



La révolution numérique fera-t-elle exploser nos consommations d'énergie ?

Inflation exponentielle du flux de données, objets connectés en pagaille, data centers poussant comme des champignons... La « révolution numérique » qui prend place dans nos sociétés est gourmande en équipements électroniques, eux-mêmes voraces en énergie électrique. Au point de susciter des inquiétudes, voire des fantasmes. Qu'en est-il aujourd'hui et qu'en sera-t-il demain ?

Partagez

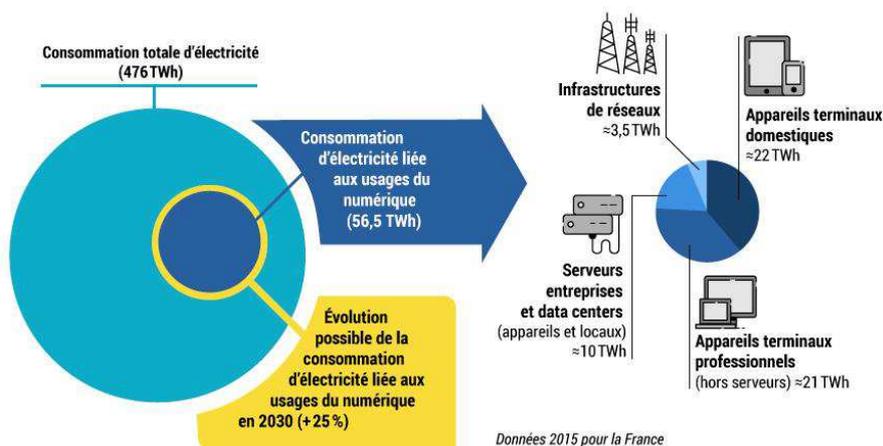
Publié le 7 décembre 2017
Modifié le 14 décembre 2017

En quelques mots

De nombreux acteurs alertent régulièrement sur la consommation d'électricité effrénée engendrée par Internet et les usages numériques de plus en plus intensifs.

En dressant un état de lieux des équipements du numérique en France, puis en estimant l'impact des principales tendances d'évolution envisagées, il est possible d'aller au-delà des annonces chocs et de les relativiser. La forte croissance annoncée des usages du numérique ne se traduira pas nécessairement par une pression insupportable sur notre système énergétique. En outre, le numérique permet de réaliser des économies d'énergie dans d'autres secteurs : transport, réseaux électriques, domotique, etc.

Ce constat ne dédouane pas pour autant le secteur du numérique de nombreuses autres pressions sur l'environnement, notamment lors de la production et de la mise au rebut des appareils électroniques.



Le développement du numérique aura
UN IMPACT MODÉRÉ SUR LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ
en France

www.decrypterlenergie.org

« Révolution numérique » : de quoi parle-t-on ?

L'utilisation croissante – pour de nouveaux usages – de données informatisées dans tous les secteurs de la vie privée et professionnelle, échangées via des réseaux comme Internet, est considérée comme une

échangées via des réseaux comme internet, est considérée comme une « révolution numérique ». Ces nouveaux usages nécessitent des équipements, qui peuvent être regroupés en trois grandes catégories :

les appareils terminaux en contact avec les utilisateurs : ordinateurs, tablettes, smartphones, écrans, objets connectés, box, décodeurs TV, etc. ;

les serveurs et appareils de stockage de données des organisations fournissant ou utilisant des services numériques (grandes entreprises du web, banques, administrations...), parfois regroupés dans d'immenses centres de données (*data centers*) ;

les infrastructures des réseaux permettant aux données numériques de circuler (antenne-relais, câbles, fibres, répartiteurs, etc.).

Quelques chiffres-clés donnent une idée de l'évolution du numérique.

La proportion d'utilisateurs d'Internet est passée de moins de 10 % de la population mondiale en l'an 2000 à 35 % en 2012. Le volume de données échangées a plus que doublé chaque année jusqu'en 2002, et continue de croître à un rythme soutenu¹.

