

Et si l'efficacité énergétique ne suffisait pas ?

Un pas de côté

Françoise Berthoud

GDS EcoInfo 

L'efficacité énergétique, ça pourrait servir à quoi ?

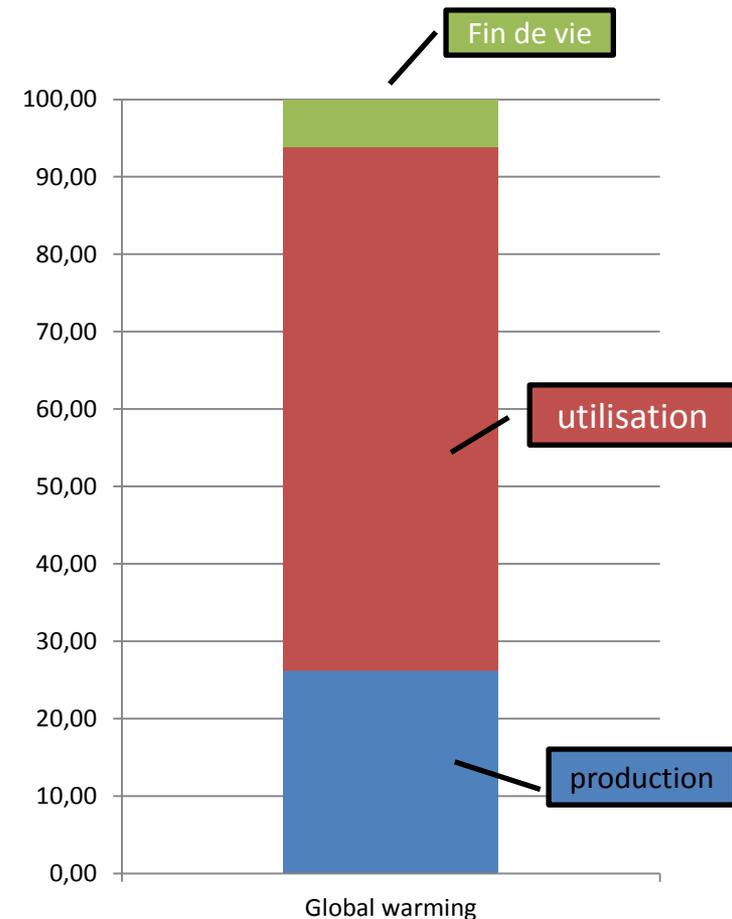
1. Réduire les GES
2. Raisons économiques (dépenser moins ...)
3. Réduire la pression sur les ressources (gaz, pétrole, uranium)
4. Réduire les pollutions générées à l'usage des équipements

L'efficacité énergétique, ça pourrait servir à quoi ?

1. Réduire les GES
2. Raisons économiques (dépenser moins ...)
3. Réduire la pression sur les ressources (gaz, pétrole, uranium)
4. Réduire les pollutions générées à l'usage des équipements

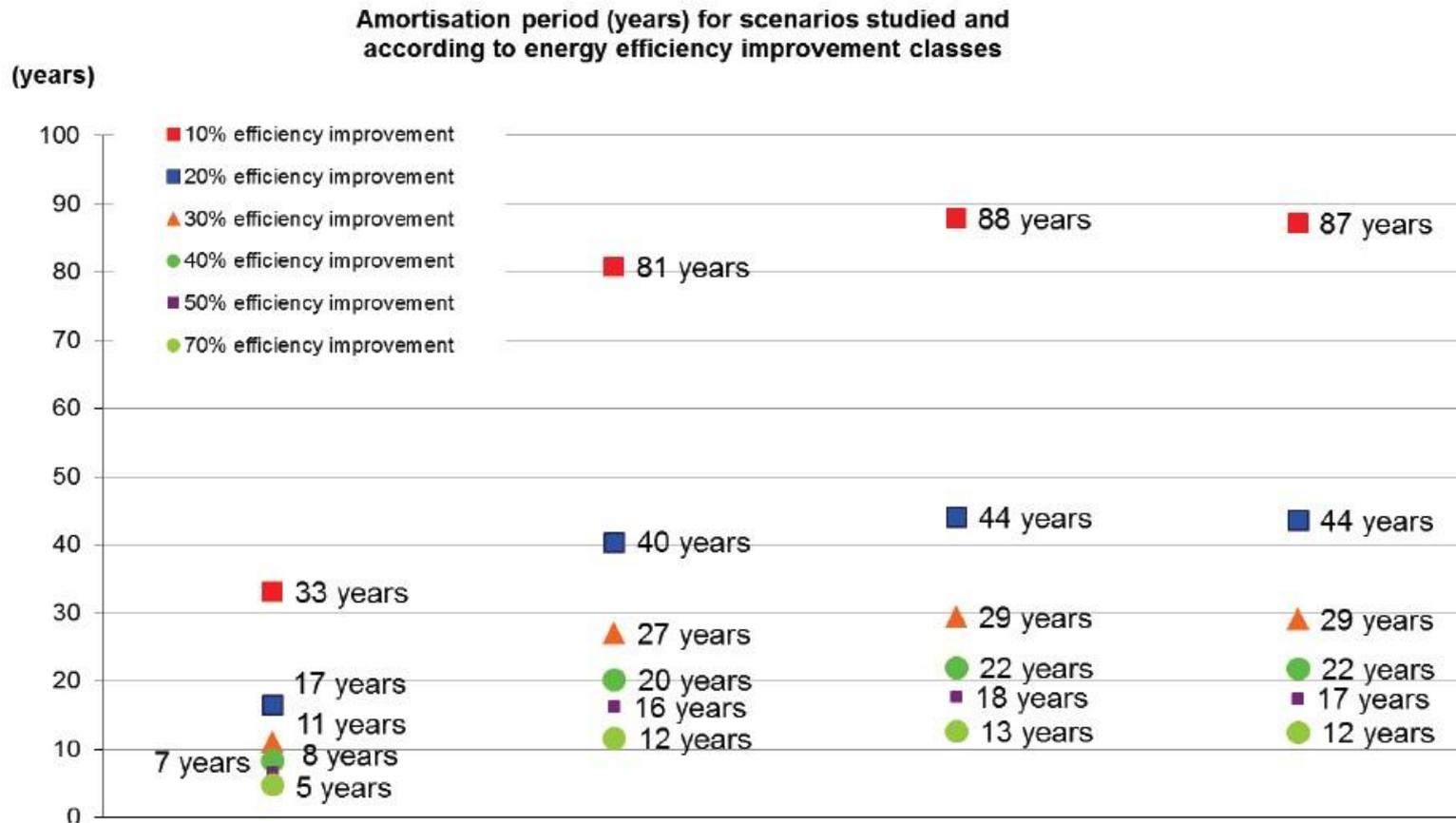
Motivation environnementale : diminuer les GES

