

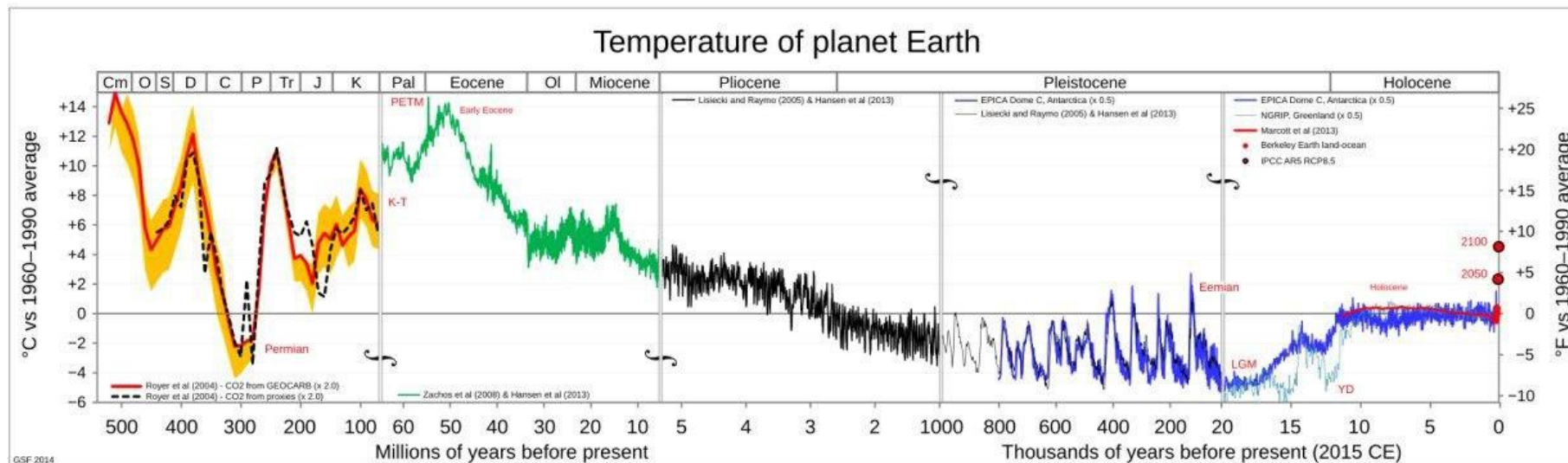
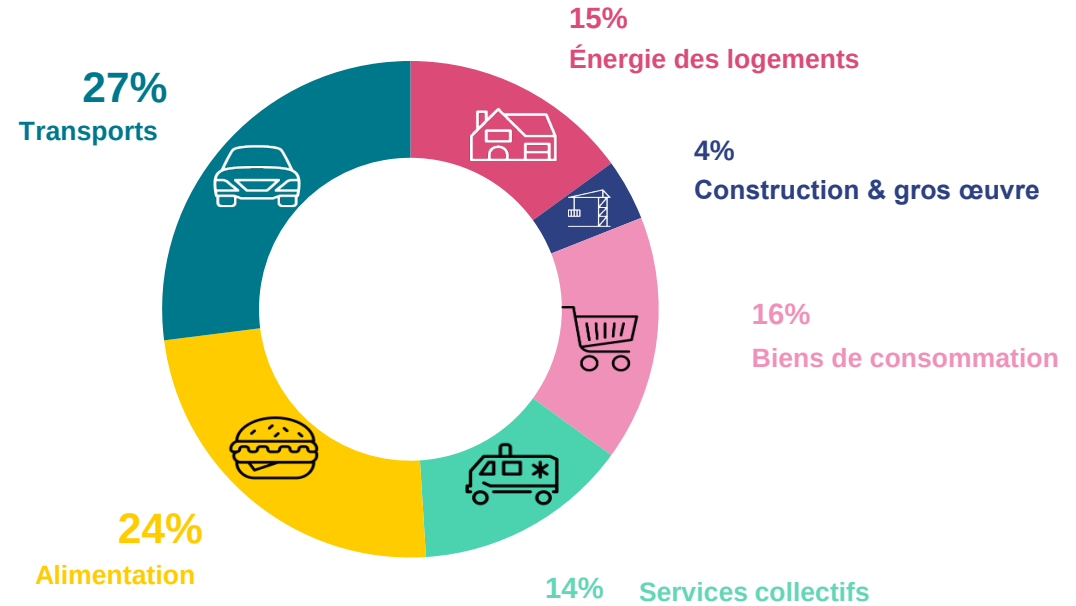
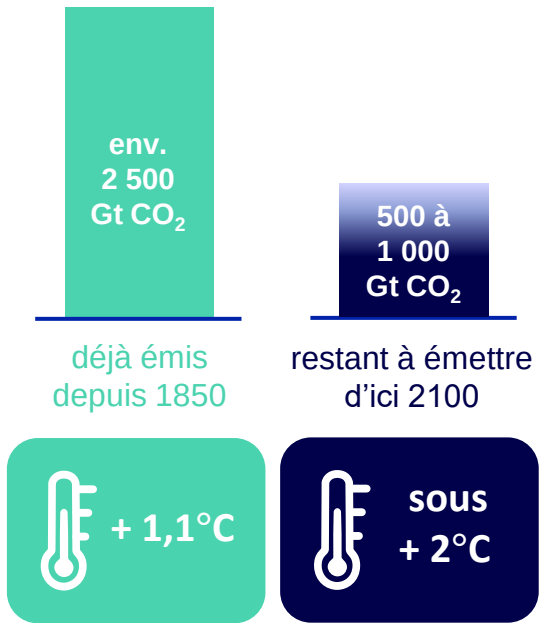


Impacts environnementaux du numérique

24/03/2023



Rappels de la partie précédente



Un secteur en croissance exponentielle

010011
101001
000100



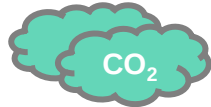
010011	010011	010011	010
101001	101001	101001	101
000100	000100	000100	000
010011	010011	010011	010
101001	101001	101001	10
000100	000100	000100	00
010011	010011	010011	01
101001	101001	101001	10
000100	000100	000100	00
010011	010011	010011	01
101001	101001	101001	10
000100	000100	000100	00