Le taux de possession d'un smartphone a quadruplé en France en cinq ans pour atteindre 65 % en 2016. Plus de 80 % des Français ont au moins un ordinateur et 40 % une tablette. À la maison, un Français passe quotidiennement 2h30 sur Internet et 3 à 4h devant la télévision (qui est devenue numérique)².

Au travail, le numérique s'impose également. Un audit récent de 50 organisations (aussi bien des PME que des grandes entreprises) a révélé la présence moyenne de dix ordinateurs, trois imprimantes, un point d'accès wi-fi et un à deux autres équipements numériques pour dix salariés, ainsi que près de trois serveurs informatiques pour 100 salariés³.

Cette révolution numérique est souvent présentée comme une des grandes transformations sociétales en cours. Pour certains, elle pourrait accompagner et favoriser la transition énergétique en développant des outils et solutions permettant d'optimiser les services et systèmes énergétiques. Pour d'autres, elle est le symbole d'une société toujours plus avide d'énergie, en proie à l'ébriété énergétique.



Impact énergétique : des chiffres chocs à questionner

La révolution numérique éveille la crainte d'une explosion du nombre et de l'usage d'équipements électroniques, donc des consommations d'électricité.

Des médias relaient souvent ces inquiétudes, avec des messages parfois très alarmistes.

« Les data centers, monstres avides d'énergie » ([Libération](#))
 « Dans 25 ans, la consommation des 500 milliards d'appareils connectés au web égalera celle de l'humanité en 2008. » ([Arte](#))
 « Il ne reste que 7 ans à vivre au web, en 2023 il va mourir. » ([Économie Matin](#))

Certains chiffres, assésés sans détails sur les périmètres ni sur les hypothèses, sont à prendre avec précaution. Un état des lieux sur le territoire métropolitain permet d'y voir plus clair, avant d'envisager les évolutions possibles.

La consommation des appareils en France métropolitaine

En l'absence de chiffres extrêmement précis sur la consommation énergétique du numérique en France⁴, nous devons nous contenter d'approximations sur les différents postes.

Les appareils terminaux et les serveurs

Pour les appareils terminaux, RTE (le gestionnaire du réseau de transport d'électricité national) estime en 2015 à 22 TWh/an la consommation d'électricité des équipements informatiques et audiovisuels dans les logements, et à 26 TWh/an celle des usages informatiques et numériques dans le tertiaire (incluant à la fois les appareils terminaux et les serveurs)⁵.

Pour estimer plus finement la part des serveurs au sein des entreprises, on peut retenir le chiffre de 170 kWh/an par employé pour la consommation des serveurs et commutateurs (basé sur un audit de 50 organisations diverses réalisé par l'Ademe³), et l'extrapoler, ce qui conduit à près de 4 TWh/an. Environ la moitié sert au fonctionnement des appareils, l'autre à la ventilation et à la climatisation des salles informatiques.

Viennent ensuite les serveurs et stockages de données externalisés dans des grands centres de données spécialisés. Des chiffres variables circulent sur leur consommation d'énergie. Une cartographie répertoriait 156 *data centers* en France en 2016⁶. On ne connaît pas dans le détail le nombre et le type d'appareils qu'ils abritent, mais une étude prospective a estimé leur consommation électrique à environ 6 TWh/an en 2015 : la moitié pour les appareils, l'autre pour les périphériques et la climatisation⁷. Une évaluation d'EDF datée de 2013 fournit une fourchette similaire autour de 6 TWh/an⁸. RTE table lui sur une consommation deux fois moindre⁵. Une valeur encore différente, et bien plus élevée, est souvent reprise dans les médias : 9 % de la consommation d'électricité nationale, soit 40 TWh/an. Ce chiffre résulte d'une confusion : il se réfère à un périmètre beaucoup plus large incluant tous les appareils informatiques⁹. Une valeur de l'ordre de 6 TWh/an paraît l'approximation la plus robuste.

