

Impact Environnemental des Technologies de l'information et de la communication TIC



Les TIC : Qu'est ce que c'est ?

- * **Technologies de l'information et de la communication (TIC)**
(transcription de l'anglais *information and communication technologies, ICT*) est une expression, principalement utilisée dans le monde universitaire, pour désigner le domaine de la télématique, c'est-à-dire les techniques de l'informatique, de l'audiovisuel, des multimédias, d'Internet et des télécommunications qui permettent aux utilisateurs de communiquer, d'accéder aux sources d'information, de stocker, de manipuler, de produire et de transmettre l'information sous toutes les formes : texte, musique, son, image, vidéo et interface graphique interactive (IHM).

Les TIC : The Game



Disquette 3
pouces $\frac{1}{2}$

720 ko - 1,44 Mo

1987



CD

682 Mo

1982



Clé USB

64 Mo - 1 To

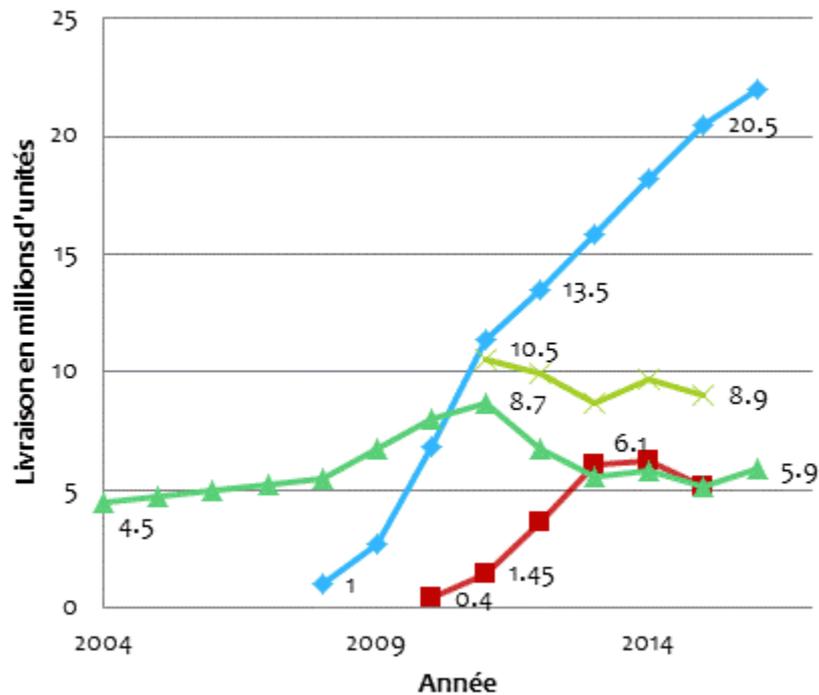
2000

Les TIC : L'état des lieux du marché

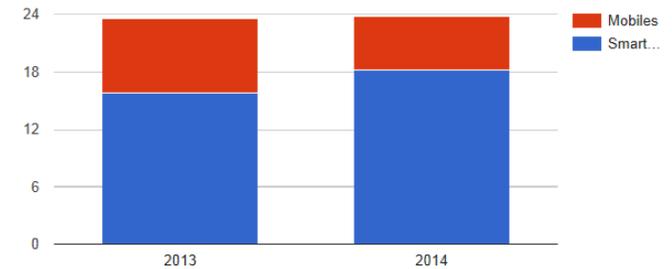


Les TIC : L'état des lieux du marché

Evolution des ventes de certains types de TIC En France



Répartition des ventes de téléphones mobiles en France

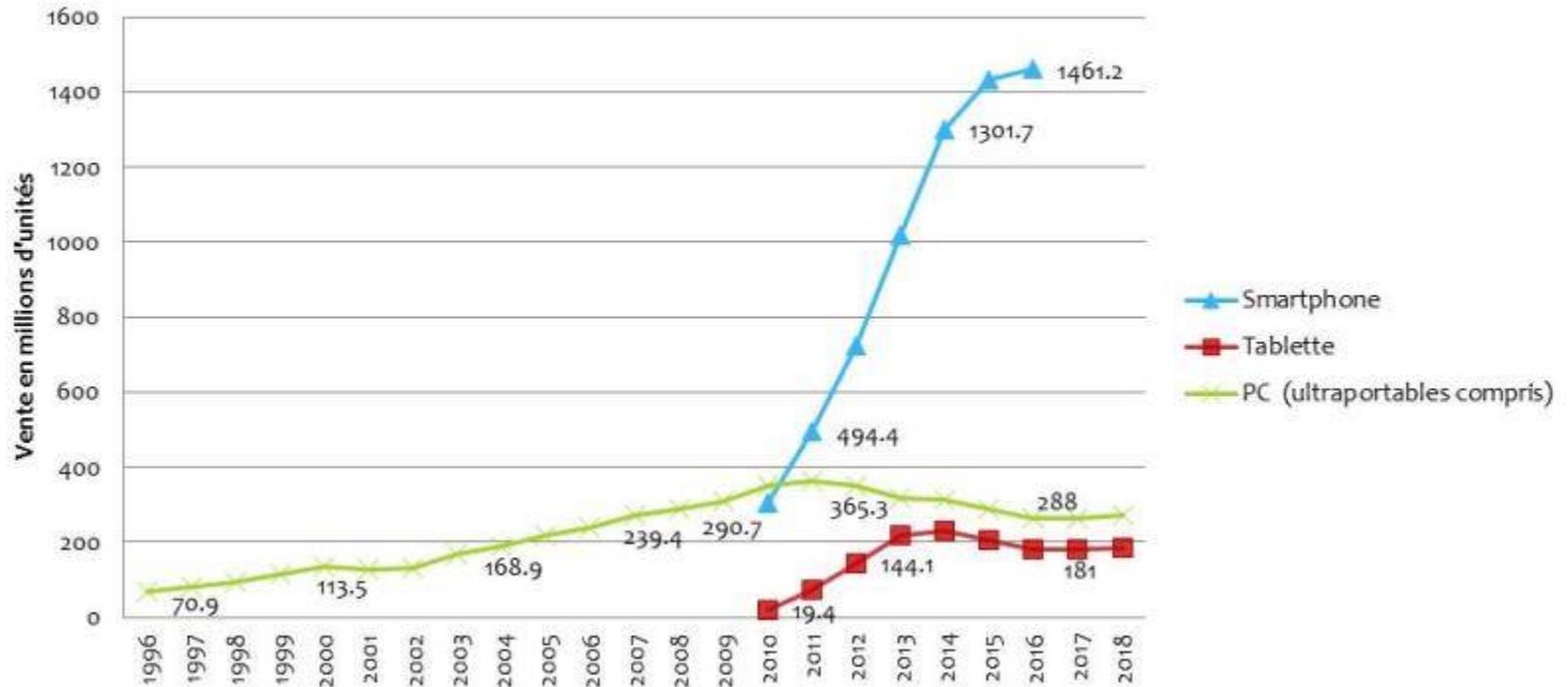


Source GFK - via ZDNet.fr/chiffres-cles

- Smartphone
- Tablette
- Télévision
- PC (ultraportables compris)

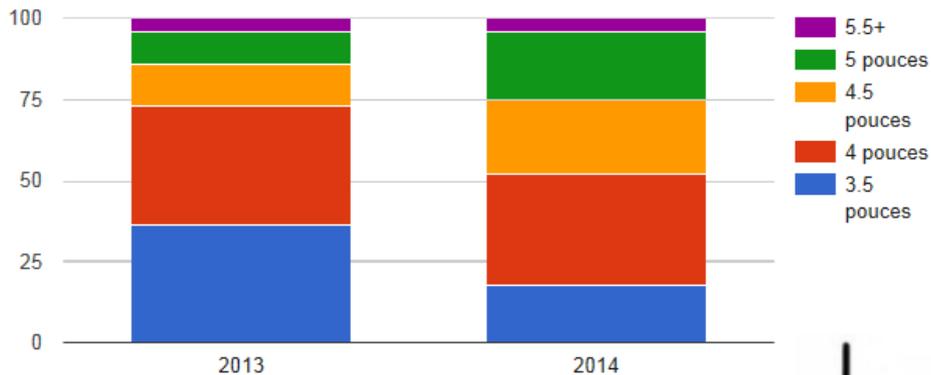
Les TIC : L'état des lieux du marché

Evolution des ventes mondiales de certains types de TIC



Les TIC : L'état des Lieux

Répartition en France des ventes de smartphones par taille d'écran (%)