2,5 %

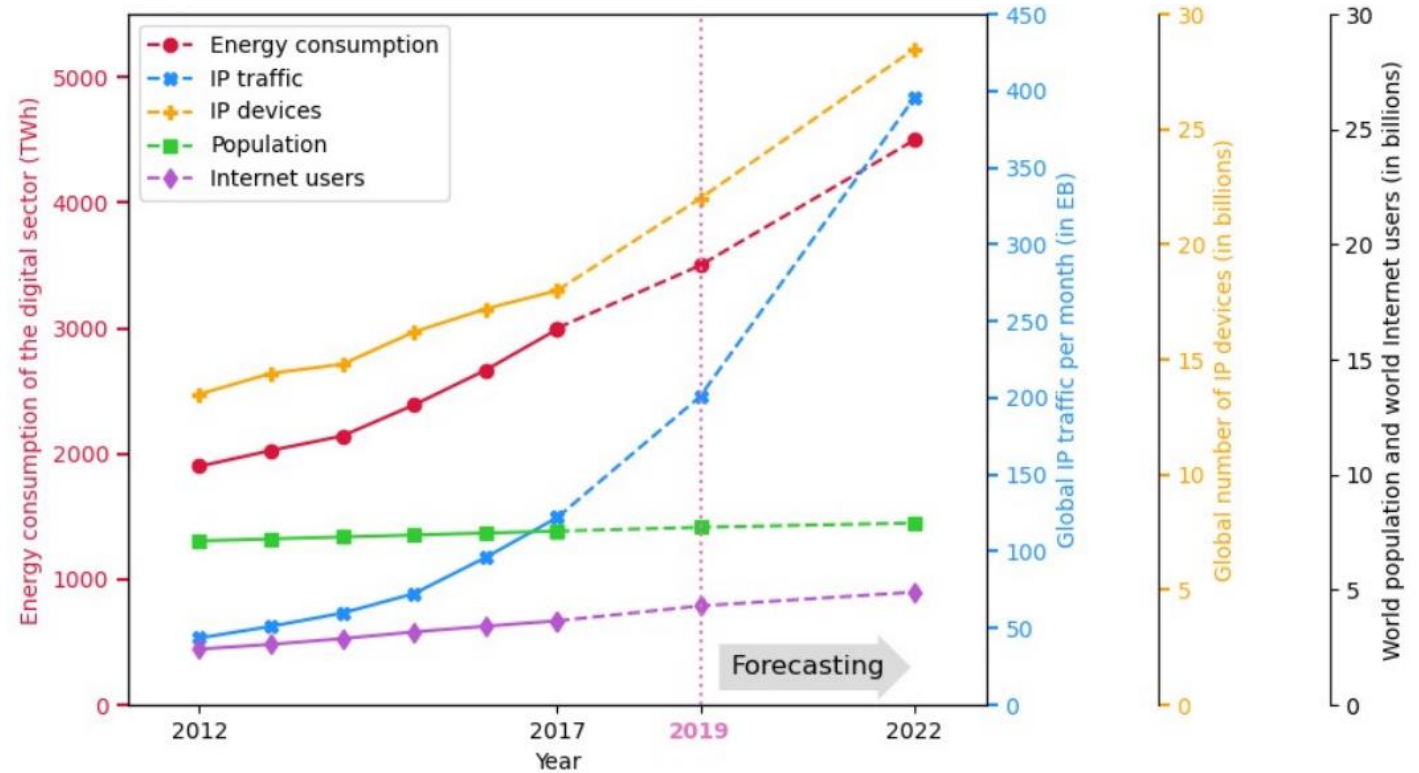


2013

5 %



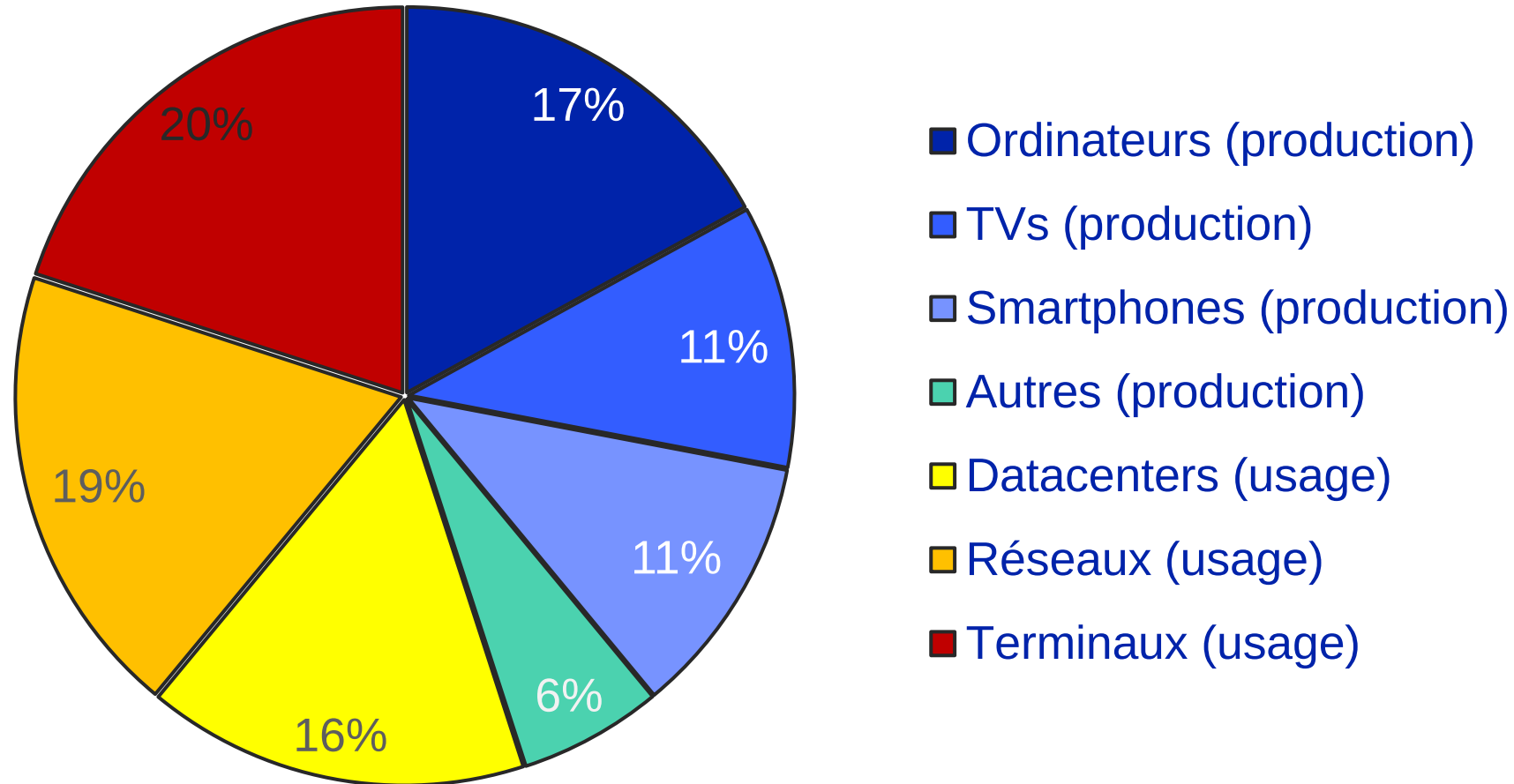
2022



Estimation in 2019: ICT energy consumption grows by **9%** each year.