- Rappel : réduire les GES par 4 d'ici 2050 ..
- En consommant moins pendant la phase d'usage, on réduit les GES !
- Les TICs comme levier : on pourrait réduire les GES générés par les autres secteurs.
- La phase d'utilisation est la plus impactante sur les GES.



GES relatifs générés pendant les différentes phases du cycle de vie d'un serveur utilisé pendant 3 ans, en Europe.

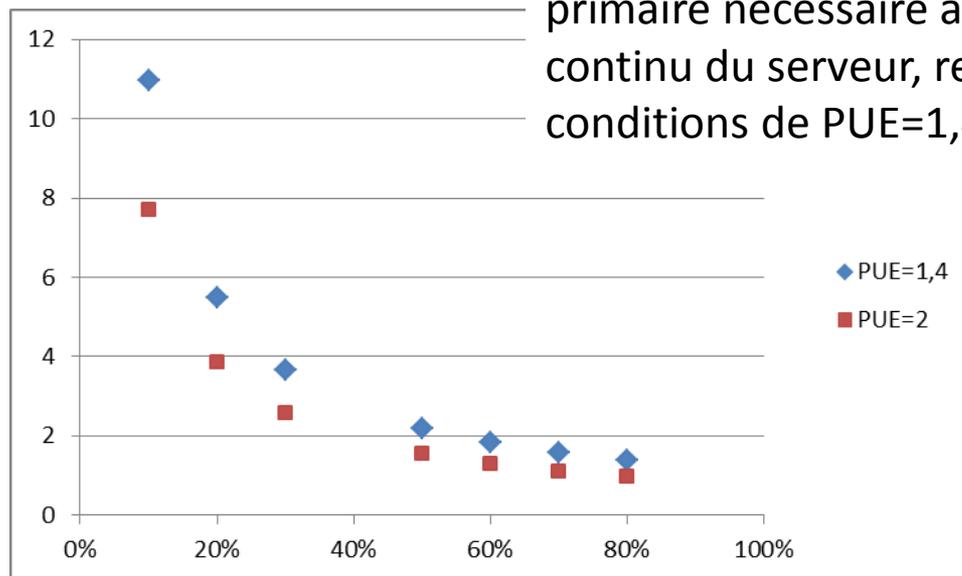
Remplacement d'un équipement par un autre plus efficace – cas d'un portable



“Timely replacement of a notebook under consideration of environmental aspects” (2012) S.Prakash, R. Liu (Öko-Institut e.V. – Institute for Applied Ecology, Freiburg, Germany), K.Schischke , L.Stobbe (Fraunhofer IZM, Berlin, Germany)

Remplacement d'un équipement par un autre plus efficace – cas d'un serveur

Période d'amortissement
(en nb d'années)



Étude du cas d'un serveur récent. Les GES sont calculés en fonction de l'énergie primaire nécessaire au fonctionnement en continu du serveur, refroidit dans des conditions de PUE=1,4 ou PUE=2

Mais avec la virtualisation ?

- Oui ! Si > 5 machines virtuelles par serveur

Mais ... alors ...

Le nombre de serveurs vendus devrait s'effondrer !

- Progression du marché mondial en 2011 (en unité) : +7,5 %
- Progression du marché mondial en 2012 (en unité) : +1,5 %

Tableau 1 - Cadre conceptuel d'analyse des liens entre TIC et environnement

Type d'effet	Niveau d'influence	TIC en tant que solution	TIC en tant que problème	
De 1 ^{er} ordre (directs)	TIC elles-mêmes ↓	Fabriquer plus avec moins	Cycle de vie des TIC	Production
				Utilisation
				Fin de vie
De 2 ^{ème} ordre (indirects)	Applications des TIC à d'autres secteurs ↓	Effets d'optimisation	Effets d'induction	
		Effets de substitution		
De 3 ^{ème} ordre (systémiques)	Changement social	Profond changement structurel vers une économie dématérialisée	Effets rebond	
			Nouvelles infrastructures critiques d'information	

Source: Hilty, L.M. (2008), *Information Technology and Sustainability: Essays on the Relationships between Information Technology and Sustainable Development*, Norderstedt: Books on Demand.

Effet rebond

« Augmentation de consommation liée à la réduction des limites à l'utilisation d'une technologie, ces limites pouvant être monétaires, temporelles, sociales, physiques, liées à l'effort, au danger, à l'organisation... »

➔ les économies d'énergie ou de ressources initialement prévues par l'utilisation d'une nouvelle technologie sont partiellement ou complètement compensées suite à une adaptation du comportement de la société.