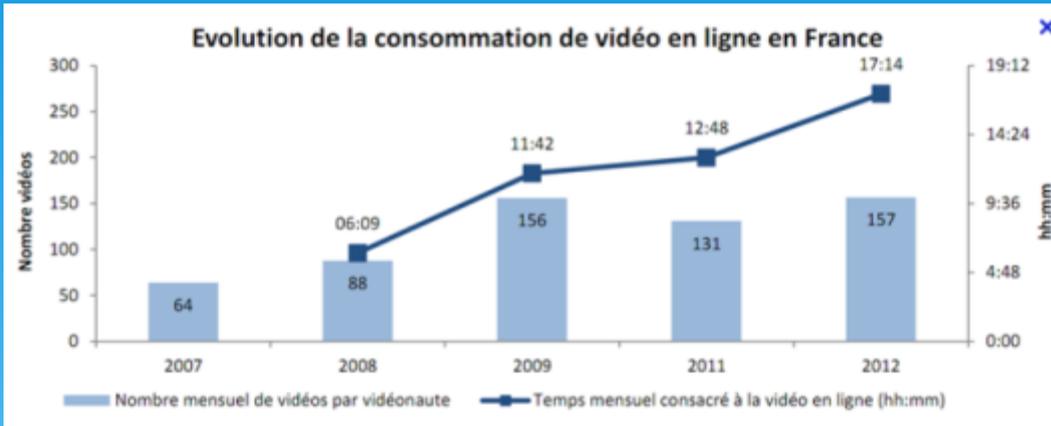
Source GFK - via ZDNet.fr/chiffres-cles

Evolution technologie vers le toujours plus :

- Ecran de plus en plus grand
- Appareil photo de meilleure qualité
- Fonctionnalités multiples (GPS, Gyroscope...)

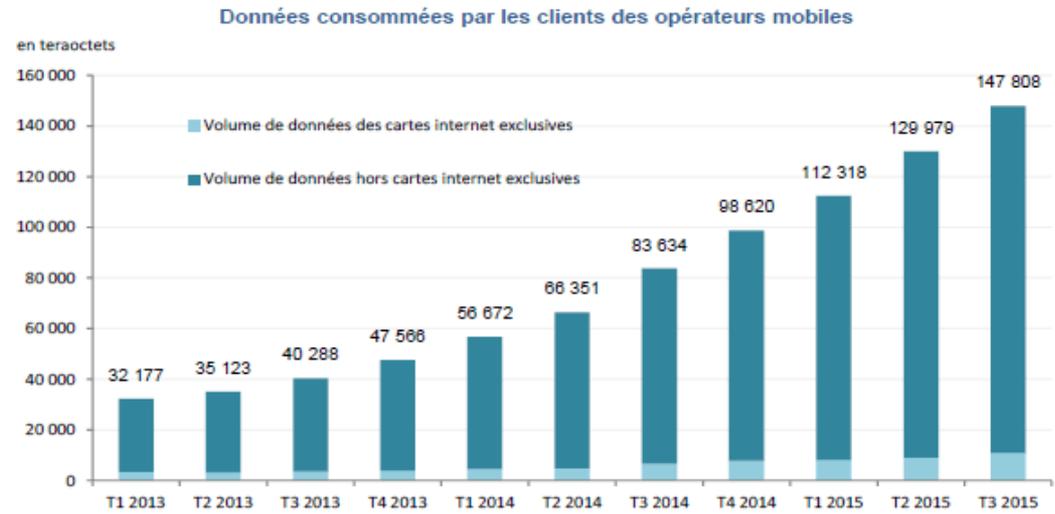


Les TIC : L'état des Lieux



- Augmentation de la quantité de vidéo consommée
- Augmentation de la durée des vidéos
- Augmentation du temps consacré à la vidéo en ligne

Augmentation exponentielle du volume des données consommées sur les mobiles



Les TIC : L'état des Lieux

Sur Internet en 1 minute :

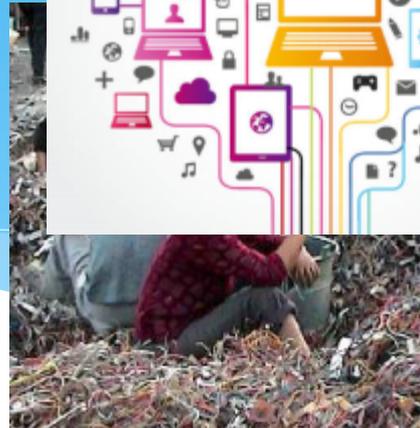


Les TIC : L'état des Lieux

Conclusion sur le marché

- * **Apparition extrêmement récente (année 1990)**
- * **Technologie en constante innovation/évolution**
- * **Changement profond dans nos vies :**
 - * Circulation de l'information
 - * Technologie relationnelle
 - * Réseaux sociaux
 - * Enseignement
 - * Santé
 - * Intelligence artificielle
- * **A grande échelle :**
 - * Monde 2014 : 7 milliards d'abonnements téléphoniques (source IUT 2014)

Les TIC : L'impact environnemental ?



Impact environnemental : de quoi va-t-on parler ?

- * L'impact sur les ressources non renouvelables (P.Bihouix)



- * Le réchauffement Climatique et la contrainte énergétique (J-M Jancovici)

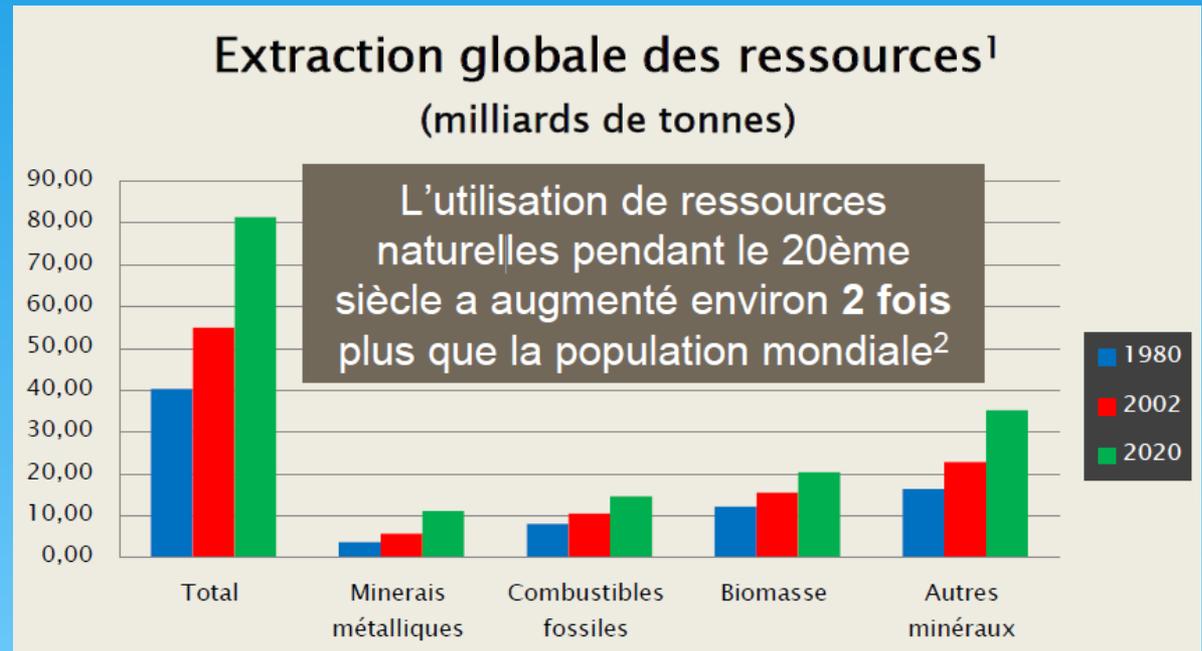


La pression sur les ressources

«Depuis 1980, l'extraction de ressources dans le monde a augmenté de 36 % (en masse) et devrait atteindre 80 milliards de tonnes en 2020»¹

Croissance de la population à 9 milliards en 2050

Risque de diminution des ressources par personnes



(1) Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030, OCDE, 2008 p. 266

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

Les TIC et les ressources

Principaux Métaux dans les TIC

Groupe → ↓ Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo		44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi			
7			**															
	*Lanthanides (Terres rares)			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd		62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
	**Actinides				90 Th		92 U											

52
Te

Mémoires flash,
solaire PV...