Ordres de grandeur

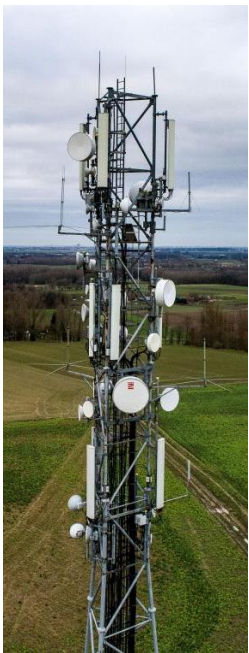
Répartition de la consommation énergétique du Numérique (en 2017)





Une empreinte pas si virtuelle que ça

Qu'est-ce qui compte ? — Infrastructures et terminaux

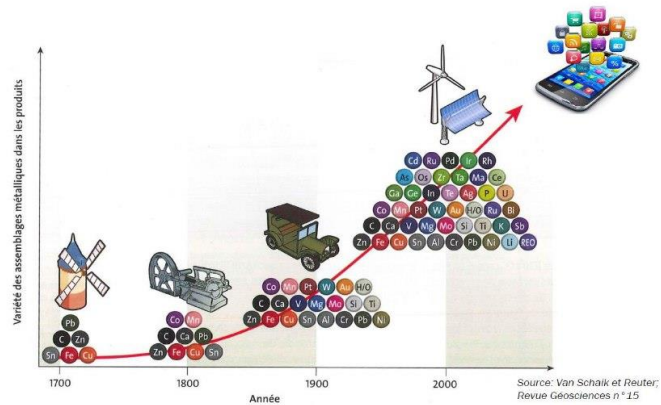


Une empreinte pas si virtuelle que ça

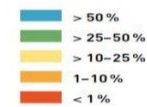


Figure 8 – Taux de recyclage de métaux issus de produits en fin de vie

Figure 1 – Illustration de l'augmentation du nombre de métaux utilisés selon l'évolution technologique



Source : Van Schaik et Reuter, revue Géosciences, n° 15



1																	2
H																	He
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	*	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	**	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Sg	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uug	Uup	Uuh	Uus	Uuo
		↓															
		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