Pour l'ensemble des serveurs et stockages dans les entreprises et les *data centers*, le total probable est donc d'environ 10 TWh/an : la moitié pour les appareils, l'autre pour les périphériques et la climatisation des locaux. Ces chiffres sont comparables à une estimation faite pour l'Allemagne en 2012¹⁰.

Les infrastructures des réseaux et télécommunications

Enfin, la consommation des infrastructures des réseaux et télécommunications est estimée dans une étude à 3,5 TWh/an en 2015⁷. On peut corroborer cette valeur en extrapolant les consommations rapportées, par exemple, par l'opérateur SFR (0,73 TWh en 2015 pour environ 22 % de parts de marché¹¹).

Poste	Consommation (2015)
Appareils terminaux domestiques	~ 22 TWh

Appareils terminaux professionnels (hors serveurs)	~ 21 TWh
Serveurs et <i>data centers</i> (appareils)	~ 5 TWh
Serveurs et <i>data centers</i> (locaux)	~ 5 TWh
Infrastructures de réseaux	~ 3,5 TWh

Figure 1 : Récapitulatif des consommations d'électricité du numérique en France métropolitaine

On aboutit à un total de 56,5 TWh, représentant près de 12 % de la consommation nationale d'électricité et mobilisant l'équivalent de huit réacteurs nucléaires. C'est un niveau de consommation conséquent, sans être gigantesque. On peut noter qu'une évaluation similaire réalisée en 2008 aboutissait à une valeur très comparable¹². Il ne semble donc pas y avoir eu d'explosion des consommations, les augmentations d'usage dans certains secteurs étant compensées par des progrès sur l'efficacité énergétique.

Un mot sur « l'énergie grise »

Les appareils électroniques sont souvent montrés du doigt non seulement pour leur consommation d'électricité, mais aussi pour l'énergie consommée pour leur fabrication et l'extraction des matériaux qui les composent, appelée l'énergie grise. Celle-ci est difficile à estimer, car elle dépend de nombreux paramètres et d'hypothèses sur des activités situées majoritairement en Asie. Des analyses de cycle de vie ont été réalisées sur certains équipements, mais avec des conclusions variables⁴. Les chiffres cités ici ne permettent donc que de premières approximations, faute d'études comparables sur le sujet.

Les valeurs que l'on trouve dans les études préparatoires des règlements européens sur l'efficacité énergétique des produits font état, selon les appareils, de niveaux d'énergie grise représentant 5 % à 50 % de la consommation d'énergie de fonctionnement pour les appareils fixes¹³. Pour les smartphones (qui sont économes en électricité et à faible durée de vie) l'énergie grise peut représenter cinq fois plus que ce que l'appareil consommera sur sa durée de vie.

En ventilant ces valeurs sur les parcs d'équipements de France métropolitaine, on aboutit à une énergie grise cumulée représentant environ 15 % de l'énergie de fonctionnement totale calculée précédemment. Mais il manque un certain nombre de petits équipements annexes (câbles, périphériques d'ordinateurs, chargeurs, gadgets, etc.) amenant à penser que l'on est probablement plus proche de 20 %. Si l'on passe à un raisonnement en bilan carbone, le poids de la fabrication devient encore plus élevé, car elle a lieu essentiellement en Chine où l'électricité est encore très émettrice de gaz à effet de serre.

Ce qui est sûr, c'est qu'à mesure que les appareils deviennent plus efficaces en énergie et plus mobiles, l'impact de la fabrication a tendance à devenir de plus en plus important dans leur bilan écologique. Ce qui justifie d'y accorder toute l'attention nécessaire, et de faire des efforts bien plus marqués qu'aujourd'hui pour rendre les appareils électroniques plus durables, réparables, réutilisables, et recyclables.

Et demain ?

Les tendances lourdes

Tout porte à croire que la révolution numérique va se poursuivre à un rythme soutenu. La croissance des flux de communication et de données va-t-elle provoquer une envolée des consommations d'électricité ?