32
Ge

Wifi...

49
In

Ecrans plats...

Batteries...

27
Co
3
Li

31
Ga

LED...

Disques durs.

44
Ru

73
Ta

Condensateurs...

Source : Bihouix

Les TIC et les ressources

Composition d'un PC

1A												3A					4A	5A	6A	7A	8A
1												13	14	15	16	17	18				
1	H											B	C	N	O	F	He				
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne			
3	Na	Mg	3B	4B	5B	6B	7B	8B		1B	2B	Al	Si	P	S	Cl	Ar				
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr			
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe			
6	Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn			
7	Fr	Ra	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116					

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Les TIC et les ressources

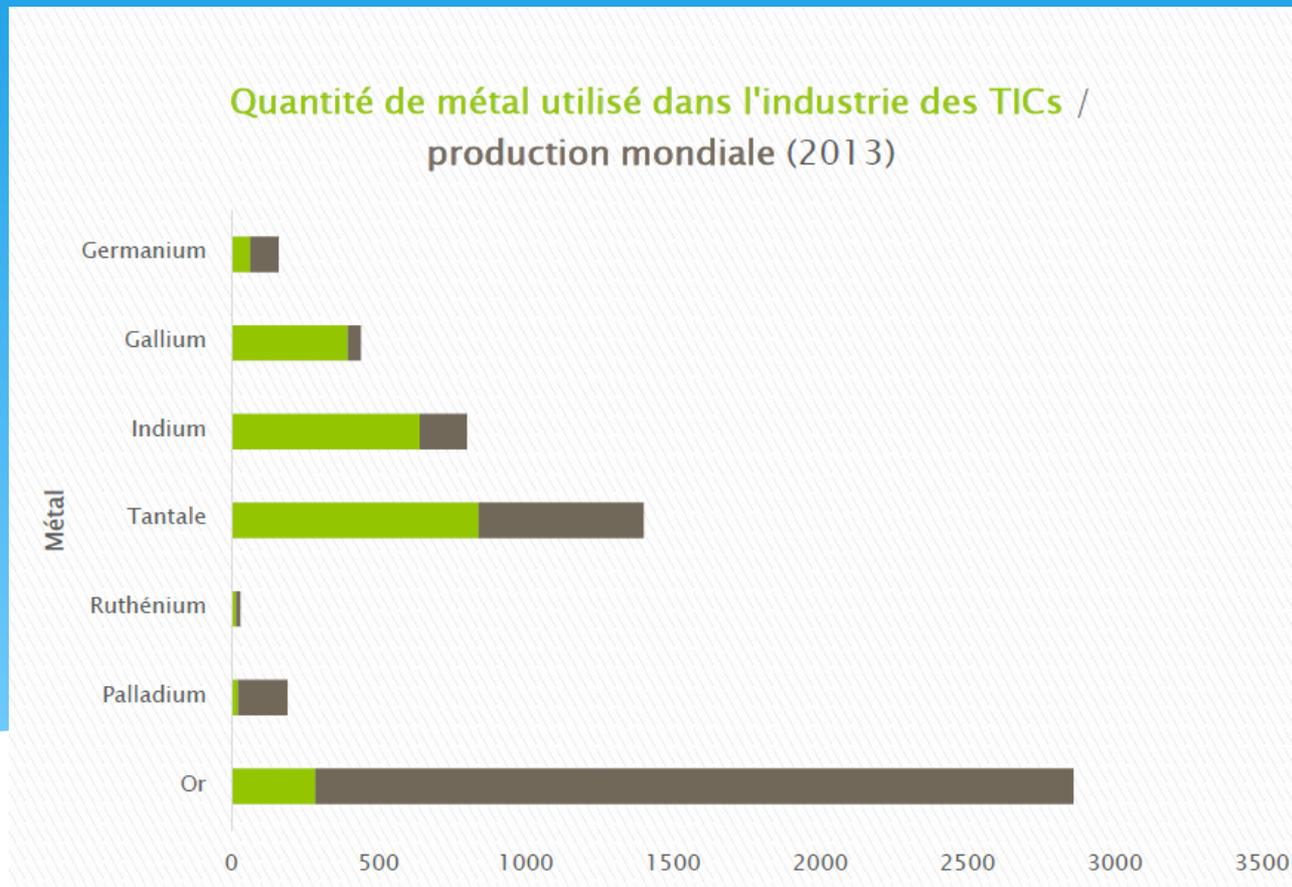
Composition d'un smartphone

1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	3A	4A	5A	6A	7A	8A
1 H	2 He											13	14	15	16	17	18
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112	113	114	115	116		

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No

Les TIC et les ressources

Quelle part du gâteau pour les TIC ?



Les TIC et les ressources

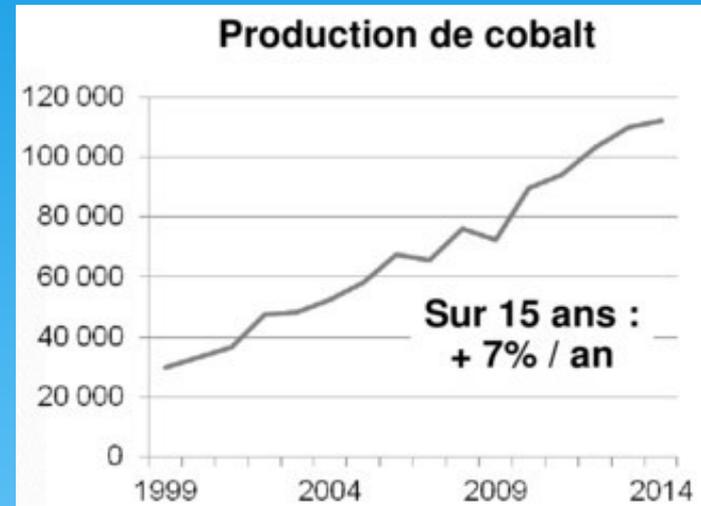
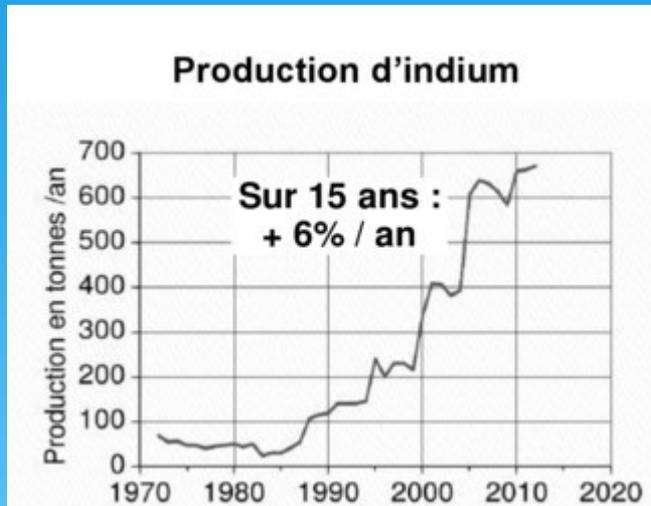
Quelle part du gâteau pour les TIC ?

