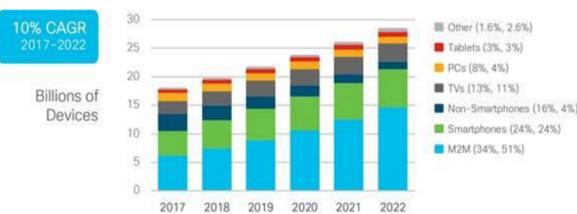
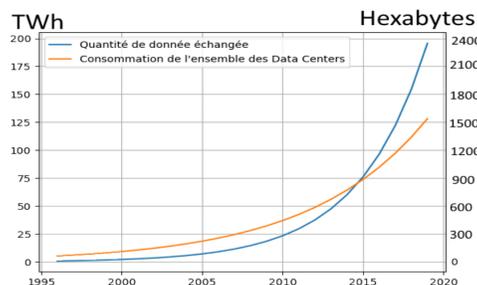
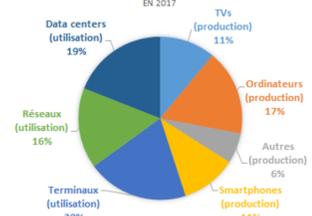


La révolution numérique au XXIème siècle a transformé toutes les activités humaines. Tous les secteurs (divertissement, industrie, communication,...) ont muté sur ces nouvelles bases, et continuent d'évoluer aujourd'hui avec les data sciences. Ce bouleversement technologique se caractérise d'abord par une prolifération des terminaux. Le nombre d'utilisateurs de smartphones a presque doublé en seulement 5 ans en passant de 1,51 milliards en 2014 à 2.87 fin 2019. Au-delà de ces flux physiques, c'est le trafic de données qui a pris une ampleur considérable: en passant de 2 téraoctets par seconde en 2007 à près de 78 téraoctets par seconde en 2019. La consommation électrique a crû en conséquence, et pose aujourd'hui un réel problème face à un univers numérique en inflation. Cependant, des innovations faisant appel à ces technologies pour économiser de l'énergie grâce à ces technologies digitales existent et sont en développement constant. **Est-il envisageable d'un point de vue énergétique de poursuivre le développement du numérique au rythme actuel ?**

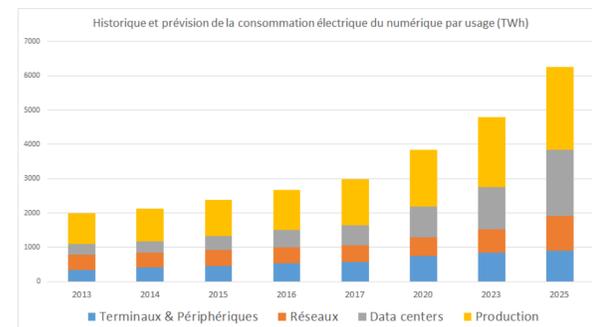


Contrairement à ce qu'on pourrait croire, **la production des appareils consomme beaucoup plus d'énergie que leur utilisation** : le coût énergétique d'utilisation d'un smartphone représente un dixième de son énergie grise (obtenue par une ACV « cradle to grave »).

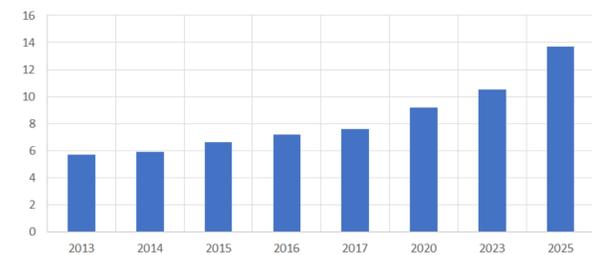
CONSOMMATION ENERGETIQUE DU NUMERIQUE PAR POSTE DE CONSOMMATION EN 2017



La croissance de données échangées **peut être modélisée sur les 25 dernières années par une exponentielle**, tout comme la consommation électrique des data centers. **La croissance de la consommation des data centers est plus lente** (rapport des constante de temps de 2,27) qui s'explique par les améliorations des technologies de stockage et de traitement des données. L'augmentation du trafic internet s'explique par des usages plus gourmands et la démocratisation de l'IoT (Internet des Objets).



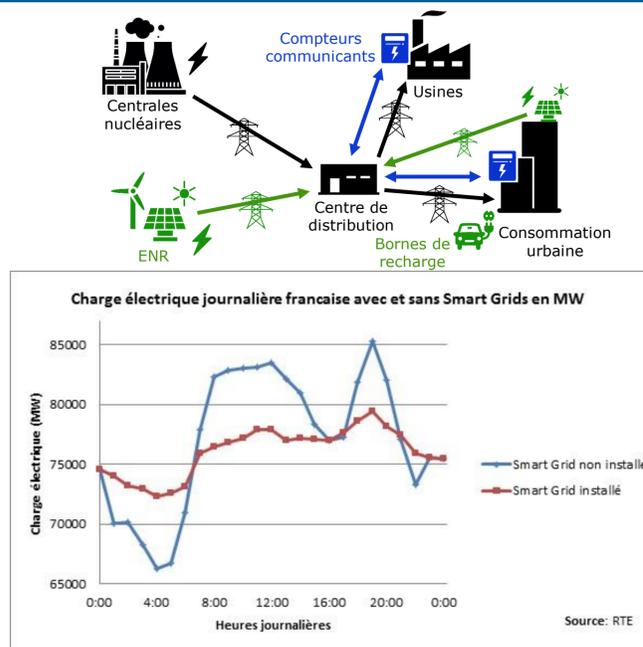
Historique et prévision de la consommation électrique mondiale relative du numérique (%)



Un numérique au service de l'environnement ?