Les effets rebond

- **Effet revenu** : On réduit l'intensité en énergie d'un service => son coût baisse => l'économie ainsi réalisée permet de consommer davantage de ce même service.
- **Effet confort** : Le consommateur estime avoir atteint un niveau satisfaisant de consommation du service dont le prix a baissé => il dépense autrement l'argent économisé => augmente les flux de matières dans la société (l'entropie).

Les effets rebond

Effet temps :

- Transport : des technologies permettent de réduire les temps de trajet => elles favorisent les transports rapides et les déplacements individuels au détriment des déplacements collectifs => embouteillages sur les routes, allongement des files d'attente dans les aéroports, etc.
- Internet : profusion d'informations à portée de clic => on consacre davantage d'heures à en lire.

Les effets rebond

- Les TIC nous font gagner du temps... mais le nombre d'heures passé à les utiliser augmente ! (comme pour les voitures coincées dans les embouteillages : on croule sous les mails...).
- Les TIC sont sensées faciliter la communication mais les contacts physiques diminuent (Nokia déconnecte...)
- Commerce en ligne : on gagne du temps => plus facile d'acheter ?
- Diffusion des logiciels ERP => fort accroissement de la productivité => accroissement du nombre de tâches réalisables par personne.

Les effets rebond

- Optimisation des serveurs => le Go stocké devient moins cher (& e.g. on peut faire du cloud !)
- Optimisation des logiciels : on consomme moins pour faire tourner les OS => on peut les muscler à merci !
- Effet volume : les écrans plats prennent moins de place => on peut en mettre de partout
- Internet et le papier : les octets se substituent-ils aux atomes pour la transmission d'information ? La consommation de papier continue d'augmenter de 2%/an
- Virtualisation : les machines virtuelles consomment moins, on peut les multiplier à merci .. Mais il faut les redonder les serveurs physiques

Exemples de mesures d'ER

	Sector / products or services	Rebound effect quantification	Comment	Source
Countries	Energy consumption	5-15%	OECD countries, 80-90% of energy consumption needs	Schipper and Grubb 2000
	Road transport	30-50 %	In Italy and Germany	Walker and Wirl 1993
	Road traffic	50-90 %	Induced by new road capacities	Hofstetter et al. 2006
Households	Heating	10-30 %		Greening et al. 2000
		30 %	In Austria	Haas and Biermayr 2000
		65 %	For electricity-heated households	Khazzoom 1986
	Cooling	0-50 %		Greening et al. 2000
	Water heating	<10-40 %		Greening et al. 2000
	Lighting	5-12 %		Greening et al. 2000
	Appliances (white goods)	0 %		Greening et al. 2000
	Automotive transport	10-30 %		Greening et al. 2000
Industry	Manufacturing energy use	+ 24 %	Looking at only periods of decreasing energy prices	Hertwich 2005
	Manufacturing energy use	0-20 %	Short run	Greening et al. 2000
	Lighting (short run)	0-2 %	Short run	Greening et al. 2000
	Environmental impacts	0-< 100 %	Long run, aggregate impacts	Greening et al. 2000

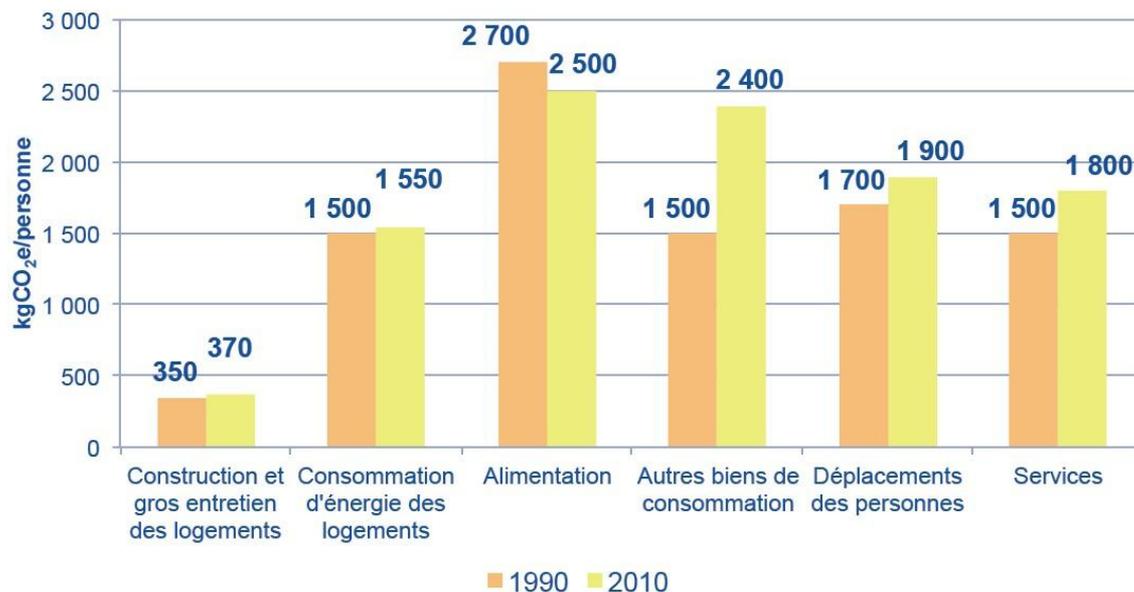
Est-ce que les TICs permettent de réduire les GES générés par les autres secteurs ?

Les émissions totales liées à la consommation des Français ont augmenté de 25% depuis 1990. Sachant que la population française a augmenté de 11% dans le même temps, cela nous donne une **augmentation de 13% des émissions par personne**.