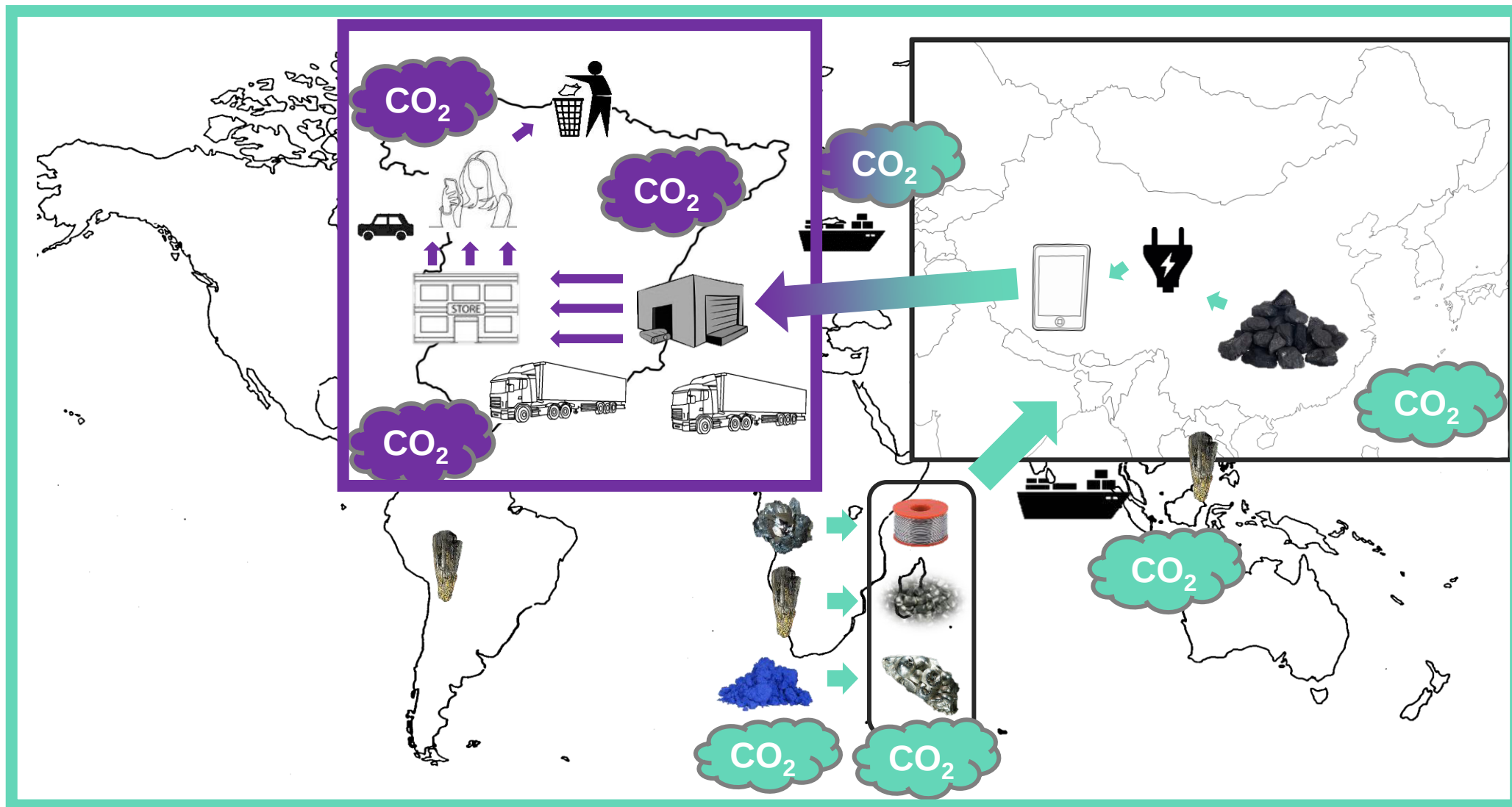
* Lanthanides
** Actinides

Source : UNEP, « Recycling Rates of Metal. A Status Report », 2011

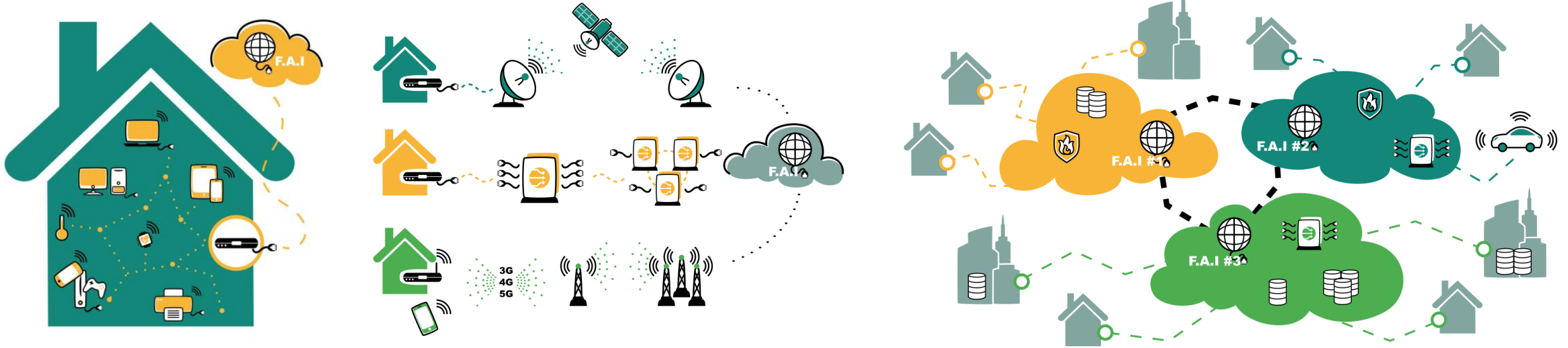
Une empreinte pas si virtuelle que ça



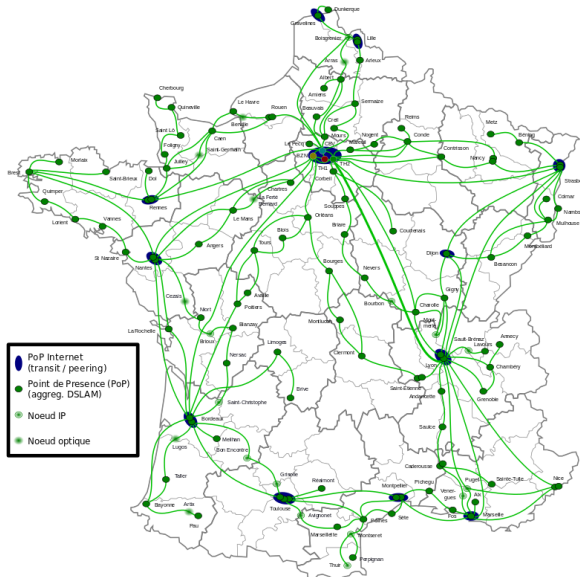
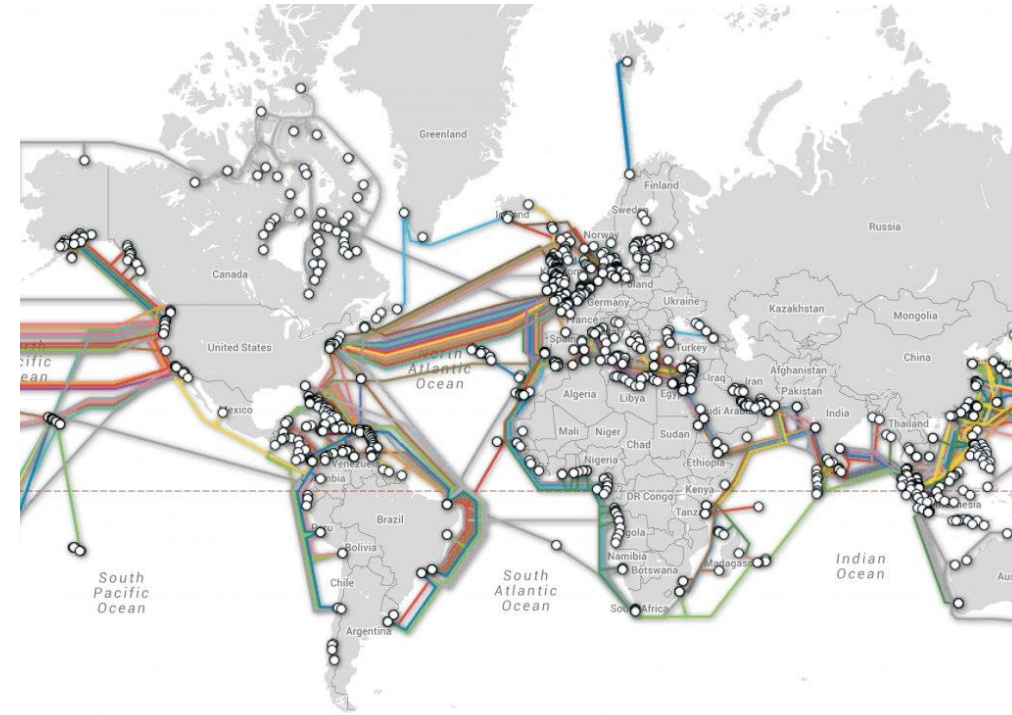
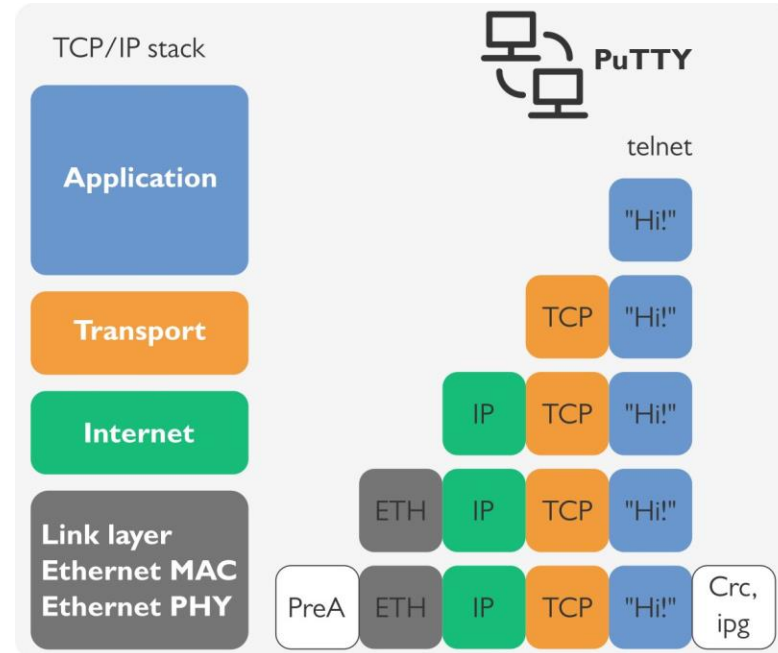
Une empreinte pas si virtuelle que ça



Une empreinte pas si virtuelle que ça



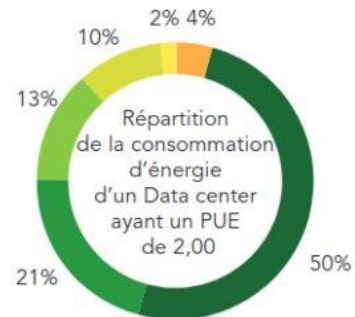
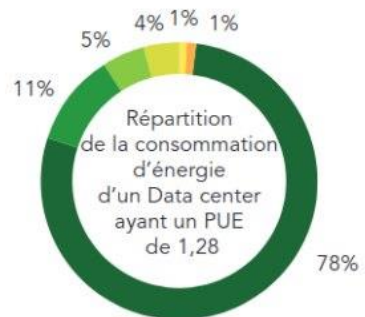
Une empreinte pas si virtuelle que ça



Une empreinte pas si virtuelle que ça



Les schémas suivants présentent des exemples de répartition des consommations d'énergies d'un Data center standard (tiers 3, 100% de charge IT) entre les différents équipements qu'il comporte avec différents niveaux de PUE. Le PUE de 2,0 correspond à la moyenne du parc français et celle de 1,28 aux performances des Data centers les plus récents.