Le poids des TIC dans la demande mondiale

Métal	Production minière mondiale 2013 (*)	Consommation totale du secteur électronique % de la demande (**)	Commentaires
Cuivre	18,7 millions t	~ 6 %	3% équipements, 3% infrastructure télécom
→ Etain	296.000 t	~ 35%	
Antimoine	160.000 t	< 20 %	Total retardateur de flammes ~ 35%
Argent	26.000 t	~ 20 %	
Or	2.860 t	~ 10 %	
Platine	160 t	~ 2 %	
Palladium	190 t	~ 12 %	
→ Ruthénium	~ 30 t	~ 55 %	
→ Tantale	~ 1400 t	~ 60 %	
→ Indium	~ 800 t	~ 80 %	
→ Gallium	~ 440 t	~ 90 %	
→ Germanium	~160 t	30 – 50%	
Bismuth	8.500 t	~ 15 %	
Sélénium	~ 2.300 t (hors USA)	~ 10%	Inclus photovoltaïque
Tellure	~ 450 t (?)	< 10 %	Principalement photovoltaïque
Lithium	36.000 t	~ 20 %	
→ Cobalt	112.000 t	~ 35 %	

Les TIC et les ressources

Une demande en très forte croissance



Masse d'Indium par appareil (en moyenne) :

- 39 mg pour un ordi portable
- 79 mg pour un écran d'ordi bureau,
- 254 mg pour un écran LCD.

- 70 \$/kg en 2001
- 700 \$/kg en 2010
- 10 à 15 ans de stock
- Recyclage < 1%

Les TIC et les ressources

Le recyclage dans tout ça , petite mise en situation :



Processus de fabrication :

Ingrédients (composants)

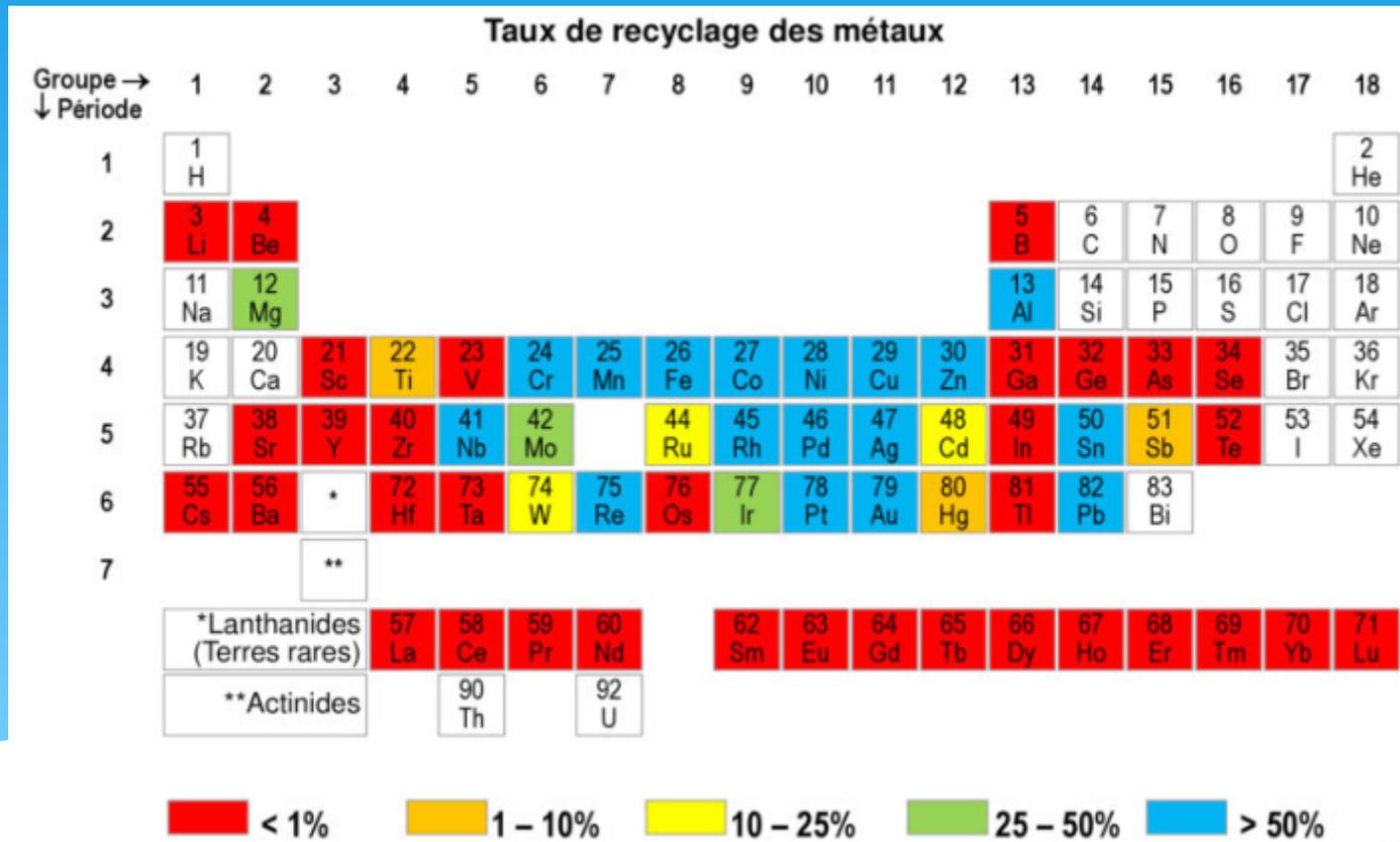
- 3 œufs
- 1 yaourt
- 200g de chocolat
- 150g de farine
- 75g de sucre
- 75g de beurre

Mélanger et faire chauffer 20 min à 200°C

Objectif : Recycler les ingrédients

Les TIC et les ressources

Dans les TIC c'est un peu pareil ...



Les TIC et les ressources

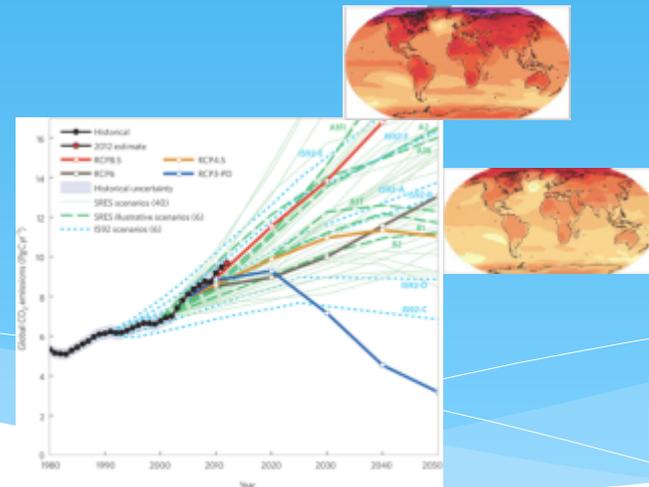
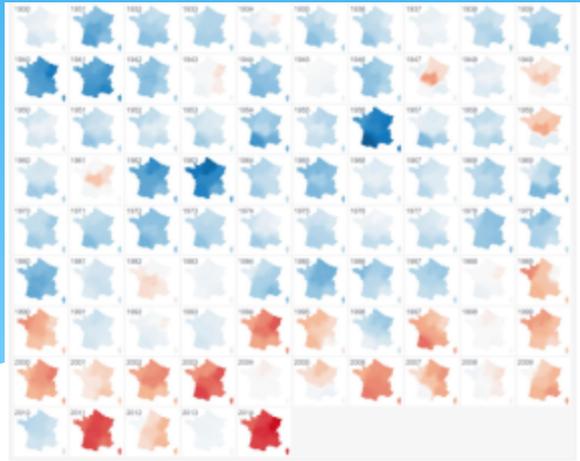
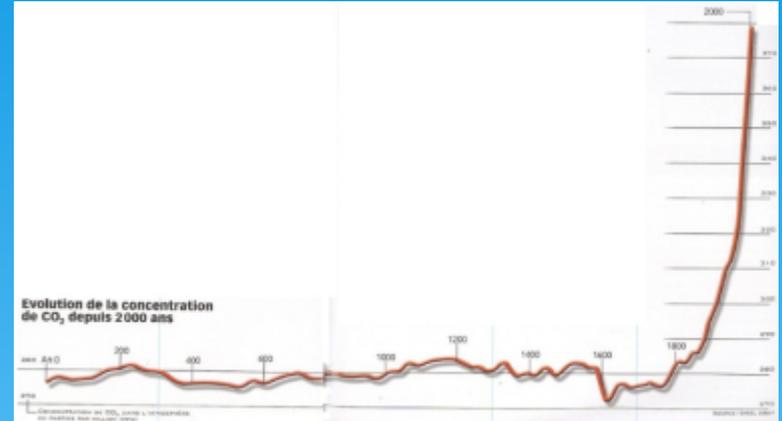
Conclusion

- * Ressource en quantité limitée
- * TIC grande consommatrice en certains éléments
- * Éléments pas forcément substituables
- * Le recyclage : pas forcément aisé...