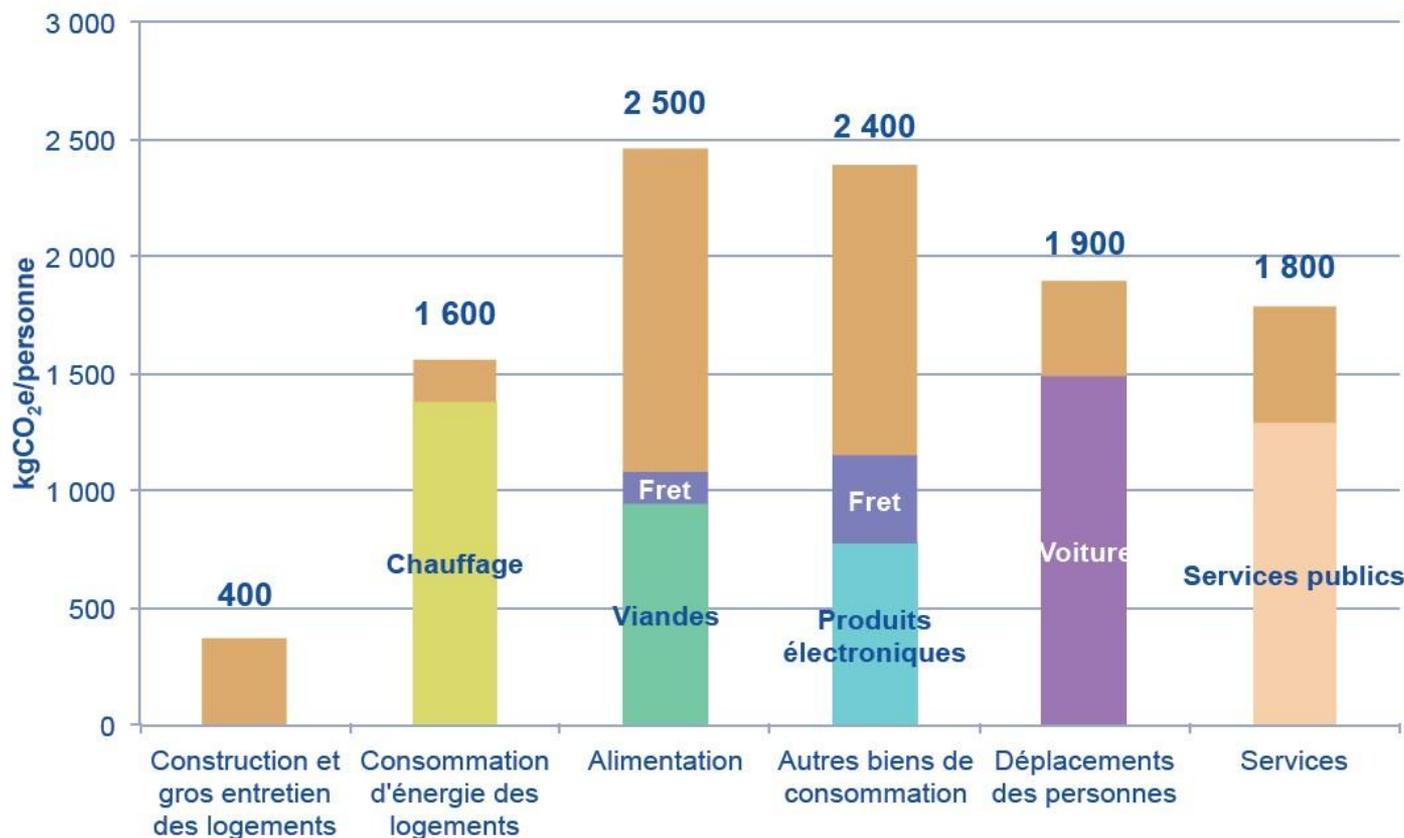
ECO2Climat : Emissions moyennes de gaz à effet de serre engendrées par une personne française en 2010

Grandjean A., Jancovici J.-M. (2011).

Empreinte Carbone: en 20 ans, les Français ont pris du poids ! *La Lettre du Carbone*, 2