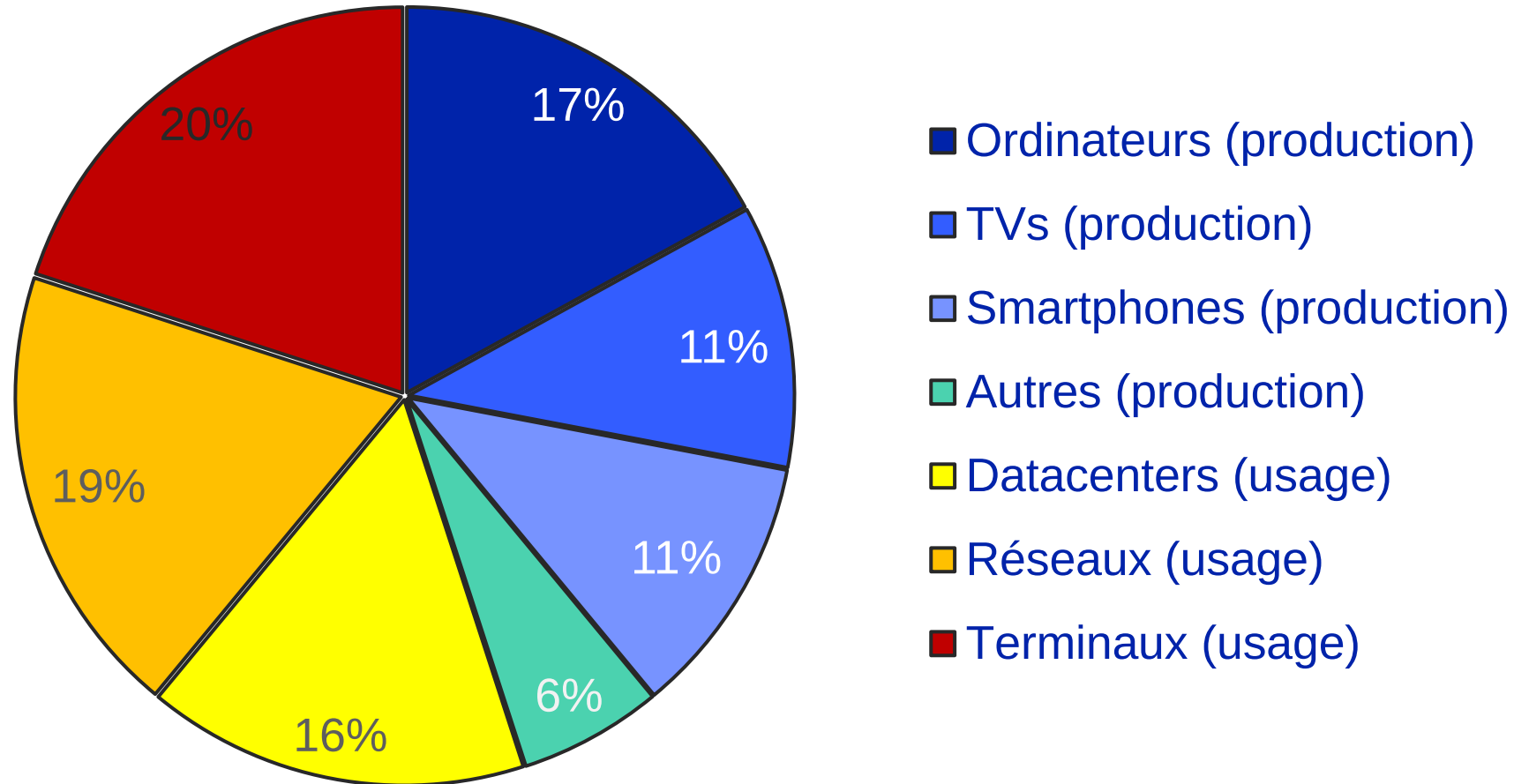


- Equipements IT
- Groupes frigorifiques
- Armoires de climatisation
- ASI (perles)
- Groupe Electrogènes
- Transformateur HTA/BT + Air Neuf + Eclairage



Ordres de grandeur

Répartition de la consommation énergétique du Numérique (en 2017)

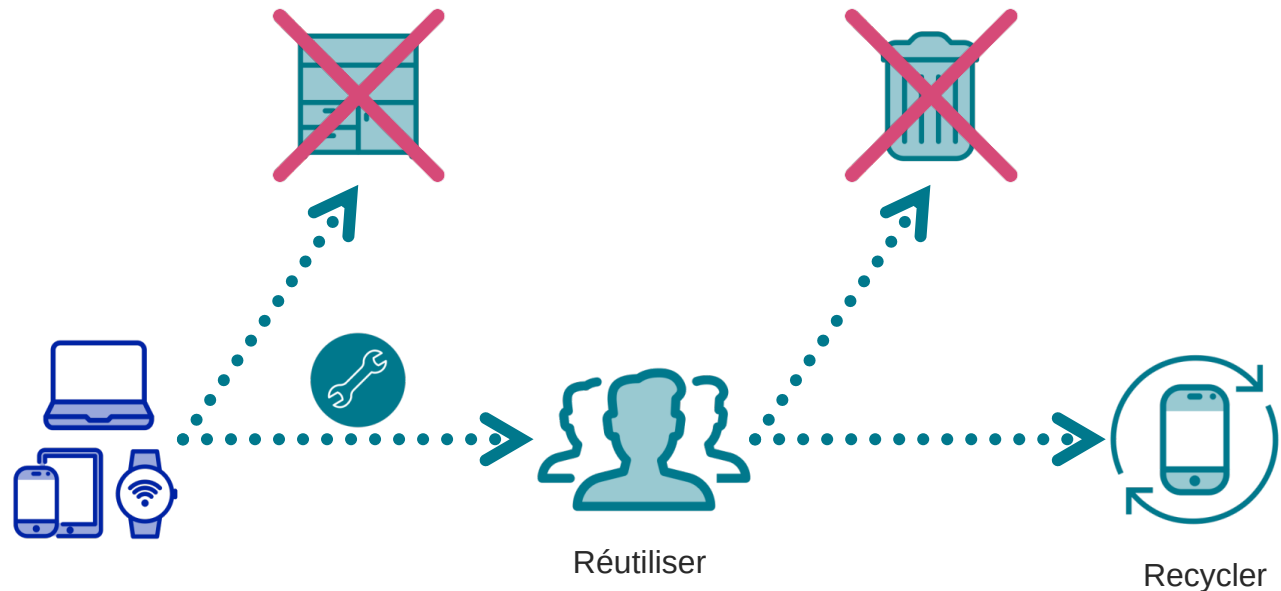
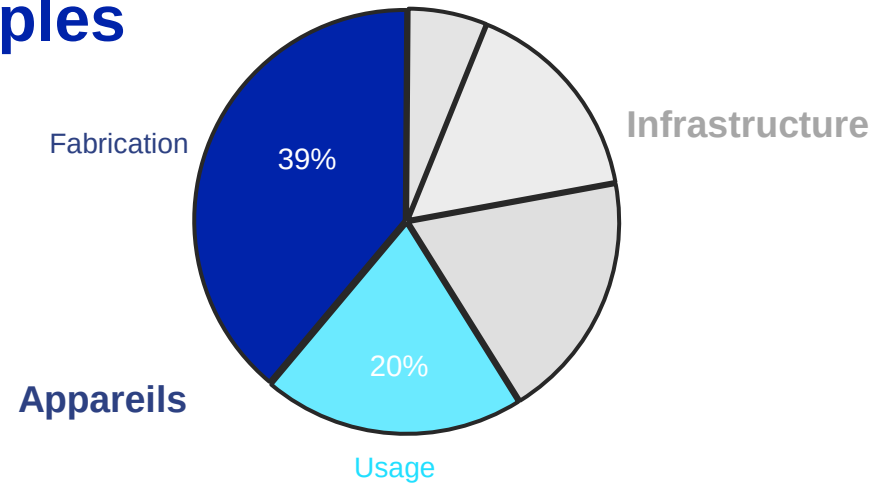
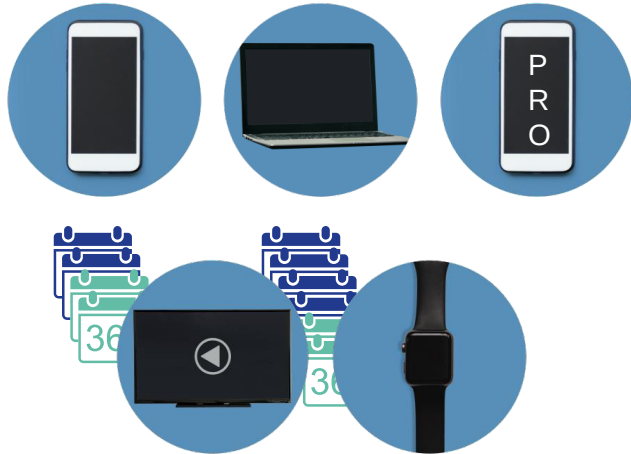