Le trafic mondial de données échangées sur Internet pourrait passer de 6 à plus de 100 Gigabytes par mois et par individu¹ ; en cause notamment la taille toujours plus grande des fichiers attachés à nos courriels ou la définition de

plus en plus fine des vidéos en ligne qui se multiplient sur le Web. En outre, de nombreuses activités vont faire un usage grandissant de « Big Data », multipliant les flux de données. Les nouveaux *data centers* sont de plus en plus pharaoniques : l'opérateur OVH a par exemple construit à Gravelines le plus grand centre de données d'Europe pour accueillir sur 20 000 m² plusieurs centaines de milliers de serveurs¹⁴.

À cela vont s'ajouter de plus en plus d'objets connectés, notamment dans des systèmes domotiques et des bâtiments « intelligents » de plus en plus nombreux. Certaines études parlent de 50 milliards de ces objets dans le monde vers 2020, et évoquent même le chiffre astronomique de 200 par individu à long terme¹⁵ ! Il faut toutefois relativiser : si un net intérêt pour ces objets ressort de ces enquêtes¹⁶, l'engouement est loin d'être généralisé. En outre, ces appareils ne requerront pas tous d'être branchés au réseau électrique. Les plus petits d'entre eux peuvent fonctionner grâce à l'énergie solaire ou ambiante (énergie thermique du corps, énergie cinétique, etc.), comme cela commence à être le cas.

Tempérer la gloutonnerie

Il faut également prendre en compte les tendances qui viendront tempérer la gloutonnerie énergétique annoncée.

En premier lieu, le temps disponible pour s'adonner à des activités numériques n'est pas extensible à l'infini. Des phénomènes de saturation et de substitution commencent à être perceptibles, et les consommations des appareils ne s'additionnent plus mathématiquement. Par exemple, les ventes d'ordinateurs fixes sont en berne depuis plusieurs années, car nous les remplaçons par des portables (moins énergivores) et nous les utilisons moins car les smartphones (encore moins énergivores) prennent le relais.

Ensuite, un certain nombre d'appareils actuels vont être rendus obsolètes par la miniaturisation grandissante des supports numériques et la disponibilité accrue des réseaux. Lecteurs de DVD, consoles de jeux, PC de bureaux vont probablement se raréfier au profit de terminaux légers allant chercher les informations sur des serveurs. La tendance au nomadisme va aussi privilégier les appareils fonctionnant sur batterie, intrinsèquement plus économes.

Enfin, des progrès technologiques permettent à tous les appareils de devenir plus efficaces en énergie. Ces progrès sont amenés à se poursuivre, et même à s'intensifier par l'adoption de réglementations de plus en plus strictes au niveau européen¹⁷. Les besoins en climatisation des *data centers* vont également se réduire grâce à une meilleure conception des locaux et à la réutilisation de la chaleur dégagée pour chauffer des bâtiments proches. Jusqu'où ces progrès sont-ils possibles ? Greentouch, un consortium de professionnels qui a travaillé sur les réseaux numériques du futur, annonce par exemple des potentiels pour le moins spectaculaires : il serait possible de réduire de 98 % la consommation d'électricité des réseaux de télécommunication en dix ans¹⁸.

Une estimation quantitative

Quelles tendances vont l'emporter ? Il est possible de réaliser des hypothèses d'évolution sur les différents postes pour les années à venir, puis de calculer les consommations d'énergie résultantes. Nous avons réalisé un tel calcul pour la France, en imaginant un développement très soutenu des usages numériques.