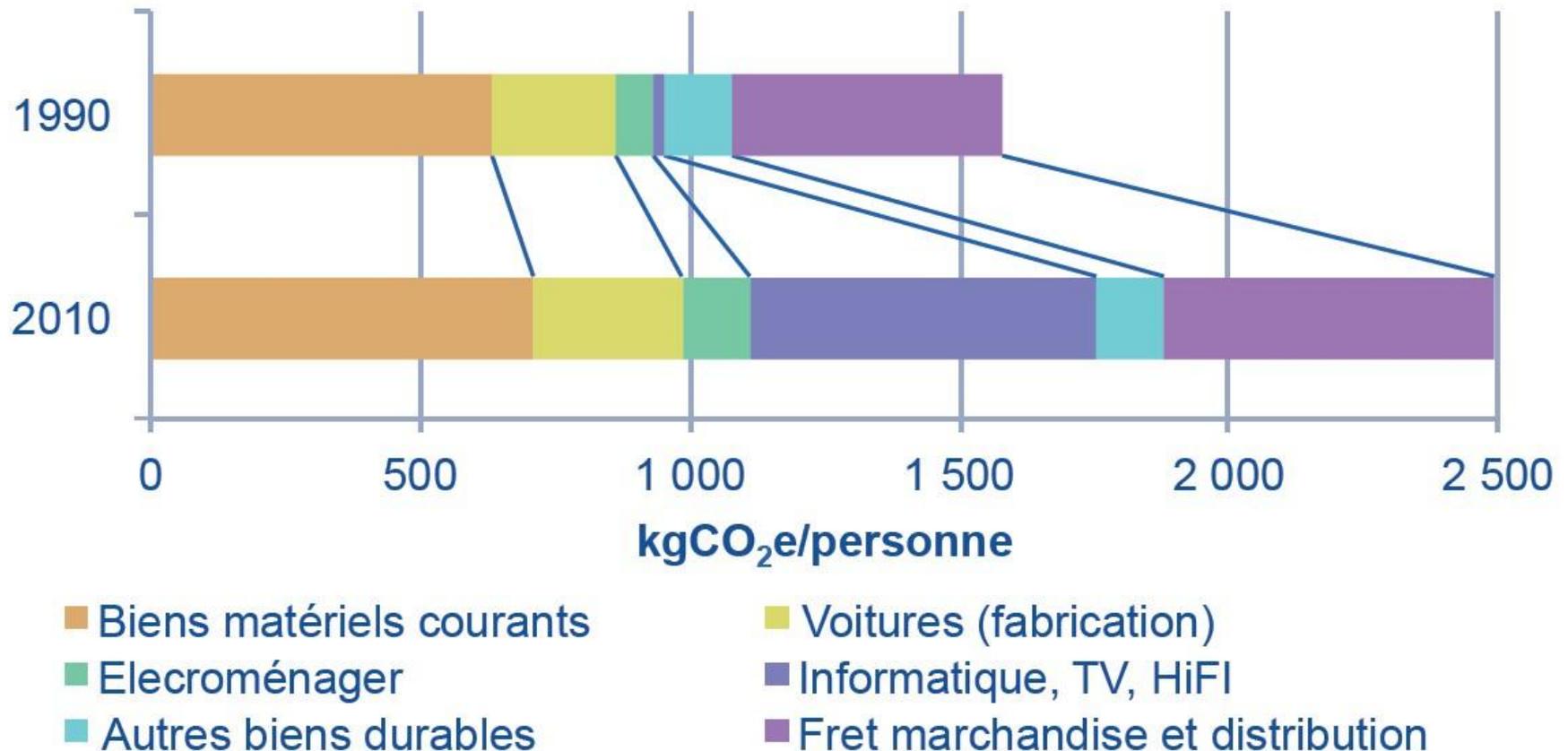
Est-ce que les TICs permettent de réduire les GES générés par les autres secteurs ?



ECO2Climat : Émissions moyennes de gaz à effet de serre engendrées par une personne française en 2010. Grandjean A., Jancovici J.-M. (2011). Empreinte Carbone: en 20 ans, les Français ont pris du poids ! *La Lettre du Carbone*, 2

Est ce que les GES générés par les TIC diminuent ?

Les produits manufacturés : +60% des émissions par personne (entre 1990 et 2010)



Emissions de GES par personne liées aux biens de consommation (hors alimentation) . Grandjean A., Jancovici J.-M. (2011). Empreinte Carbone: en 20 ans, les Français ont pris du poids ! *La Lettre du Carbone*, 2

Augmenter l'efficacité énergétique, pour quoi ?

1. Réduire les GES
2. Raisons économiques (dépenser moins ...)
3. Réduire la pression sur les ressources (gaz, pétrole, uranium)
4. Réduire les pollutions générées à l'usage des équipements

Motivations économiques, mais ...

Cray 1A Supercomputer (1976)

5.5 tons

160 MIPS / 115 kW

MIPS = Million Instructions Per Second



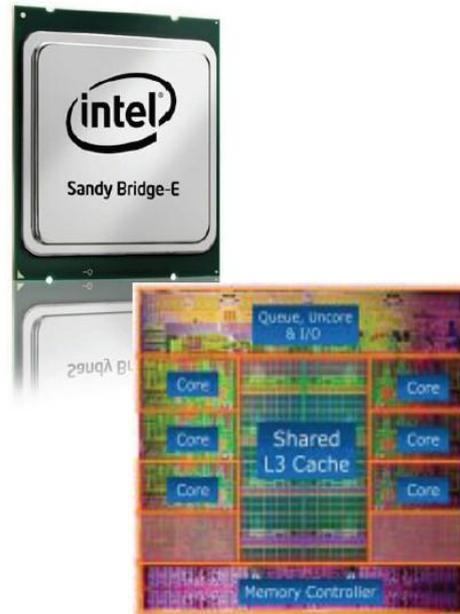
\$ 7 900 000

Picture source: Wikipedia

Intel Core i7 3960X Microproc. (2012)

45 g

178 000 MIPS / 130 W



\$ 990

Picture source: Wikipedia

- La consommation par transistor diminue très très vite .. (5000 fois)
- Le prix par transistor (1971-2011) diminue 10 fois plus vite !
- ➔ donc on en achète beaucoup plus !

Motivations économiques .. Pour qui ?

De l'obsolescence programmée à l'obsolescence systémique

- 1932 : **Bernard London** (courtier en immobilier) publie « Mettre fin à la crise par l'obsolescence programmée », [chapitre](#) du livre The New prosperity.
- 1952 : **Brooks Stevens** (designer industriel) diffuse l'expression OP dans son acception psychologique, naissant « du désir de posséder quelque chose un peu plus neuf, un peu mieux, un peu plus tôt que nécessaire ».

Motivations économiques .. Pour qui ?

De l'obsolescence programmée à l'obsolescence systémique

« **Toute notre économie est basée sur l'obsolescence programmée** (...). Nous fabriquons de bons produits, nous poussons les gens à les acheter, et puis l'année suivante nous introduisons délibérément quelque chose qui va rendre ces produits démodés, dépassés, obsolètes. Nous faisons cela pour une raison évidente : **pour gagner de l'argent.** »



1958 : Brooks Stevens dans la revue True: The Man's Magazine

Motivations économiques .. Pour qui ?

De l'obsolescence programmée à l'obsolescence systémique

« (...) **l'obsolescence** en tant que processus **génère de la valeur**, pas de gaspillage. Elle conduit au renouvellement permanent des établissements industriels à des niveaux toujours plus élevés (...).

