions d'utilisateurs en 5G) signale une augmentation $\times 4^3$
- Une meilleure efficacité, moins de Joules par octet . . .
- . . . mais débits élevés beaucoup plus de stations de base (1 Gb/s sur 150 m)
- les utilisateurs de la 5G consomment plus de données
- Paradoxe de Jevons : une plus grande efficacité \rightarrow baisse coût unitaire \rightarrow hausse consommation

3. <https://www.nature.com/articles/s41928-020-0404-1>

- En 2015, GeSI, une organisation représentant l'industrie des TIC sur les questions environnementales, a publié un nouveau rapport pour estimer les émissions évitées grâce à la numérisation.
- Ils estiment que les émissions mondiales pourraient être réduites de 20% (12 GtCO₂e) d'ici 2030

Supporting Organisations

GeSI and member companies: Bell Canada, British Telecommunications Plc, Cisco Systems, Deutsche Telekom AG, Ericsson, France Telecom, Hewlett-Packard, Intel, Microsoft, Nokia, Nokia Siemens Networks, Sun Microsystems, T-Mobile, Telefónica S.A., Telenor, Verizon, Vodafone Plc. Additional support: Dell, LG.

Steering Committee

Deutsche Telekom AG
Luis Neves, Chair of GeSI
The Climate Group
Emily Farnworth
Chair of Steering Committee
British Telecommunications Plc
Chris Tuppen
Cisco Systems
Juan Carlos Castilla-Rubio
Intel
Robert Wright
LG
Alexander Grossmann
Nokia Siemens Networks
Juha-Erkki Mantyniemi
T-Mobile
Allison Murray
Vodafone Plc
Joaquim Croca

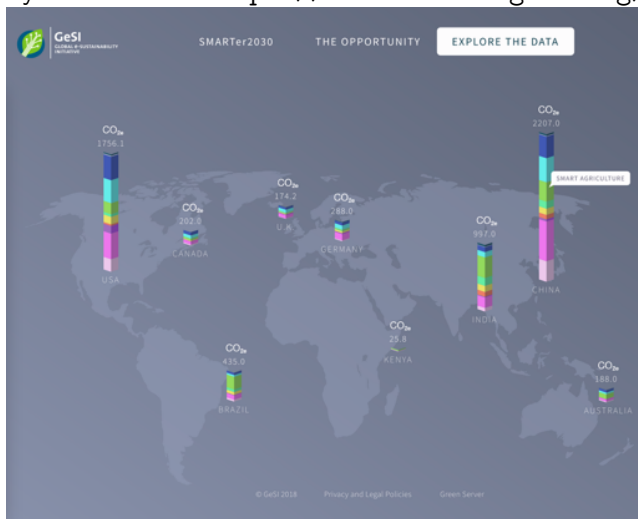
Project Director

Molly Webb, The Climate Group

Independent Analysis

McKinsey & Company

Gains par pays d'ici 2030 - <https://smarter2030.gesi.org/>



- Eric Vidalenc (travaille pour ADEME)



- Un rapport similaire de GeSI en 2008 prévoyait une diminution de 20% d'ici 2020

■ Gauthier Roussilhe^a

- Rapport se concentre sur les effets d'**efficacité** et de **substitution** dans plusieurs secteurs (énergie, industrie, transport, agriculture, etc)
- Estime à la marge les **effets rebonds directs** sans les intégrer dans le résultat final.
- Hypothèses d'efficacité trop optimistes avec des taux d'adoption non prouvés.

a. <https://gauthierroussilhe.com/en>

Nous avons besoin d'une méthode
de quantification des effets

Effets directs

Relatif à l'extraction, la production, l'utilisation du transport, la fin de vie d'un produit.