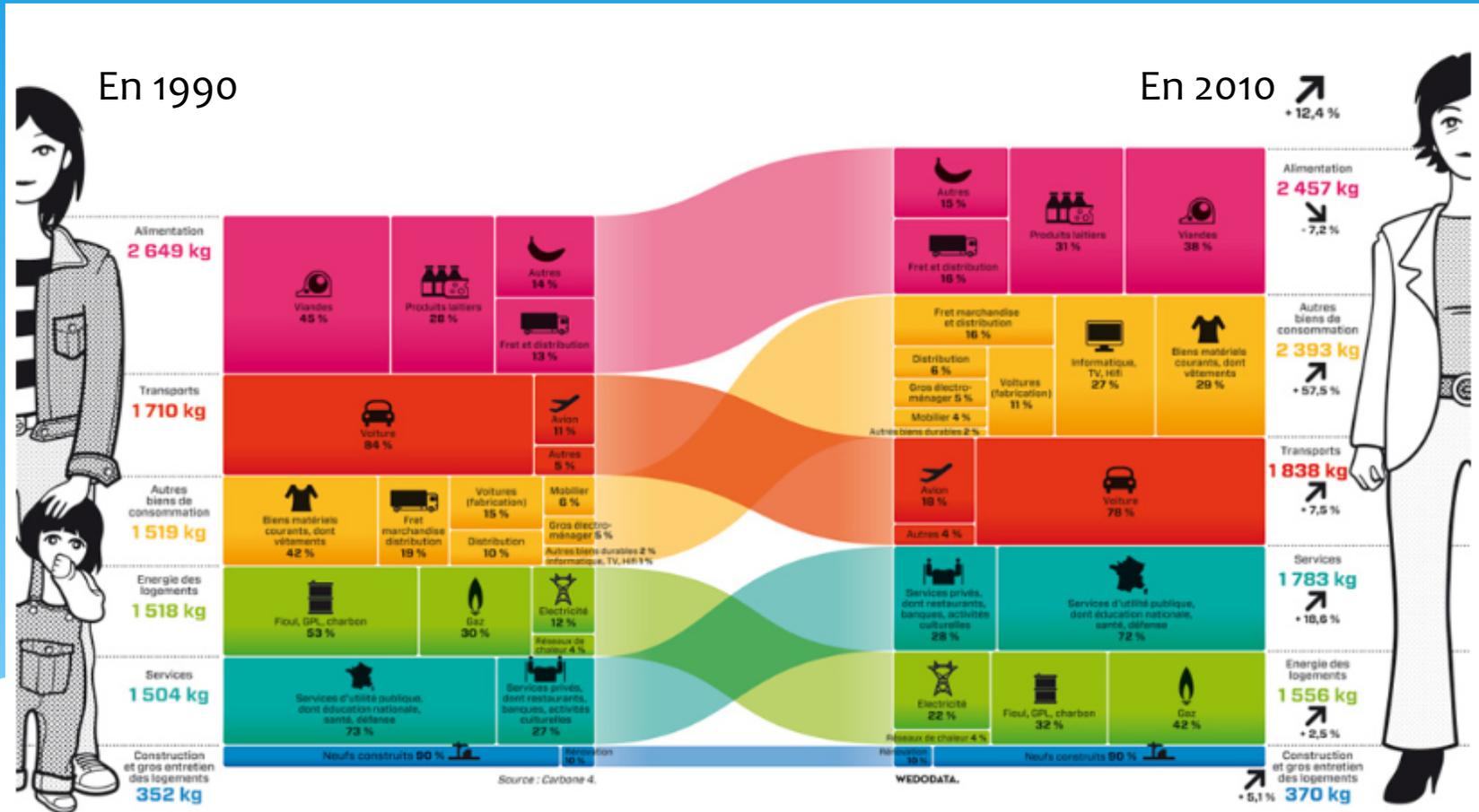
Le réchauffement climatique

- Les combustibles fossiles sont les principales sources de gaz à effet de serre responsables du réchauffement.
- L'humanité émet 2 fois plus que ce que la Nature peut absorber.
- Le maximum d'impacts dû à notre activité est devant nous.



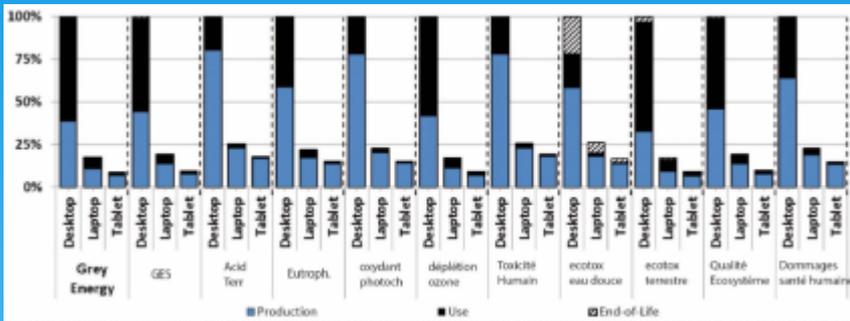
Les TIC et l'impact Carbone

L'évolution Carbone des Français ...



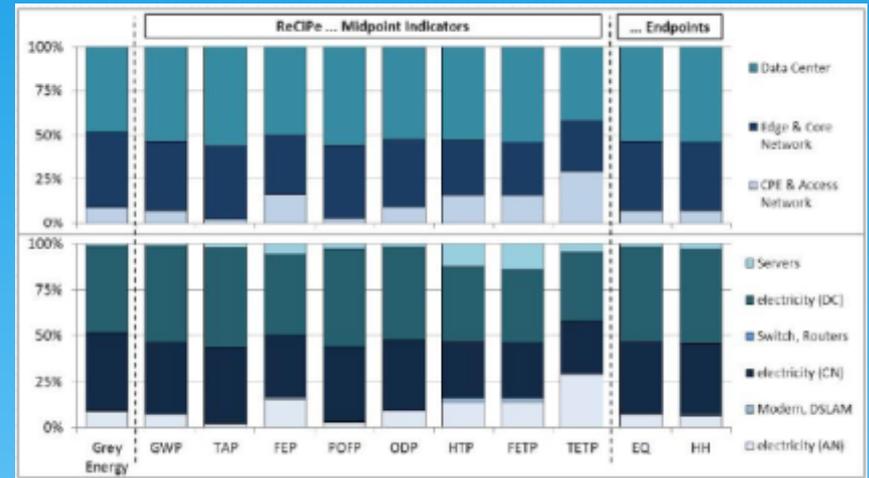
Les TIC et l'impact Carbone

Quelle partie émet plus de CO2 ? Etude d'une ACV :

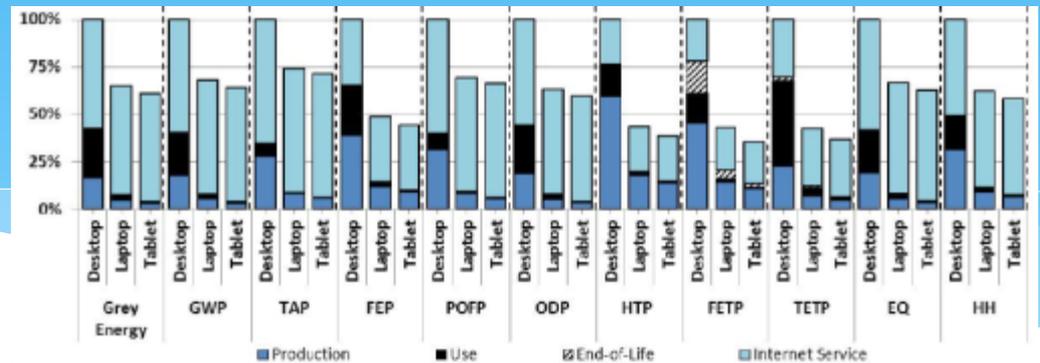


1 heure d'utilisation d'une tablette ou d'un ordinateur portable relativement à un poste fixe