Nous avons appris comment se servir de l'obsolescence comme d'un prodigieux outil d'amélioration des conditions sociales (...). **Ce dont nous avons besoin c'est de plus d'obsolescence**, pas l'inverse ».

1956 : George Nelson (designer) dans la revue *Industrial Design*

Motivations économiques .. Pour qui ?

De l'obsolescence programmée à l'obsolescence systémique

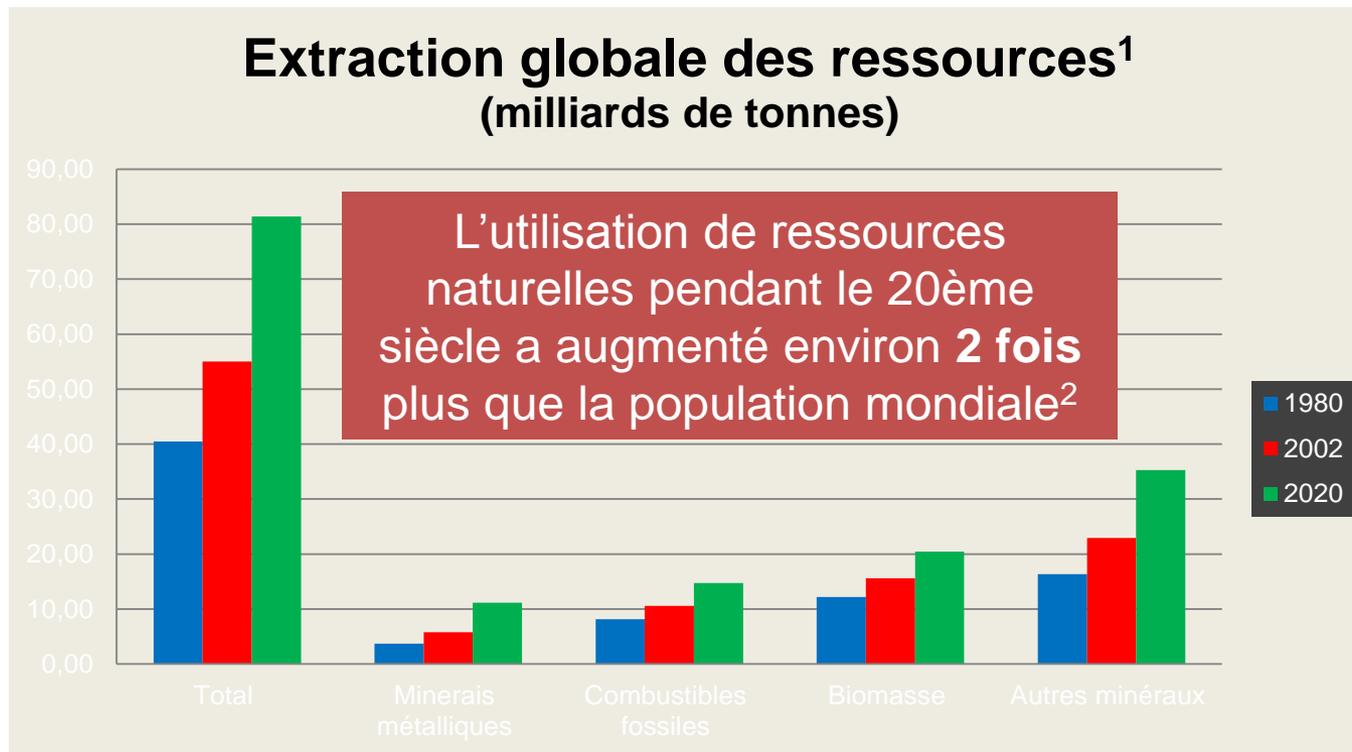
- Obsolescence programmée est omniprésente (devenue inconsciente ..)
- Plus grave aujourd'hui obsolescence systémique :
 - Des acteurs nombreux dont les productions sont interdépendantes dans les processus de fabrication et surtout d'utilisation : couple matériel/logiciel
 - Responsabilité partagée jusqu'aux usagers → personne n'est responsable ...

Augmenter l'efficacité énergétique, pour quoi ?

1. Réduire les GES
2. Raisons économiques (dépenser moins ...)
3. Réduire la pression sur les ressources (gaz, pétrole, uranium, etc.)
4. Réduire les pollutions générées à l'usage des équipements

L'épuisement des ressources

- Plus les ressources s'épuisent, plus on en extrait



(1) Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030, OCDE, 2008

(2) Découpler l'utilisation des ressources naturelles et les impacts environnementaux de la croissance économique, PNUE, 2010

L'épuisement des ressources

- Un téléphone portable contient une soixantaine de métaux différents, certains très rares

26 55,8 Fe Fer	29 63,5 Cu Cuirre	46 106,4 Pd Palladium
79 197,0 Au Or	82 207,2 Pb Plomb	50 118,7 Sn Étain
28 58,7 Ni Nickel	13 27,0 Al Aluminium	47 107,9 Ag Argent
24 52,0 Cr Chrome	49 114,8 In Indium	



La sollicitation des métaux dans la table de Mendeleïev est passée de 10 dans les années 80 à

60

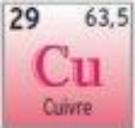
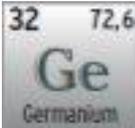
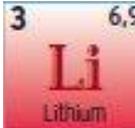
en 2010¹



(1) OPESCT (2011), Les enjeux des métaux stratégiques : le cas des terres rares

L'épuisement des ressources

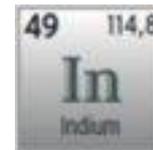
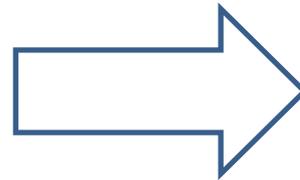
- A l'épuisement géologique s'ajoute l'accès de certains matériaux utilisés dans les TIC jugé critique¹ :