Dans ce contexte de croissance accrue de la consommation électrique due au numérique, des projets associant transition numérique et transition environnementale commencent à voir le jour. C'est le cas des technologies « Smart ». Parmi celles-ci, on compte les **réseaux électriques intelligents** que l'on appelle aussi « Smart Grids ». Ces projets ont pour objectif de moderniser le système électrique actuel en y intégrant des outils communicants, pour **faciliter la circulation de l'information concernant la consommation électrique globale** et celle de la production des énergies renouvelables.

La consommation et la production d'électricité n'étant pas constantes, la communication entre fournisseurs, distributeurs et consommateurs permet d'optimiser l'ensemble des mailles du réseau d'électricité et d'adapter les flux d'énergie transportés.



En France, l'étude *Valorisation socio-économique des réseaux électriques intelligents (2017)* menée par plusieurs organismes comme Enedis ou le Réseau de Transport d'Électricité (RTE) a montré qu'à l'horizon 2030, l'ensemble des fonctions « Smart Grids » étudiées pourraient apporter à terme des **bénéfices nets de l'ordre de 400 M€/an**.

Et sur le plan environnemental, les chercheurs du Département de l'Énergie du Pacific Northwest National Laboratory (PNL) ont calculé qu'un déploiement intégral des smart grids sur le réseau électrique permettrait d'atteindre au moins **12% d'économie d'énergie et de réduction des émissions de dioxyde de carbone** en 20 ans.

Mais qui finit par se retourner contre son but initial : le Paradoxe de Jevons

Toutefois, en considération de ces innovations qui permettent une optimisation de la consommation électrique, il est nécessaire de **s'inquiéter de l'effet rebond**. En effet, lorsque le progrès technique permet une meilleure performance énergétique, **les économies réalisées sont en parties compensées** par de nouvelles dépenses : la consommation « rebondit ».

Des exemples dans notre quotidien technologique :

- **La croissance de la puissance de calcul** des ordinateurs mène à une écriture des programmes dont la **gestion mémoire est mauvaise et dont les processus de calculs ne sont pas optimisés**.
- La **facilité d'envoi d'un mail** vis-à-vis du courrier mène à une **fréquence de correspondance considérablement plus élevée**

Magee & Devezas montrent que les effets rebonds technologiques furent plus importants que les gains apportés par l'innovation technologique.

Les conclusions de notre étude sont claires: le secteur du numérique est énergivore et cela n'est pas près de s'arrêter : avec une telle croissance, il pourrait selon les scénarios les plus pessimistes, représenter dans 10 ans la majorité des dépenses électriques mondiales. Face à une telle croissance, il ne s'agit plus de redimensionner nos moyens de production électriques mais bien de réduire notre consommation. Ainsi, se pose la question des émissions de GES associées : aujourd'hui, elles représentent autant que le trafic routier mondial. Le problème des matières premières se pose également, sachant qu'aujourd'hui, 50% de la production d'indium et 10% de la production de cobalt sont dédiés aux seuls smartphones et téléviseurs. Or, ces ressources rares et convoitées ont de multiples autres applications stratégiques.

Il est possible d'agir à une échelle individuelle : **en équivalent carbone, 50 mails stockés durant 1 an émettent autant qu'un réfrigérateur pendant la même période. L'état des choses actuel appelle à davantage de sobriété...**

[1] The Shift Project, Pour une sobriété numérique [En ligne], Octobre 2018
 [2] Cisco, Mobile Visual Networking Index (VNI) Forecast [En ligne], Février 2019
 [3] Green IT, Empreinte environnementale du numérique mondial [En ligne], Septembre 2019
 [4] Anders S.G. Andrae, On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030 [En ligne], Avril 2015
 [5] Fabien Douchet, thèse soutenue en juin 2016, Optimisation énergétique de data centers par utilisation de liquides pour le refroidissement des baies informatiques [En ligne]
 [6] Christopher L. Magee & Tesselano C. Devezas, A Simple extension of Dematerialization Theory: Incorporation of Technical Progress and the Rebound Effect [En ligne], Janvier 2016
 [7] Internet World Stats, Internet Penetration: Alphabetical List of Countries [En ligne], Mai 2019
 [8] ADEEF & Enedis & ADEME & RTE, Valorisation Socio-économique des réseaux électriques intelligents, Juillet 2017
 [9] Pacific Northwest National Laboratory, The Smart Grid: An estimation of the Energy and CO₂ Benefits, Janvier 2010