Télécharger 1 Mo de données, utilisation de l'infrastructure réseau



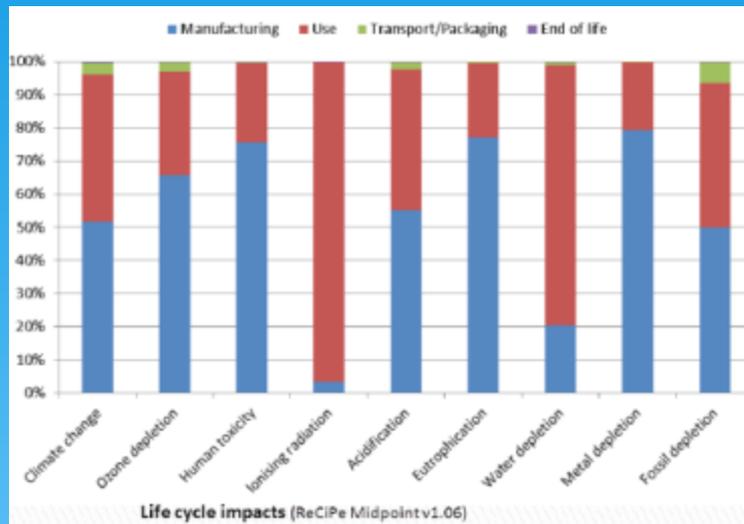
Télécharger 1 Mo de données, pour un PC, un portable et une tablette



Plus l'espace de stockage de l'équipement terminal est faible, plus les impacts du cloud dominent

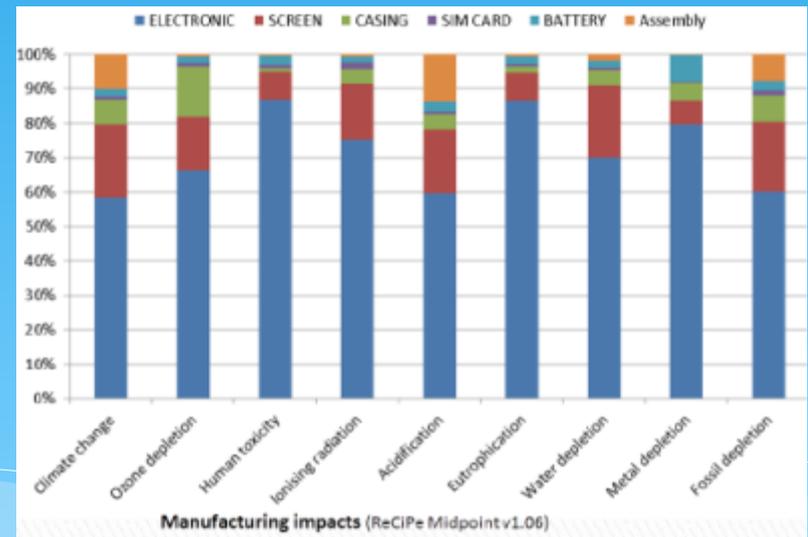
Les TIC et l'impact Carbone

Quelle partie émet plus de CO2 ? Etude d'une ACV :



Unité fonctionnelle :

Utiliser un smartphone pour téléphoner et naviguer sur le web pendant 2 ans de telle sorte que cela nécessite un rechargement chaque nuit.



Résultats en fonction :



Plus l'objet est petit, plus la phase de fabrication domine

Source *ecoinfos.cnrs*

Source : *Mobile phone, a sustainable product?*

Les TIC et l'impact Carbone

Conclusion : Quelle partie émet plus de CO₂ ?

- * Phase de fabrication :
 - * Composants électroniques
 - * Ecrans
 - * Batterie
- * Phase de transport : impact non significatif
- * Phase d'utilisation : impact directement lié à l'énergie utilisée
- * Phase de fin de vie : encore mal modélisée

Les TIC et l'impact Carbone

Conclusion : Quelle partie émet plus de CO₂ ?

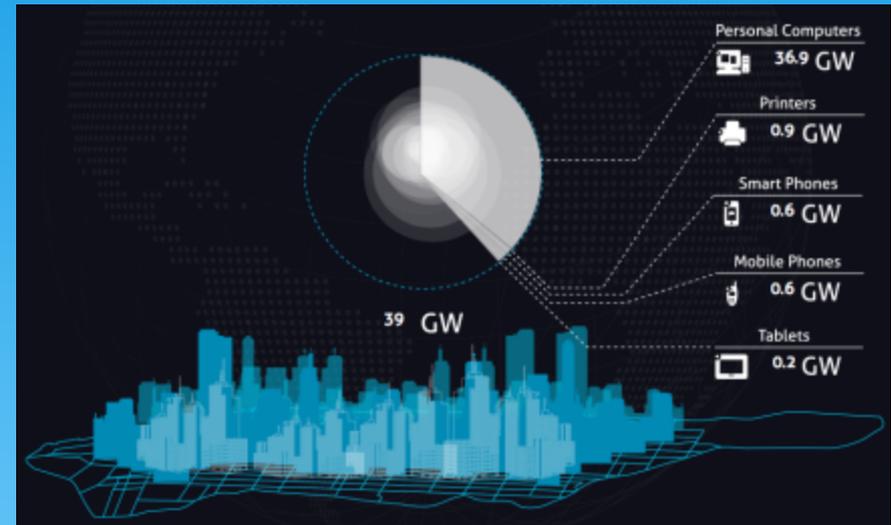
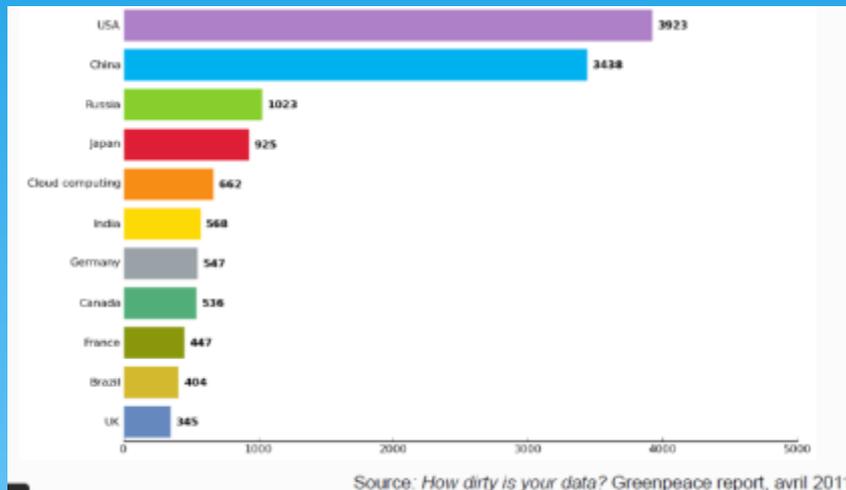
- * Les résultats varient en fonction de l'UF, du périmètre d'analyse et de la localisation géographique.
- * Les TIC n'ont pas qu'un impact énergétique mais également, par exemple, sur l'épuisement des ressources métalliques.

Les TIC et l'impact Carbone

Consommation électrique des TICs...