							
TIC	Usage	Contacts	Câbles	Ecrans	Leds	Wifi	Batteries
	% Prod.mond.	21%	42%	>50%	40%	15%	20%
	Réserves (ans)	15-30	40	10-15	10-15	10-15	Grandes
	Recyclage	>50%	>50%	<1%	<1%	<1%	<1%
	Substitution	Faible	Faible	Mat. Org.	Faible	Si	Ni,Zn,Cd,Pb
	1 ^{er} producteur	Pérou	Chili	Chine	Chine	Chine	Chili
	% Prod. mondiale	18%	34%	52%	N/D	67%	35%

(1) « Impacts écologiques des TIC », EcoInfo, 2012

L'épuisement des ressources

- Fin des gisements faciles : la concentration en métaux des minerais est en forte diminution \Rightarrow énergie et matériaux \nearrow . Ex: l'indium utilisé dans les écrans plats



De 1 à
100 mg
d'indium¹

Un écran LCD de 15,4 pouces
contient 39 mg d'indium²



- La grande majorité des éléments a des réserves comprises entre 30 et 60 ans³

(1) Tolcin, 2012. Indium (USGS)

(2) Prakash, 2011 cité dans Öko-Institut e.V., 2012. *Recycling critical raw materials from waste electronic equipment*

(3) « Critical raw materials for the EU », 2010

Augmenter l'efficacité énergétique, pour quoi ?

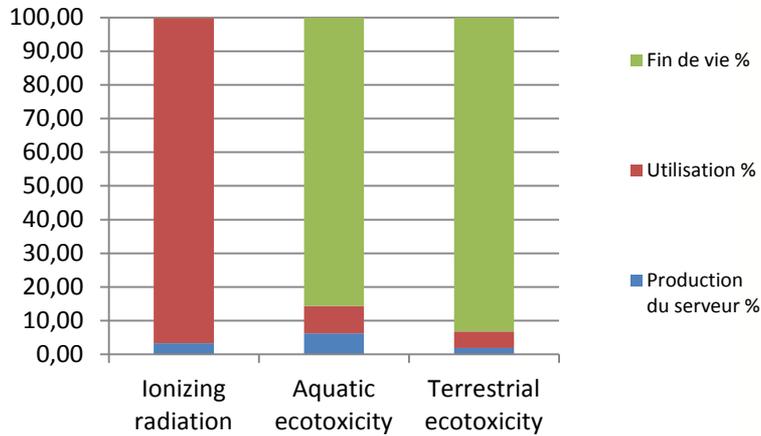
1. Réduire les GES
2. Raisons économiques (dépenser moins ...)
3. Réduire la pression sur les ressources (gaz, pétrole, uranium)
4. Réduire les pollutions générées à l'usage des équipements

Pollutions ...

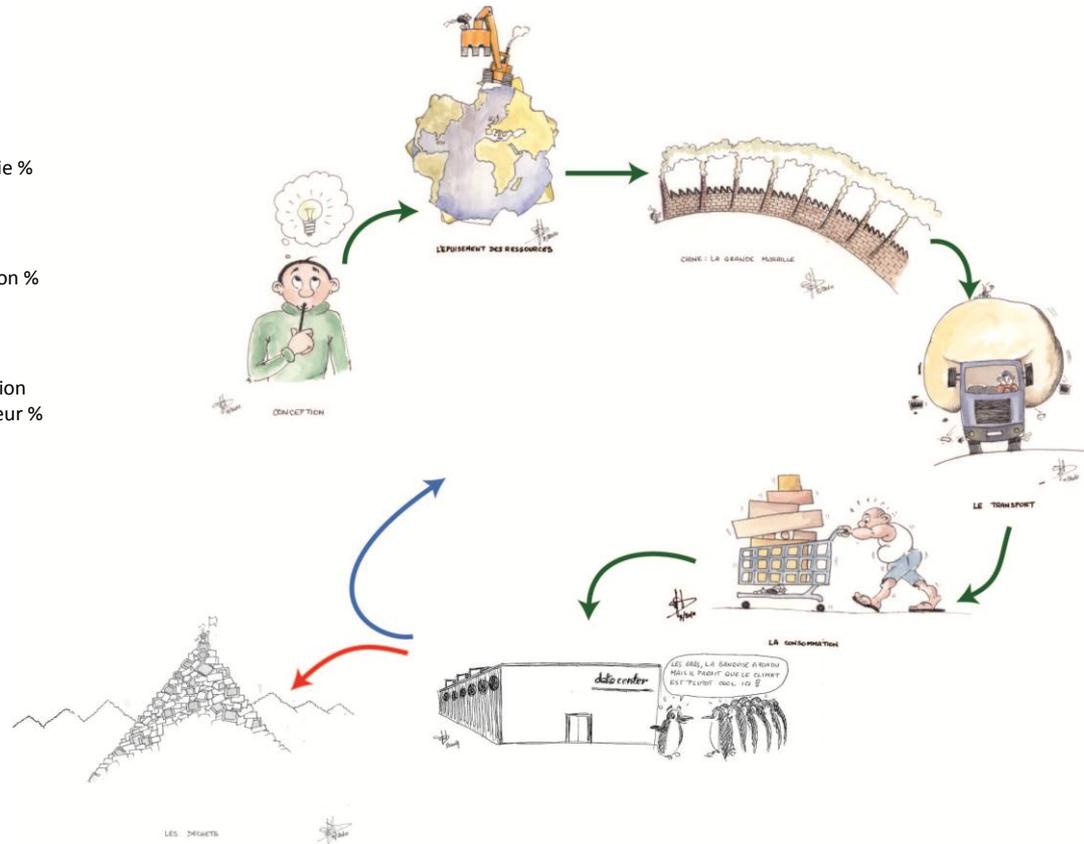
- Diminution coût → effet rebond → plus d'équipements utilisés → plus d'équipements produits et plus d'équipements jetés (à cause de l'obsolescence)

→ Plus de pollution globale

Pollutions ? Quoi, où, quand ?