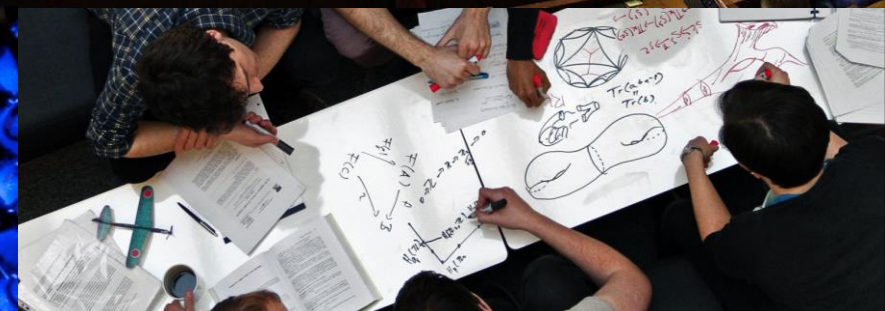
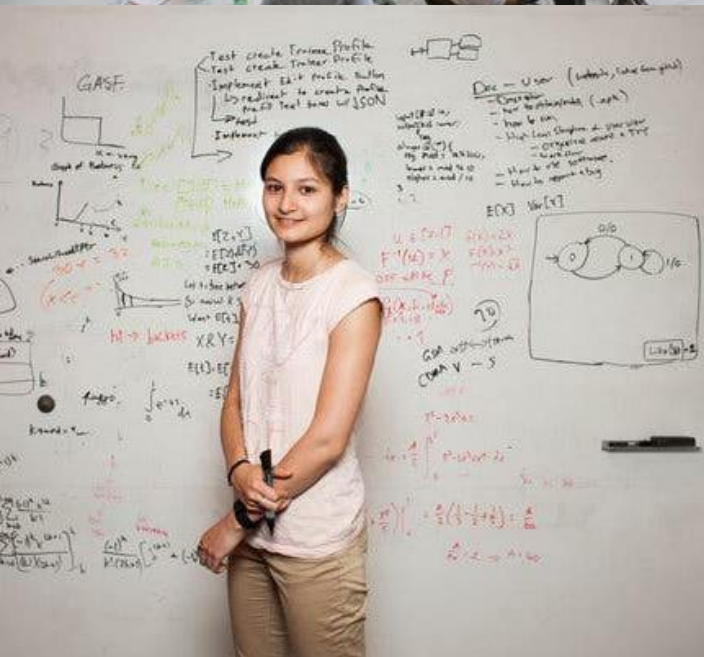
Comment agir ?

Conseils pratiques simples

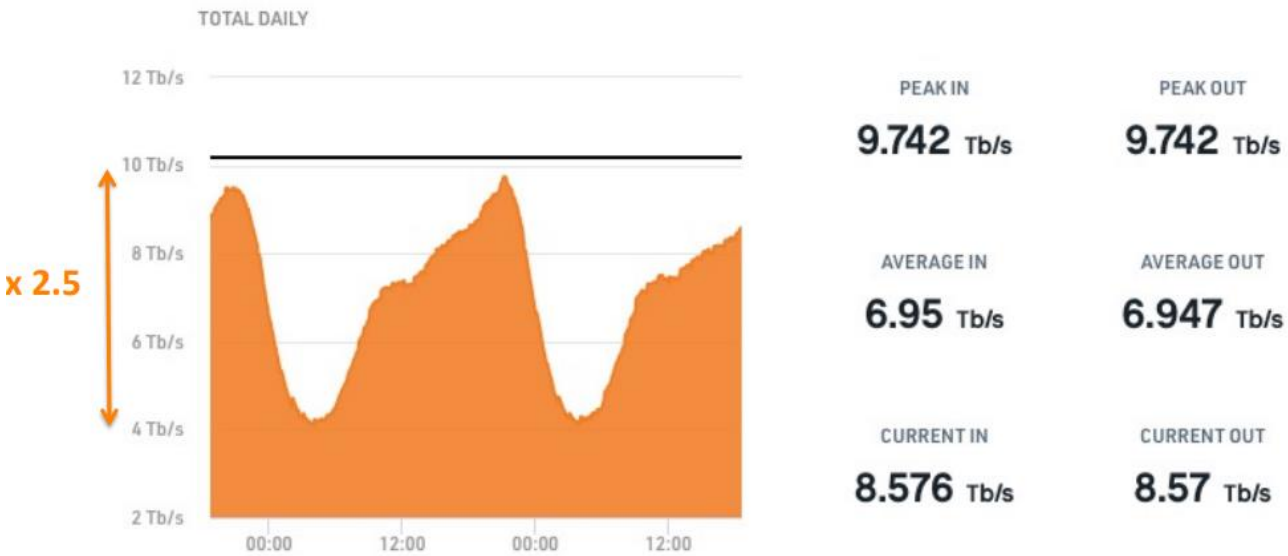
Empreinte carbone liée aux appareils



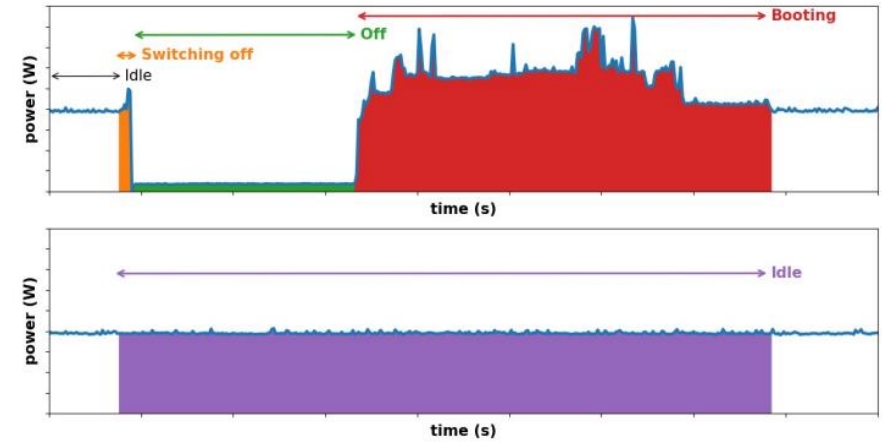
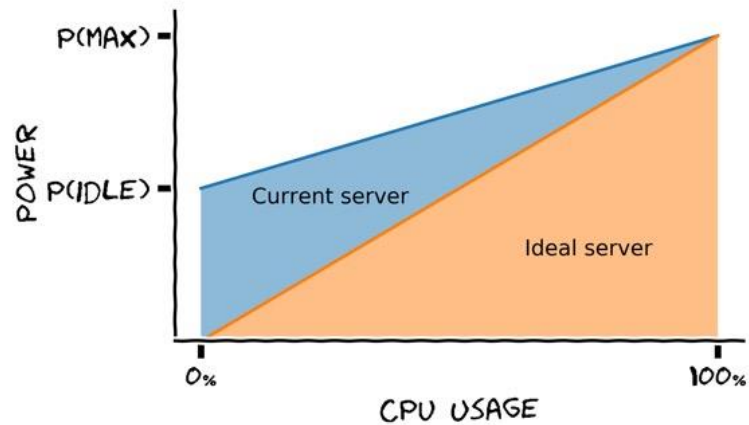
-  Réduire le nombre d'appareils et augmenter la durée de vie
-  Facile à réparer et de changer la batterie
-  Adapté à mes besoins
-  Réduire la taille des écrans