10% de la production d'électricité mondiale est consommée par les TIC

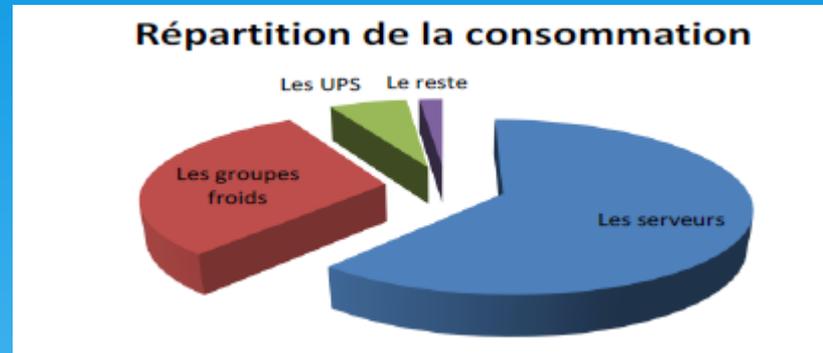
Croissance de 7% par an



Les TIC et l'impact Carbone

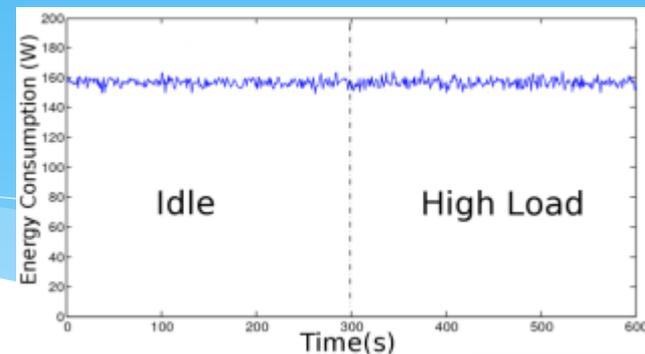
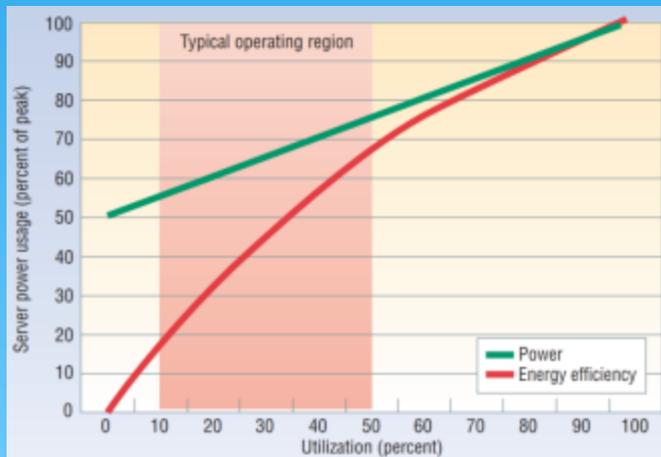
Où va cette énergie ?

Dans un datacenter :
Les serveurs
Les groupes froids
Les UPS



Dans les réseaux :

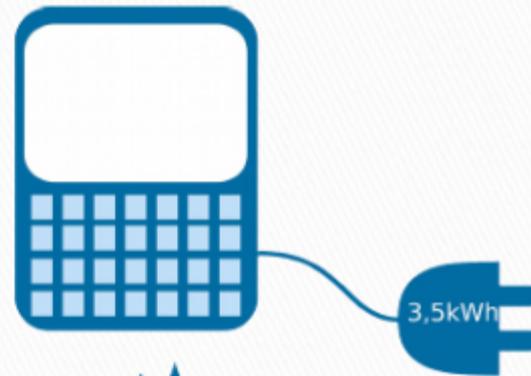
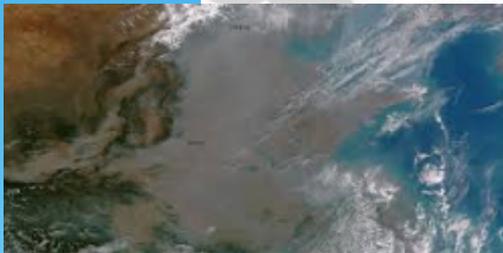
- consommation constante insensible à l'usage
- consommation statique 95% consommation totale



Les TIC et l'impact Carbone

Consommation électrique d'accord mais en CO₂ ?

Le cloud ne serait-il pas un nuage de Charbon ???



CHINE



© EDF 2013

Source *ecoinfos.cnrs*

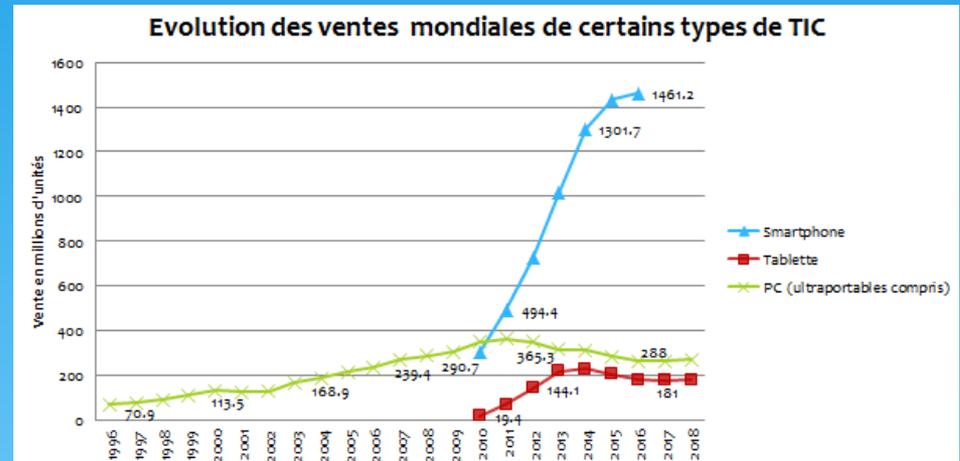
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2emissionsfromfuelcombustionhighlights2013.pdf>

Les TIC et l'impact Carbone

L'impact carbone concrètement ?

Chiffre communément trouvé dans la presse : les TIC correspondent à 2% de la totalité des GES mondiaux (... en 2007)

Mais depuis ...