Impacts relatifs d'un serveur pendant une année d'utilisation (ACV, méthode impacts 2002+)



Pollutions ? Quoi, où, quand ?

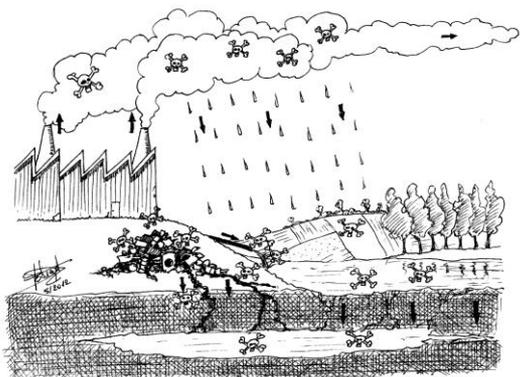


- Émission de gaz cancérigènes pendant la fabrication des circuits imprimés
- Émission de CO₂, SO₂ etc.
- Émission de dioxines, de composés bromés et brominés (à cause de la combustion d'équipements contenant des retardateurs de flamme)
- Poussières contenant du plomb, du cuivre, du nickel, du zinc à proximité des sites de recyclage

- Composés bromés et brominés, phtalates, furanes, dioxines, métaux lourds, arsenic... nombreuses substances bioaccumulables et toxiques
- Cadmium et plomb dans légumes, riz



Pollutions : les conséquences

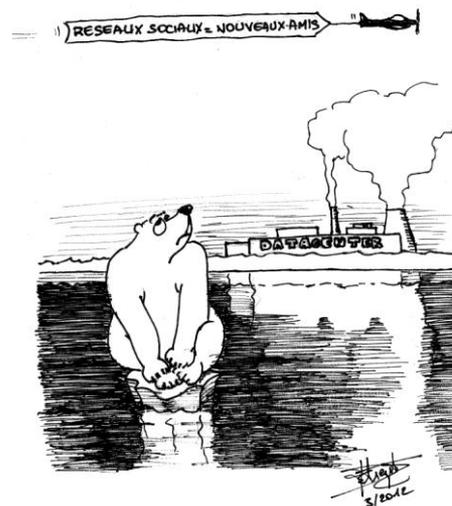


Transformation des écosystèmes

- Réchauffement climatique
- Acidification des océans
- Eutrophisation des eaux
- Déplétion de la couche d'ozone
- désertification

Impacts sur le monde du vivant

- Perte de biodiversité (contamination directe et effets de transformation des écosystèmes)
- Impacts sur la santé humaine (contamination directe, indirecte et effets secondaires)



L'efficacité énergétique .. et ses corolaires

Chez nous ...

Effets indirects sur la santé humaine (dont stress)

Chez nous ...

Réduction du coût unitaire ..

Mais augmentation globale (croissance oblige)

Ailleurs ...

Épuisement de ressources non renouvelables et conséquences géopolitiques (dont conflits)

Ailleurs ...

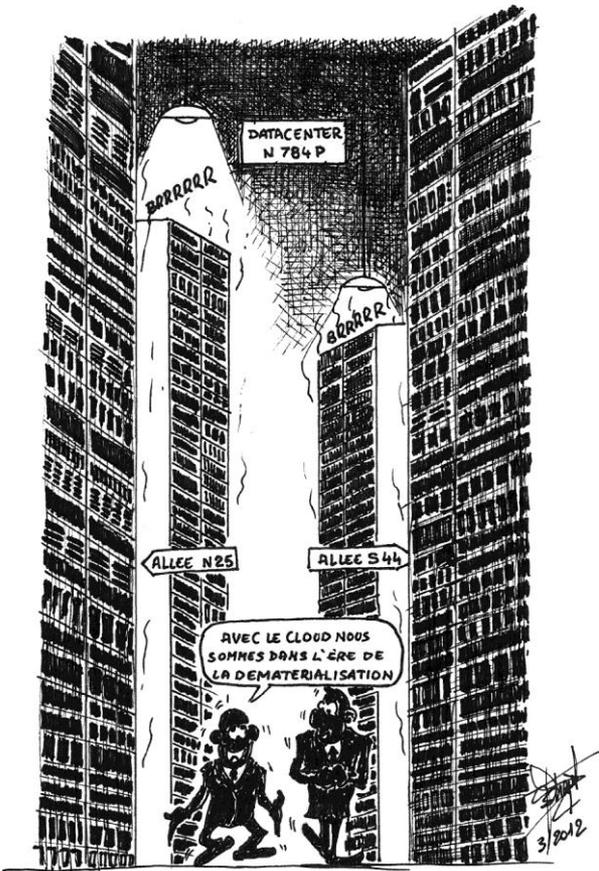
Impacts importants sur la pollution des sols/eau/air et conséquences sur la biodiversité et la santé humaine

Partout ...

Augmentation des GES – réchauffement climatique, acidification des océans, eutrophisation, etc.

L'efficacité énergétique ... OUI SI les autres aspects sont pris en compte :

- Tout le cycle de vie des équipements sur tous les impacts
- Réduction du nombre d'équipements produits
- Augmentation de la durée d'utilisation des équipements
- Amélioration du traitement et du recyclage des déchets
- Amélioration de l'efficacité des codes
- Changement dans les usages
- Etc.



Merci

?