Souvent modélisés par ACV

Effets indirect

Impact et opportunités créés par l'utilisation et l'application des TIC^a.
Peut être positif ou négatif

a. Jan Bieser et Lorenz Hilty, "Assessing Indirect Environmental Effects of Information and Communication Technology (ICT) : A Systematic Literature Review", Sustainability 2018, p.2.

| Taxonomy described in this paper | | |
|----------------------------------|--------|--|
| Effect | Scope | GPS System Example |
| Embodied energy | Direct | Energy to produce a GPS system |
| Operational energy | | Energy to operate a GPS system |
| Disposal energy | | Energy to dispose of a GPS system at end-of-life |

Environmental Research Letters

TOPICAL REVIEW

Known unknowns: indirect energy effects of information and communication technology

Nathaniel C. Horner¹, Arman Shehabi¹ and Inés L. Azevedo²

¹ Department of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, 5000 Forbes Avenue, Pittsburgh, PA 15213, USA

² Lawrence Berkeley National Laboratory, 1 Cyclotron Road MS 908R2002, Berkeley, CA 94720, USA

| | | |
|--|---|--|
| Efficiency | Indirect: Single- service | More efficient traffic flow due to GPS-enhanced routing |
| Substitution | | Replacement of paper-based maps |
| Direct rebound | | More travel due to lower cost of traffic congestion |
| Indirect rebound | Indirect: Comple- mentary services | Energy consumed during time saved by more efficient travel |
| Economy-wide rebound (Structural change) | Indirect: Economy- wide | GPS enables autonomous vehicles and causes growth of intelligent transportation system manufacturing |
| Systemic Transformation | Indirect: Society- wide | Autonomous vehicles alter patterns in where people choose to live and work |

Effet rebond : amélioration efficacité énergétique d'un produit/service qui mène à une augmentation de la consommation/vente de ce produit.

- L'effet rebond n'est pas systématiquement négatif
 - Peut avoir un impact moindre que la solution qu'il remplace.
 - Sinon, on parle de "retour de flamme" ou paradoxe de Jevons
- Difficile d'évaluer l'impact de 3e niveau (systématique, au niveau de la société)
 - "Computable General Equilibrium (CGE)" : ensemble d'équations pour modéliser producteurs, et consommateurs
- Problème : il faudrait savoir **avant** de déployer la technologie, étant donné l'énergie grise (production)

- **Meilleure inclusion** des personnes âgées ou handicapées **Effet Systémique**
- Réduction consommation de carburant en **coordonnant la conduite** et la vitesse **Efficacité**
- Dynamiser le marché de l'autopartage au **détriment de la possession de voitures particulières**, en réduisant le parc automobile global et l'énergie grise (production) **Effet Substitution**

4

4. Vlad C. Coroama, et al. : Digital Rebound - Why Digitalization Will not Redeem us our Environmental Sins. ICT4S 2019

- Meilleure inclusion des personnes âgées ou handicapées signifie qu'elles utiliseront des véhicules autonomes **au lieu des transports en commun**,
- Les voitures autonomes sont également susceptibles d'induire un nombre substantiel de **trajets à vide** **Effet Direct - Usage**
- Contournez le problème du **parking** qui limite le nombre de voitures. Ex : Comme Chase [13] le dit ostensiblement : " Je programme le [véhicule entièrement autonome] pour qu'il revienne à 9h30, mais je ne me précipite pas parce que la voiture va faire le tour du quartier jusqu'à mon arrivée !" **Effet Rebond Direct**
- Le temps passé à conduire un véhicule autonome sans stress ni attention peut être utilisé pour socialiser ou travailler. **Effet Rebond Indirect**

| Study | Region | Net Savings | | Method |
|------------------------------------|--------------|--|------------------------|--------------------------------|
| | | | Qualitative conclusion | |
| Romm <i>et al</i> (1999) | US | Savings = 1.5% of residential & commercial electricity | ▲ | Calculation |
| Aebischer and Huser (2000) | Germany | 24% reduction in vehicle travel | ▲ | Empirical survey |
| Aebischer and Huser (2000) | Switzer-land | -115 to 282 kWh/y/telecommuter, saved depending on frequency | ◇ | Case study |
| Baer <i>et al</i> (2002) | US | 32 TWh electricity saved in 2001; 48-216 TWh by 2021* | ◇ | Scenario analysis |
| Robert <i>et al</i> (2002) | US | 5.1 million gals. gasoline saved over 68K employees for 1 year | ▲ | Empirical survey + calculation |
| Hopkinson and James (2003) | UK | 0-50% commercial space saved; Commute decrease; business travel inconclusive | ▲ | Case study |
| Erdmann <i>et al</i> (2004) | EU-15 | Telework & virtual meetings energy savings 1% | ▲ | Scenarios w/ SD simulation |
| Scott Matthews <i>et al</i> (2005) | US, Japan | 0.01-0.4% net national energy savings | ◇ | Calculation |
| Roth <i>et al</i> (2008) | US | 7-80 MJ annual savings per telecommuter | ▲ | LCA (hybrid) |
| Kitou and Horvath (2008) | US | Avg direct energy cost savings of 18% | ▲ | Simulation w/ MC |