Focus – Consommation des infrastructures



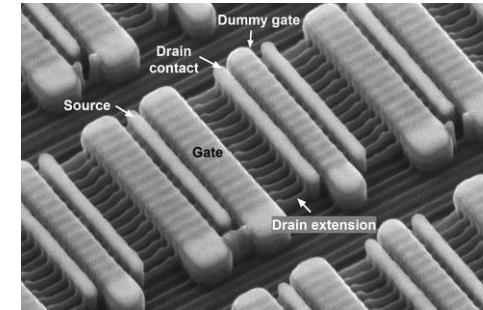
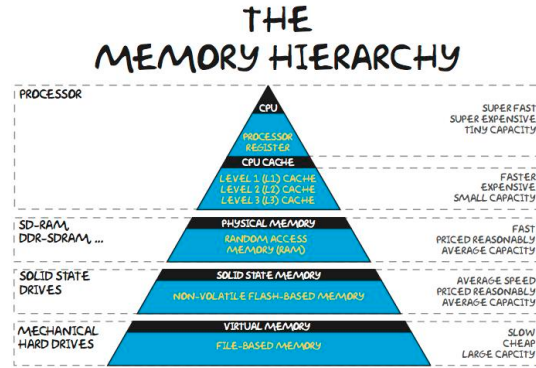
Daily aggregated traffic on AMS-IX(Amsterdam Internet eXchange Point), October 2021.



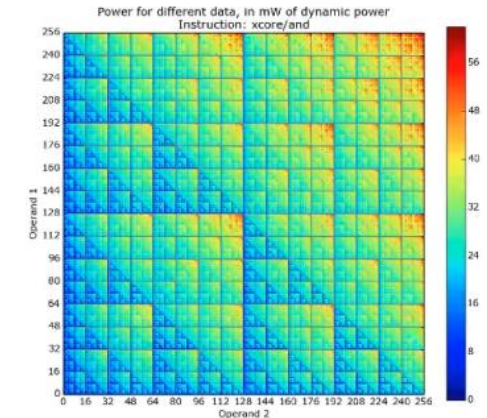
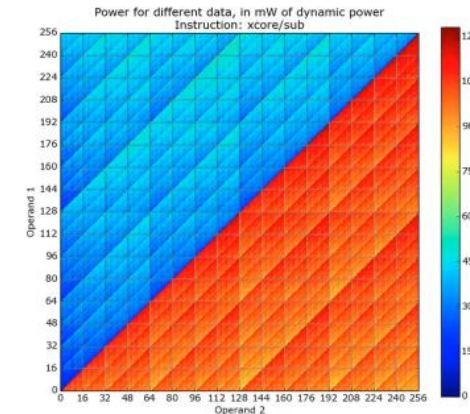
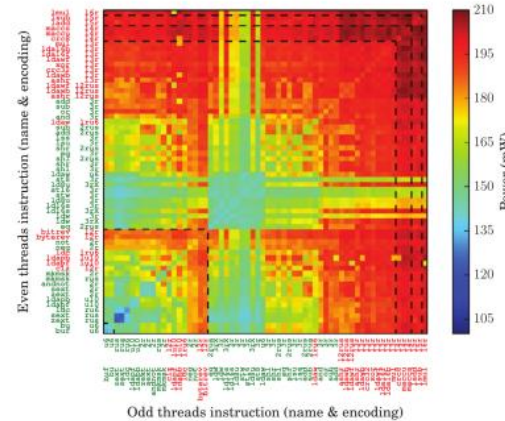
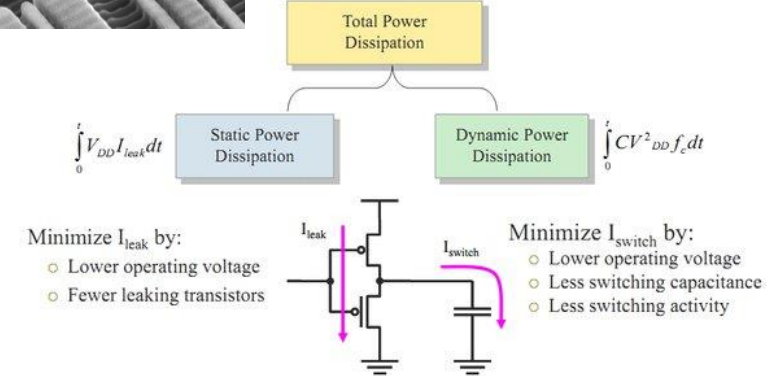
Focus – Software (et un peu d'Hardware)