	Tendances passées sur 2010-2015	Hypothèses d'évolution sur 2015-2030	Justification	Source
Consommation des infrastructures de réseaux	+5 à 10 % par an	+10 % par an (quadruplement en 15 ans)	Augmentation des capacités, nouvelles générations de réseaux, flux	¹¹

			plus importants	
Nombre de serveurs et stockages	+6 % par an environ	+8 % par an (triplement en 15 ans)	Le projet Grand Paris table par exemple sur 1000 MW de besoins supplémentaires en <i>data centers</i> d'ici 2030 (soit plus que la capacité totale actuelle en France)	19
Puissance électrique par serveur et stockage en place (appareils et climatisation des locaux)	-3 % à -10 % par an selon les appareils	-4 % par an	De meilleures technologies et aménagements des <i>data centers</i> rendent possibles des réductions de 40 % ou plus. Nous les supposons largement en place d'ici 2030.	20 et 10
Nombre d'ordinateurs	+3 % par an environ	+2 % par an	Les ménages et entreprises sont déjà très équipés, les taux d'équipement devraient donc se stabiliser	Instituts de suivi des ventes (GfK, Gartner, MMA...)
Consommation moyenne par ordinateur	-7 % par an environ	-7 % par an	Le basculement des fixes vers les portables et les progrès technologiques continueront d'entraîner des gains importants	21
Nombre de terminaux légers (tablettes, etc.)	En très forte progression en fin de période, mais non significatif (les tablettes sont apparues récemment)	+8 % par an (triplement en 15 ans pour atteindre 63 millions d'appareils)	Poursuite d'une pénétration forte dans les logements, entreprises et espaces tertiaires	Instituts de suivi des ventes (GfK, MMA...)
Consommation moyenne par terminal léger	Non significatif	+3 % par an	Montée en gamme régulière des appareils (écrans, mémoire, etc.) et temps d'utilisation en hausse	

Nombre d'écrans	+2 % par an environ	+3 % par an	Poursuite de la pénétration d'écrans dans tous les secteurs (mais le nombre de moniteurs d'ordinateur va diminuer)	Instituts de suivi des ventes (GfK ...)
Consommation moyenne par écran en place	-3 % par an environ	-5 % par an	Les progrès spectaculaires sur les écrans LED (modèles sur le marché 60 % plus efficaces qu'il y a 5 ans) et l'étiquetage énergie vont permettre des gains massifs	22
Consommation unitaire des autres appareils numériques (boîtiers, switches, consoles, etc.)	Variable selon les appareils	Stable	Les progrès et réglementations vont entraîner des gains continus, que l'on suppose totalement contrebalancés par les augmentations de performance, un usage accru et l'apparition de nouveaux appareils	13
Objets « connectés » supplémentaires	(Non connue)	8 par habitant en moyenne d'ici 2030, soit 520 millions	Difficile de prévoir le succès réel des objets connectés et leur diffusion dans les bâtiments et les espaces publics	
Puissance électrique des objets connectés supplémentaires	—	1,5 W	Ces objets seront soit de petits appareils (type capteurs, appareils mobiles, etc.) soit des objets déjà existants qui deviennent connectés (ajout d'une fonctionnalité requérant un supplément de puissance électrique). Nous	23

supposons une
moyenne de 1,5
W par appareil.

Figure 2 : Hypothèses sur l'évolution des usages et technologies du numérique d'ici 2030

Le résultat est une augmentation de la consommation annuelle d'électricité des usages numériques de l'ordre de 25 % d'ici 2030 (+15 TWh/an), soit une croissance annuelle moyenne de 1,5 %. Ces 15 TWh représentent 3 % de la consommation nationale actuelle. Il s'agit donc bien d'une hausse, mais qui est loin d'être exponentielle et de risquer de mettre à mal notre système électrique. Ce résultat est d'ailleurs cohérent avec la prévision de RTE d'une hausse très modérée des consommations des technologies de l'information et de la communication sur les cinq prochaines années⁵. Cette évolution suppose toutefois la poursuite effective des efforts d'efficacité énergétique, ainsi qu'une certaine maîtrise dans la conception et la prolifération de nouveaux appareils.

Les économies générées par le numérique

Les études sur la capacité des technologies numériques à favoriser des économies d'énergie dans différents secteurs économiques sont souvent théoriques et insuffisamment systémiques⁴. On ne dispose donc que d'approximations à prendre avec prudence. Une étude mondiale souvent citée pronostique des gains dix fois supérieurs à la consommation directe du secteur²⁴, mais cela paraît très optimiste.