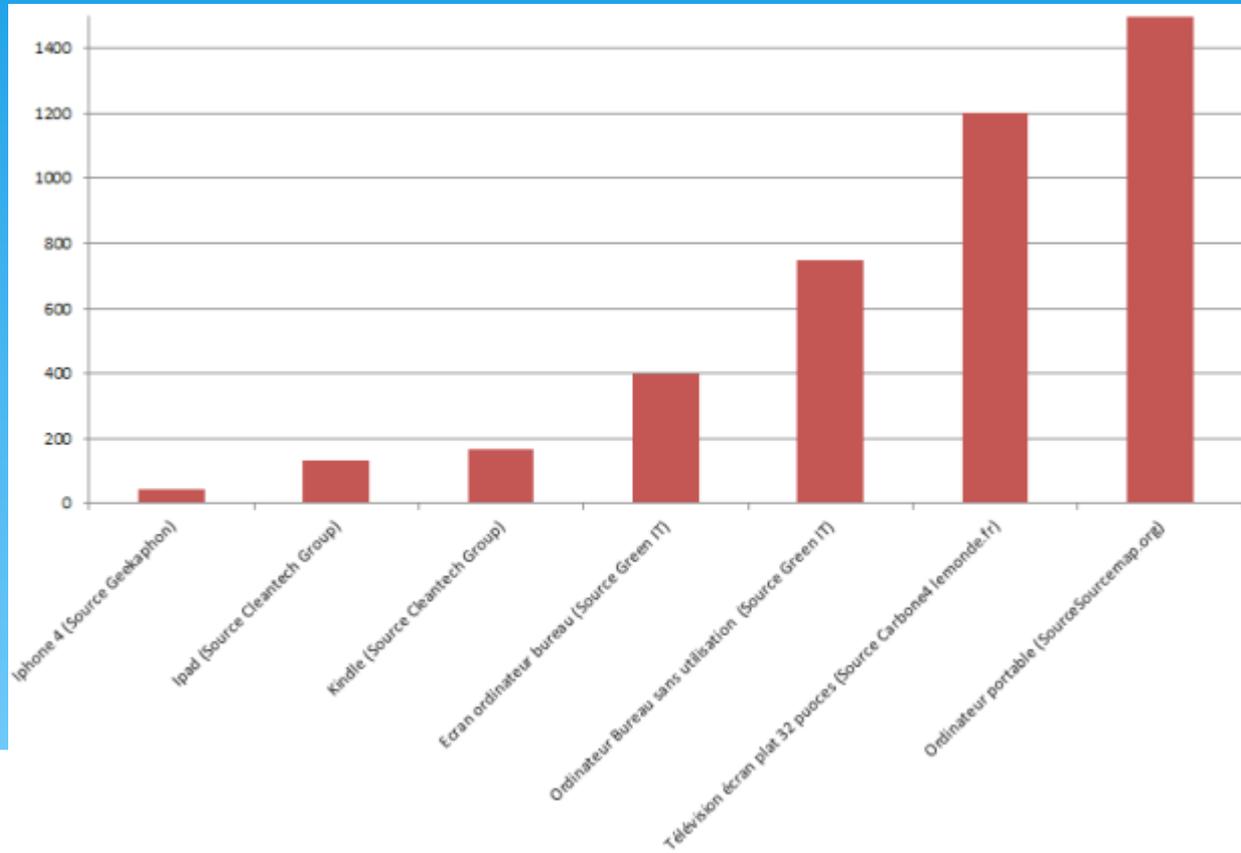


Ce qui est sûr : GES > 2% ... et selon les études entre 2% et 10%

C'est plus que les GES générés par l'aviation civile

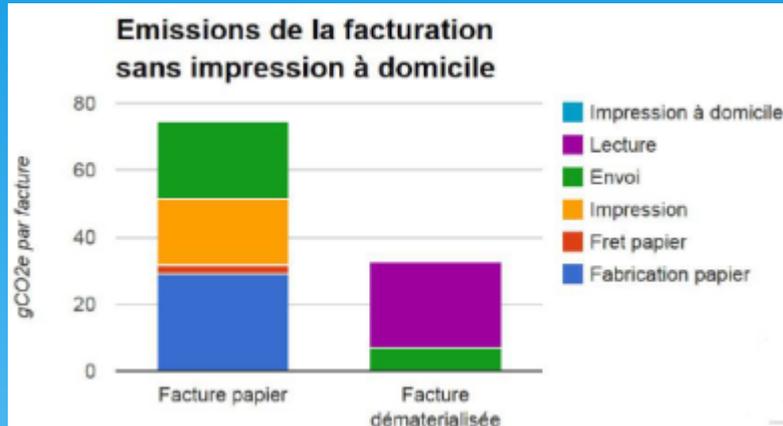
Les TIC et l'impact Carbone

Quelques chiffres :



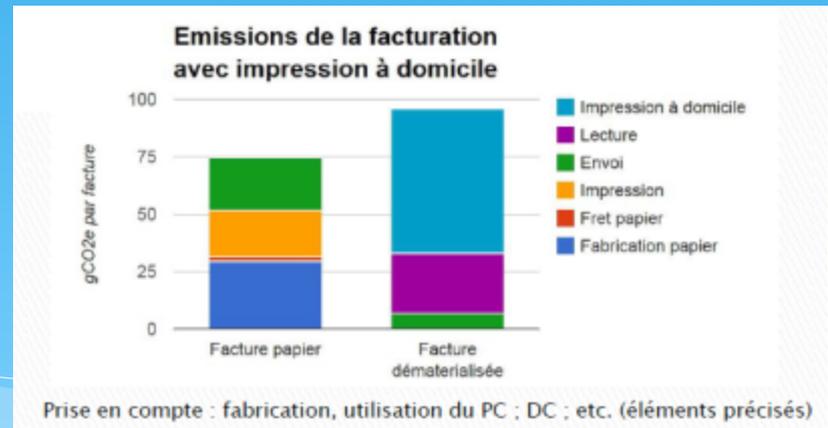
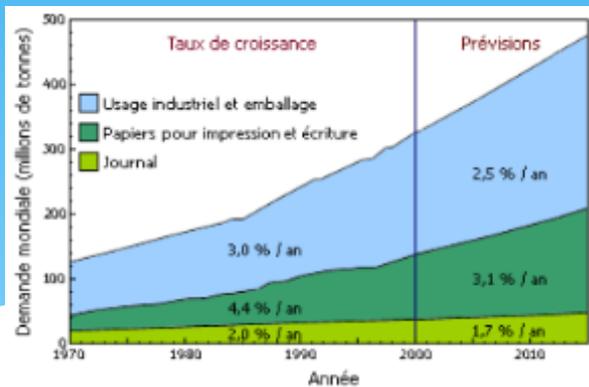
Les TIC et l'impact Carbone

Mais sinon bref, ce qui nous intéresse c'est le papier ...



L'impression laissée à la charge de l'utilisateur

Accroissement de la consommation papier ces dernières années



Prise en compte : fabrication, utilisation du PC ; DC ; etc. (éléments précisés)

Impact Environnemental des TIC

Conclusion

- * Secteur en pleine expansion
- * Difficile d'avoir une réponse claire et précise
 - * ACV : Phase de production et utilisation prédomine
 - * Recyclage difficile
 - * Impact des déchets mal modélisé
 - * Certainement 4 à 5% des GES
 - * Consommations importantes de ressources

Impact Environnemental des TIC

Des questions ?

Impact Environnemental des TIC : Les références

- * Wikipédia :
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Technologies_de_l%27information_et_de_la_communication
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Consommation_%C3%A9nerg%C3%A9tique_d'un_smartphone
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Centre_de_traitement_de_donn%C3%A9es
- * Ecoinfo.cnrs :
 - http://ecoinfo.imag.fr/wp-content/uploads/2015/01/cours_nantes_oct_2015.pdf
 - <http://ecoinfo.imag.fr/wp-content/uploads/2015/01/poitiers-22mars.pdf>
 - http://ecoinfo.cnrs.fr/IMG/pdf/2015_brest_cantinenum.pdf
 - <http://ecoinfo.cnrs.fr/IMG/pdf/cours-besancon-janvier-2015.pdf>
 - <http://ecoinfo.cnrs.fr/?p=11318>
 - <http://ecoinfo.cnrs.fr/?p=11055>
 - <http://ecoinfo.cnrs.fr/?p=11499>
 - <http://webcast.in2p3.fr/videos-6368>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=leoeHlhq6l4&index=1&list=PLLtQXumaY4yttWZFYOesoHOMxzFWYPwyF>
- * Le marché des Tics :
 - <http://www.zdnet.fr/actualites/chiffres-cles-le-marche-des-pc-39380521.htm>
 - <http://www.zdnet.fr/actualites/chiffres-cles-les-ventes-de-mobiles-et-de-smartphones-39789928.htm>
 - <http://www.zdnet.fr/actualites/chiffres-cles-le-marche-des-serveurs-39380948.htm>
 - <http://www.zdnet.fr/actualites/chiffres-cles-le-marche-des-tablettes-39789571.htm>
 - <https://itunews.itu.int/fr/5013-Evolution-des-TIC-a-lechelle-mondiale.note.aspx>
 - <https://itunews.itu.int/fr/5013-Evolution-des-TIC-a-lechelle-mondiale.note.aspx>
 - <http://www.schole.fr/category/audiovisuel/video-audiovisuel/>
- * Green IT :
 - <http://www.greenit.fr/article/bonnes-pratiques/seeds4green-une-base-de-donnees-d-acv-5280>
 - <http://www.greenit.fr/article/energie/objets-connectes-400-twh-consommes-chaque-annee-5266>
 - <http://www.greenit.fr/article/materiel/terres-rares-une-infographie-pour-tout-comprendre-5274>
 - <https://www.greenit.fr/2011/02/10/quelle-est-l-empreinte-carbone-d-un-ordinateur/>
- * ADEME :
 - <http://www.ademe.fr/livre-blanc-consommation-energetique-equipements-informatiques-milieu-professionnel>
 - http://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?ordinateurs_et_equipements_pe.htm
- * ENSMP : Mines ParisTech
 - <https://sgs.mines-paristech.fr/prod/sgs/ensmp/catalog/course/detail.php?code=S3312&lang=FR&type=FILE&year=1A>
- * Pour la science :
 - http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/article-l-informatique-emet-plus-de-gaz-a-effet-de-serre-que-l-aviation-36037.php
- * Divers :
 - <http://seeds4green.net/electronics>