Table 4. Normalized global results for Energy, Time, and Memory

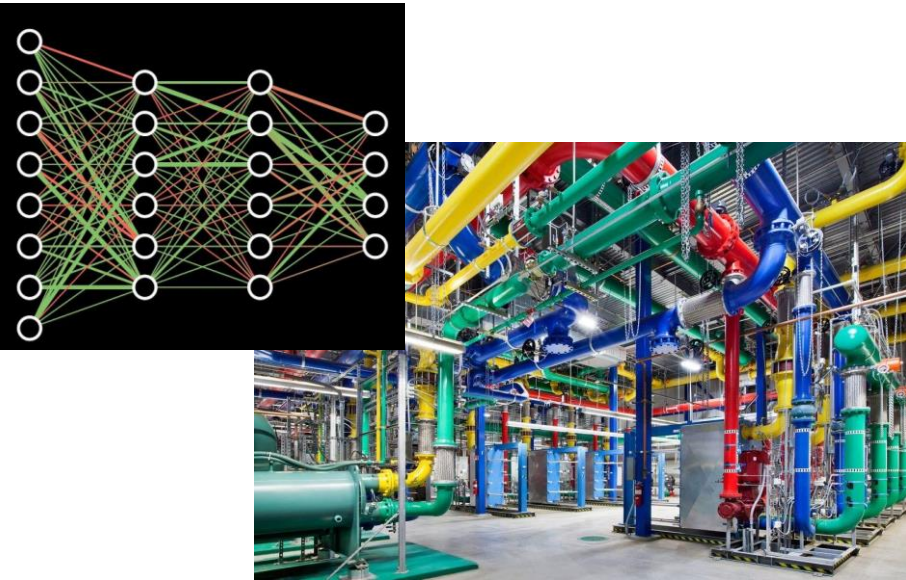
Total					
	Energy		Time		
(c) C	1.00	(c) C	1.00	(c) Pascal	1.00
(c) Rust	1.03	(c) Rust	1.04	(c) Go	1.05
(c) C++	1.34	(c) C++	1.56	(c) C	1.17
(c) Ada	1.70	(c) Ada	1.85	(c) Fortran	1.24
(v) Java	1.98	(v) Java	1.89	(c) C++	1.34
(c) Pascal	2.14	(c) Chapel	2.14	(c) Ada	1.47
(c) Chapel	2.18	(c) Go	2.83	(c) Rust	1.54
(v) Lisp	2.27	(c) Pascal	3.02	(v) Lisp	1.92
(c) Ocaml	2.40	(c) Ocaml	3.09	(c) Haskell	2.45
(c) Fortran	2.52	(v) C#	3.14	(i) PHP	2.57
(c) Swift	2.79	(v) Lisp	3.40	(c) Swift	2.71
(c) Haskell	3.10	(c) Haskell	3.55	(i) Python	2.80
(v) C#	3.14	(c) Swift	4.20	(c) Ocaml	2.82
(c) Go	3.23	(c) Fortran	4.20	(v) C#	2.85
(i) Dart	3.83	(v) F#	6.30	(i) Hack	3.34
(v) F#	4.13	(i) JavaScript	6.52	(v) Racket	3.52
(i) JavaScript	4.45	(i) Dart	6.67	(i) Ruby	3.97
(v) Racket	7.91	(v) Racket	11.27	(c) Chapel	4.00
(i) TypeScript	21.50	(i) Hack	26.99	(v) F#	4.25
(i) Hack	24.02	(i) PHP	27.64	(i) JavaScript	4.59
(i) PHP	29.30	(v) Erlang	36.71	(i) TypeScript	4.69
(v) Erlang	42.23	(i) Jruby	43.44	(v) Java	6.01
(i) Lua	45.98	(i) TypeScript	46.20	(i) Perl	6.62
(i) Jruby	46.54	(i) Ruby	59.34	(i) Lua	6.72
(i) Ruby	69.91	(i) Perl	65.79	(v) Erlang	7.20
(i) Python	75.88	(i) Python	71.90	(i) Dart	8.64
(i) Perl	79.58	(i) Lua	82.91	(i) Jruby	19.84



$$E = \int_0^t (V_{DD} I_{leak} + CV^2_{DD} f_c) dt$$



Focus – Quelques applications



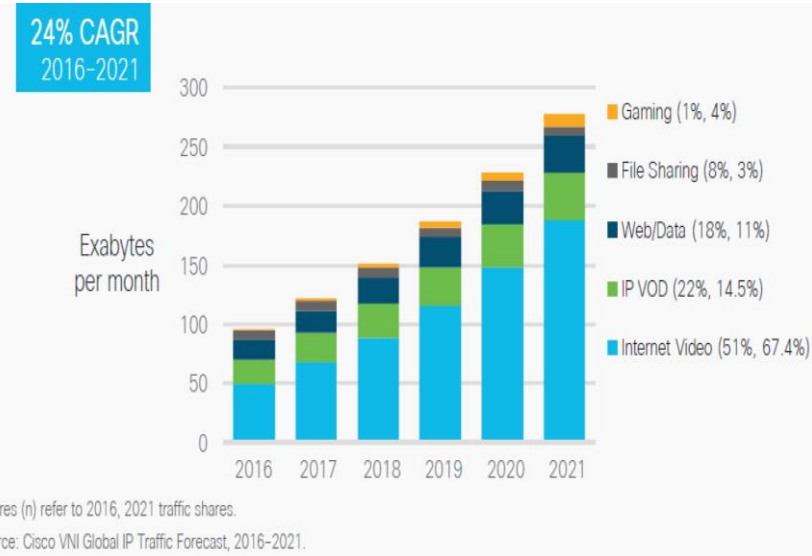
Machine Learning (par réseaux de neurones)

Chez Google,
des estimations donnent
~ 2 TWh/an



Blockchain (par preuve de travail)

Bitcoin, ~130TWh/an
La moitié de la production électrique de
l'Espagne !



Vidéo

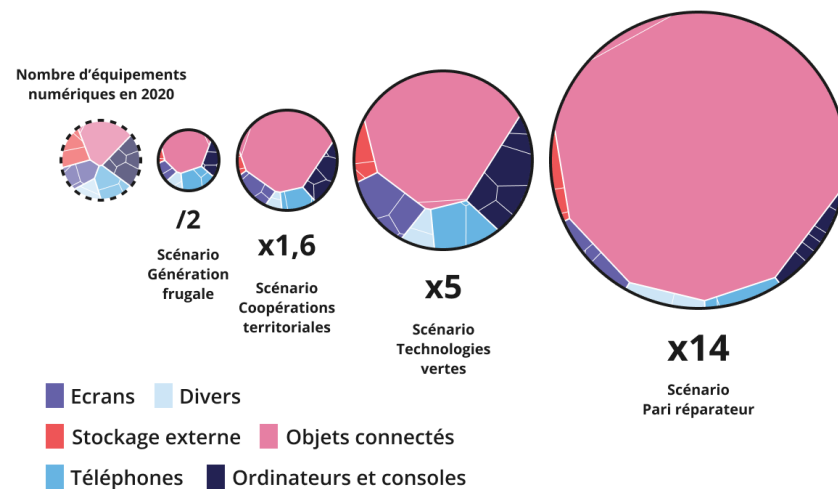
Réseau ~300kWh/To
Stockage ~100kWh/To/an

Conclusion – Choix de notre futur numérique



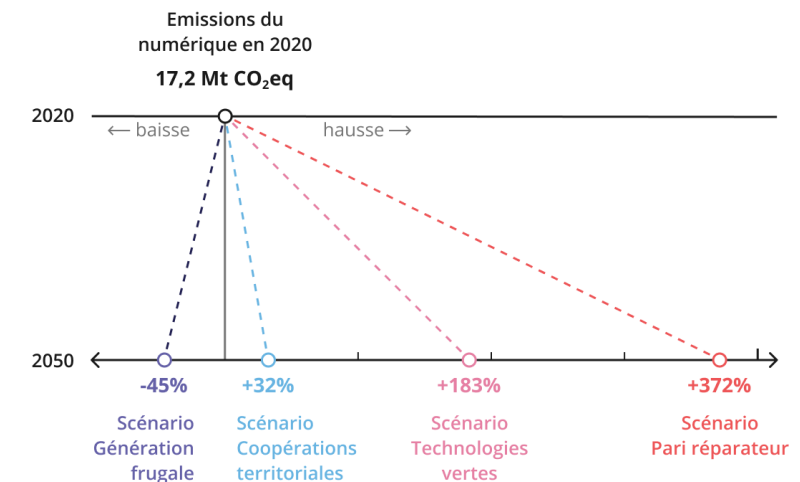
Vers 11 milliards d'équipements numériques en 2050 dont presque autant d'objets connectés ?

Evolution du nombre de terminaux utilisateurs utilisés en France en 2050 selon chaque scénario prospectif, comparé à 2020.



Choix de société : une empreinte carbone quintuplée ou divisée par deux d'ici 2050 ?

Taux d'évolution des 4 scénarios prospectifs d'émissions de CO₂eq du numérique en 2050 (sur tout le cycle de vie) par rapport à 2020 de l'étude ADEME-Arcep.



Hey ! Je pèse dans le game en fait !