En s'appuyant sur différentes références (notamment²⁵), on peut retenir les tendances (prudentes) suivantes sur les économies d'énergie en France générées par le numérique dans différents secteurs d'ici 2030, exprimées en TWh d'énergie primaire.

Transports et logistique : un peu moins de 58 TWh/an, soit 12 % de la consommation actuelle des transports routiers (par l'optimisation du trafic, les plateformes d'autopartage, etc.).

Dématérialisation : 11 TWh/an, par évitement de 2,5 % des déplacements actuels (télétravail, vidéoconférence, e-commerce, etc.).

Réseaux électriques : 17 TWh/an, soit 2 % de l'énergie primaire perdue à la production et au transport de courant, grâce à des réseaux plus intelligents et la réduction de pertes.

Bâtiments : 10 % sur les consommations de chauffage et 5 % sur les consommations de certains appareils électriques, grâce à la domotique, aux thermostats intelligents, à l'automatisation, à la détection de présence, etc.

Le total représente environ 110 TWh/an d'énergie primaire, à comparer aux 15 TWh/an d'électricité finale (soit 37,5 TWh/an en énergie primaire) de consommation supplémentaire d'ici 2030 pour les équipements numériques. Selon ces hypothèses – qui sont à manier avec précaution, car parfois incertaines –, les économies générées dans l'économie française pourraient être trois fois plus élevées que la hausse de consommation du secteur numérique.

La révolution numérique va indéniablement entraîner un besoin important en équipements électriques dans notre pays, associés à des consommations d'électricité. Mais les progrès sur l'efficacité énergétique devraient permettre d'éviter une explosion de la demande d'électricité. En outre, les économies d'énergie rendues possibles par le numérique pourraient largement absorber la hausse de consommation due à l'utilisation grandissante de données informatisées. Pour cela, il est nécessaire que les fabricants et opérateurs du secteur recourent systématiquement aux technologies les

plus économes, et que la priorité soit donnée aux usages du numérique favorisant la transition énergétique. Les politiques et réglementations publiques doivent être intensifiées et mises à jour régulièrement, afin notamment de suivre les innovations rapides du secteur et l'apparition de nouveaux équipements.

Les consommateurs de services numériques, que nous sommes tous, ont aussi un rôle important à jouer. Des comportements plus sobres et responsables sont possibles pour éviter des flux de données inutiles : maîtriser l'utilisation des e-mails et d'Internet, gérer raisonnablement ses fichiers, éteindre ses appareils allumés ou connectés sans raison... mais aussi ne pas acheter systématiquement le dernier appareil à la mode !

Au-delà de la consommation d'énergie, il convient également de penser à tous les autres dégâts environnementaux dus à la fabrication et à la mise au rebut des appareils électroniques : épuisement de matières, pollutions diverses, etc. La route est donc encore longue vers un numérique « vert », qui prendrait toute sa part dans la transition énergétique et écologique.

Sources et références

La dynamique d'Internet – Prospective 2030, Commissariat général à la stratégie et à la prospective, 2013, disponible sur : www.strategie.gouv.fr/espace-presse/dynamique-dinternet-prospective-2030

Le baromètre du numérique, CGE-Arcep, 2016, disponible sur : www.entreprises.gouv.fr/observatoire-du-numerique/barometre-du-numerique-edition-2016

Consommation énergétique des équipements informatiques en milieu professionnel, ADEME, 2015, disponible sur : www.ademe.fr/livre-blanc-consommation-energetique-equipements-informatiques-milieu-professionnel

Potentiel de contribution du numérique à la réduction des impacts environnementaux : état des lieux et enjeux pour la prospective, ADEME, 2016, disponible sur : www.ademe.fr/potentiel-contribution-numerique-a-reduction-impacts-environnementaux

Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, RTE, 2016, disponible sur : www.rte-france.com/fr/article/bilan-previsionnel

Quelle est la répartition des data centers en France par région ?, Journal du net, disponible sur : www.journaldunet.com/solutions/cloud-computing/1191577-quelle-est-la-repartition-des-data-centers-en-france-par-region/

Impact environnemental de la filière TIC en France, IDATE, 2010, disponible sur : www.fftelecoms.org/articles/premiere-etude-francaise-sur-limpact-environnemental-des-tic

L'efficacité énergétique dans les data centers, ENR'CERT, 2016, disponible sur : atee.fr/sites/default/files/ATEE/MDE/Statistiques_etudes/Data%20Center/Etude_EE_Data_Centers.pdf

Une première en France : ENR'CERT valorise les économies d'énergies d'un Data Center, 2016, disponible sur : 178.33.226.68/enrcert-valorise-les-economies-d-un-datacenter.php

Ecodesign Preparatory Study on Enterprise Servers and Data Equipment, Bio by Deloitte et al., 2015, disponible sur : bookshop.europa.eu/en/ecodesign-preparatory-study-on-enterprise-servers-and-data-equipment-pbET0415685/

Responsabilité Sociale et Environnementale, SFR, 2016, disponible sur : www.sfr.com/sites/default/files/rapportrse_2015_nov2016.pdf

Rapport TIC et développement durable, CGEDD, 2008, disponible sur : www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/094000118/

Études préparatoires liées à la Directive Eco-Conception, disponibles sur : circabc.europa.eu/w/browse/f27f80a1-0cb3-4bb3-b73d-d75fa23c0b54

Gravelines, le plus grand centre de données d'Europe, OVH, 2013, disponible sur : www.ovh.com/fr/a1141.datacenter-ovh-gravelines

More Data, Less Energy : Making Network Standby More Efficient in Billions of Connected Devices, IEA, 2014, disponible sur : www.iea.org/publications/freepublications/publication/more-data-less-energy.html

Objet connecté : ces produits que veulent (vraiment) les Français ! , LSA Conso, 2016, disponible sur : www.lsa-conso.fr/objet-connecte-ces-produits-que-veulent-vraiment-les-francais,231150

Lire à ce sujet l'article *Nos consommations d'électricité domestique vont-elles croître inexorablement ?* disponible sur : decrypterlenergie.org/nos-consommations-delectricite-domestique-vont-elles-croitre-inexorablement

Final Results from Green Meter Research Study. Greentouch, 2015, disponible sur : s3-us-west-2.amazonaws.com/belllabs-microsite-greentouch/uploads/documents/GreenTouch_Green_Meter_Final_Results_18_June_2015.pdf

Peut-on gérer la croissance effrénée des data centers du Grand Paris ?, La Tribune, 2015, disponible sur : www.latribune.fr/economie/france/peut-on-gerer-la-croissance-effrenee-des-data-centers-du-grand-paris-474994.html

Data Center Efficiency Assessment, NRDC, 2014, disponible sur : www.nrdc.org/sites/default/files/data-center-efficiency-assessment-IP.pdf

Ecodesign Impact Accounting, VHK, 2015, disponible sur : ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Ecodesign%20Impacts%20Accounting%20-%20final%2020151217.pdf

European TV market 2007 – 2013, Topten EU, 2014, disponible sur : www.topten.eu/uploads/File/European_TV_market_2007%E2%80%932013_July14.pdf

Energy Efficiency of the Internet of Things, IEA 4E, 2016, disponible sur : www.iea-4e.org/document/384/energy-efficiency-of-the-internet-of-things-technology-and-energy-assessment-report

#SMARTer2030, ICT Solutions for 21st Century Challenges, GeSI, 2015, disponible sur : smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf

Green IT – France 2020, Synthèse « Verte », BCG, 2009, disponible sur : www.gfie.fr/fr/images_db/bcg-green_it_version_finale.pdf

Crédit photo : [kattanapilot](#) – CC BY-NC-ND 2.0