5

5. Horner, Nathaniel C. at al. "Known unknowns : Indirect energy effects of information and communication technology." *Environmental Research Letters* 11.10 (2016)

Table 4 summarizes estimates of these energy effects. Varying greatly in method and scope, the telework studies do not lend themselves to comparing quantitative results, so we report findings specific to each study rather than savings percentages. Many of the studies are optimistic about energy savings, while

- Moins trajets domicile-travail **Efficacité**
- Plus d'autres trajets **Effet Rebond Indirect**
- Maison plus grande, étalement urbain **Effet Systémique**
- Economies ré-injectées dans dans d'autres secteurs **Effet Rebond Indirect**

Cela ne marche donc jamais ???

- En 2009, le premier Forum mondial des ressources (WRF) a été organisé simultanément à Davos, en Suisse, et à Nagoya, au Japon.
 - Plus de préposés dans chaque hub
 - Mais compensé par de plus petites distances en avion
- Distributeurs automatiques au Japon
 - Très populaire. Consomme 3,7% de l'électricité nationale dans les années 1990
 - Le gouvernement imposé pour accroître l'efficacité
 - En raison du manque d'espace, pas de retour de flamme

Digital Rebound – Why Digitalization Will Not Redeem Us Our Environmental Sins

Vlad C. Coroamă and Friedemann Mattern
Department of Computer Science
ETH Zurich
Zurich, Switzerland
{vcoroama, mattern}@ethz.ch

- Le rebond a intrinsèquement une consommation de ressources plus faible que les activités optimisées à l'origine (telles que les vols intra-continentaux par rapport aux vols intercontinentaux),
- Il existe un facteur limitant (financier ou physique) différent de celui qui devient le plus efficace
- Le marché est saturé
Ex. fuite de gaz détectées avec les voitures Google qui économisent du gaz mais n'augmentent pas l'utilisation)

- Sachant que :
 - 1 Estimer les gains a priori est complexe car mélange technique/économique/social
 - Se concentrer sur l'efficacité et les effets de substitution ne suffit pas
 - “Les effets positifs de la numérisation sont beaucoup moins importants qu'estimés” (G. Roussilhe)
 - 2 Énergie grise dépensée en amont des projets et puisée dans les stocks des futures générations (numérique non renouvelable)
 - 3 La fenêtre de temps “climatique” est courte, de l'ordre de 10 ans
- *Le Principe de précaution s'impose*

- Besoin de plus de recherches sur les effets des TICs
 - Ne pas faire de technosolutionnisme
 - Discuter avec les Sciences Humaines puisque le problème n'est pas que technique
- Le COMETS ouvre des perspectives intéressantes sur la **collaboration entre monde de la recherche et société civile** en "confort[ant] les réflexions sur les orientations et impacts de la recherche qui sont menées dans le cadre de collectifs ouverts (à des compétences et savoirs diversifiés – chercheurs, ONG, agriculteurs et autres acteurs de la société civile...) ”.

- Explorer les compromis disponibilité/énergie
- Réfléchir à un Internet d'après l'ère de l'abondance (outrance) énergétique

rent power sources.

On the other hand, an availability of 90% of the time, which roughly equals one month a year, is relatively easy to achieve with off-grid solar. Increasing that availability further, however, leads to rapidly increasing (embodied) energy requirements all the while diminishing absolute gains in uptime. The logic behind this becomes palpable if one looks at an expression common in



“This is a solar-powered website, which means it sometimes goes offline”: a design inquiry into degrowth and ICT

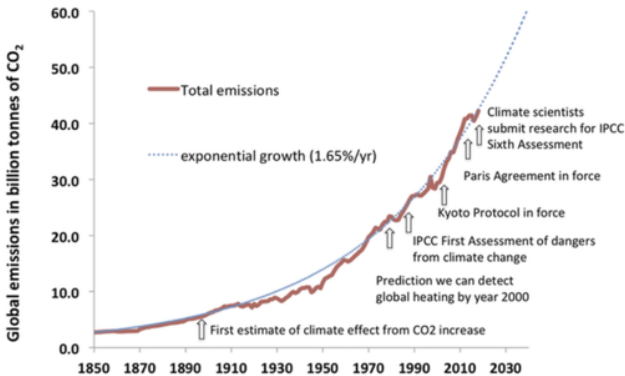
Roel Roscam Abbing
roel.roscam-abbings@mau.se
School of Arts and Communication (K3), Malmö Universitet
Malmö, Sweden

Back-up

Raisonnons “hors” du monde des TICs

- Q1 Alors que les TIC se sont répandues dans la plupart des secteurs économiques au cours des 20 dernières années, pouvons-nous voir ses résultats ?
- Q2 La numérisation réduit-elle notre empreinte matérielle ?

Q1 : What about our global emissions ?



- Si jamais la numérisation avait un impact global, on devrait déjà le voir !
- Cela ne veut pas dire qu'il en a un négatif !



The material footprint of nations

Thomas O. Wiedmann^{1,h,c,t}, Heinz Schandl^{h,d}, Manfred Lenzen^e, Daniel Moran^{c,g}, Sangwon Suh^f, James West^h, and Keiichiro Kanemoto^{c,g}

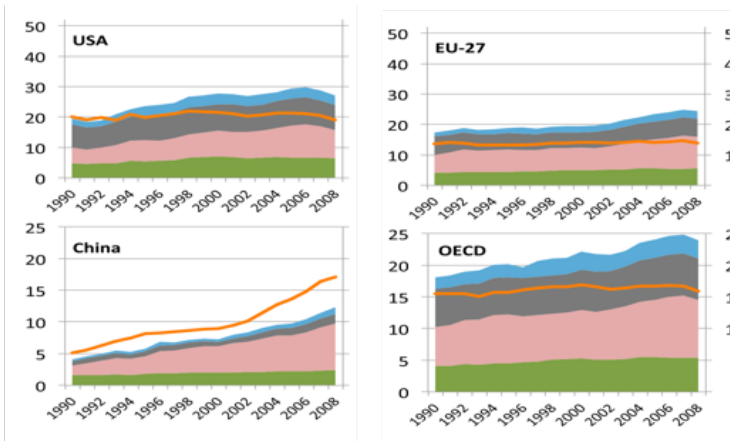
¹School of Civil and Environmental Engineering, The University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia; ^hCommonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Ecosystem Sciences, Canberra, ACT 2601, Australia; ⁱIntegrated Sustainability Analysis (ISA), School of Physics A28, The University of Sydney, Sydney, NSW 2006, Australia; ^aAustralian National University, School of Sociology, Canberra, ACT 2601, Australia; ^gProgramme for Industrial Ecology, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 7013 Trondheim, Norway; ^bBren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara, CA 93106-5131; and ^cGraduate School of Environmental Studies, Tohoku University, Sendai 980-8579, Japan

Edited by Joan Martínez Alier, Autonomous University of Barcelona, Barcelona, Spain, and accepted by the Editorial Board August 1, 2013 (received for review November 30, 2012)

SPECIAL FEATURE

Cela dépend fortement de la façon dont on compte

- Cas 1 : \sum Extraction domestique + Poids de l'importation – Poids de l'exportation
- Cas 2 : Identique au cas 1 *mais* vous comptez pour les marchandises importées le poids de la matière extraite
- Cas 1 : un smartphone de 150 g vs Cas 2 : un smartphone de 150 kg



Légende :

MF/cap metal ores fossil fuels construction minerals biomass DMC/cap

Entretien – Climat

Guillaume Pitron : « Un téléphone portable ne pèse pas 150 grammes, mais 150 kilos »



- "L'empreinte matérielle des nations" renvoie au problème du découplage entre PNB et émissions carbone
- Laurent Eloi suggère que la numérisation a en fait aggravé la situation car elle optimise tous les processus, par ex. Amazon peut livrer plus de marchandises, qui nécessitent plus de matériel