



HAL
open science

Le numérique actuel est-il durable ?

David R.C. Hill

► **To cite this version:**

David R.C. Hill. Le numérique actuel est-il durable?. TERINT 2021 – 1er Colloque 2021 sur l'émergence de TERritoires INTelligents, Jun 2021, Cozzano, France. hal-03436019

HAL Id: hal-03436019

<https://uca.hal.science/hal-03436019v1>

Submitted on 19 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le numérique actuel est-il durable ?

Conférence Invitée

David R.C. HILL

Université Clermont-Auvergne, CNRS, Mines de Saint-Étienne, Clermont-Auvergne-INP

LIMOS UMR 658 - 63000 Clermont-Ferrand, France.

Résumé

La transition numérique est omniprésente et elle s'est fortement accentuée depuis le début de la pandémie dite du 'Covid19'. En 2019, la production de gaz à effet de serre issue du monde numérique était de l'ordre de 4% de la production mondiale (supérieur au transport aérien civil). L'augmentation de la consommation énergétique était de 9% en 2020 selon les données du Shift Project. Les pays dits développés "dématérialisent" d'un côté, mais cela se matérialise d'un autre côté, de façon cachée, dans des centres de données, dans les réseaux et dans la production de tous types de matériels et d'objets à usage numérique. Dans cet article, nous essayons de compiler les données de différentes études pour, d'une part, prendre conscience de l'impact croissant du numérique sur la consommation mondiale d'électricité, et d'autre part, montrer qu'il est possible de nous diriger vers un numérique plus sobre mais aussi qu'il est souhaitable d'utiliser le potentiel de cette transition numérique pour faciliter la transition écologique avec des approches que l'on nomme « low-tech ».

1. Les évaluations récentes de la consommation énergétique du numérique

En 2015, une étude détaillée, très citée depuis, a été conduite par Andrae Anders et Tomas Edler [1]. Les auteurs présentent une estimation de la consommation mondiale d'électricité du secteur numérique, avec d'une part, des données à partir de 2010, et d'autre part, des projections jusqu'en 2030. Leur travail considère les coûts énergétiques importants liés à la production des matériels tels que nos terminaux du type : ordinateur, télévision, smartphone, mais aussi ceux liés à la production des matériels nécessaires : composants réseaux et autres objets connectés. Nous présentons ci-après une figure montrant la répartition des consommations par type de poste (production ou consommation) au moment de la présentation de cette étude récente. On y voit à un instant donné, entre 2015 et 2017, que 55% de la consommation est effectuée

lors des usages et 45% pour la production des matériels. Les données sont accessibles en ligne avec la référence donnée [1]. Elles évoluent dans le temps, nous sommes sur une dynamique d'augmentation de la consommation de l'ordre de 9% par an.

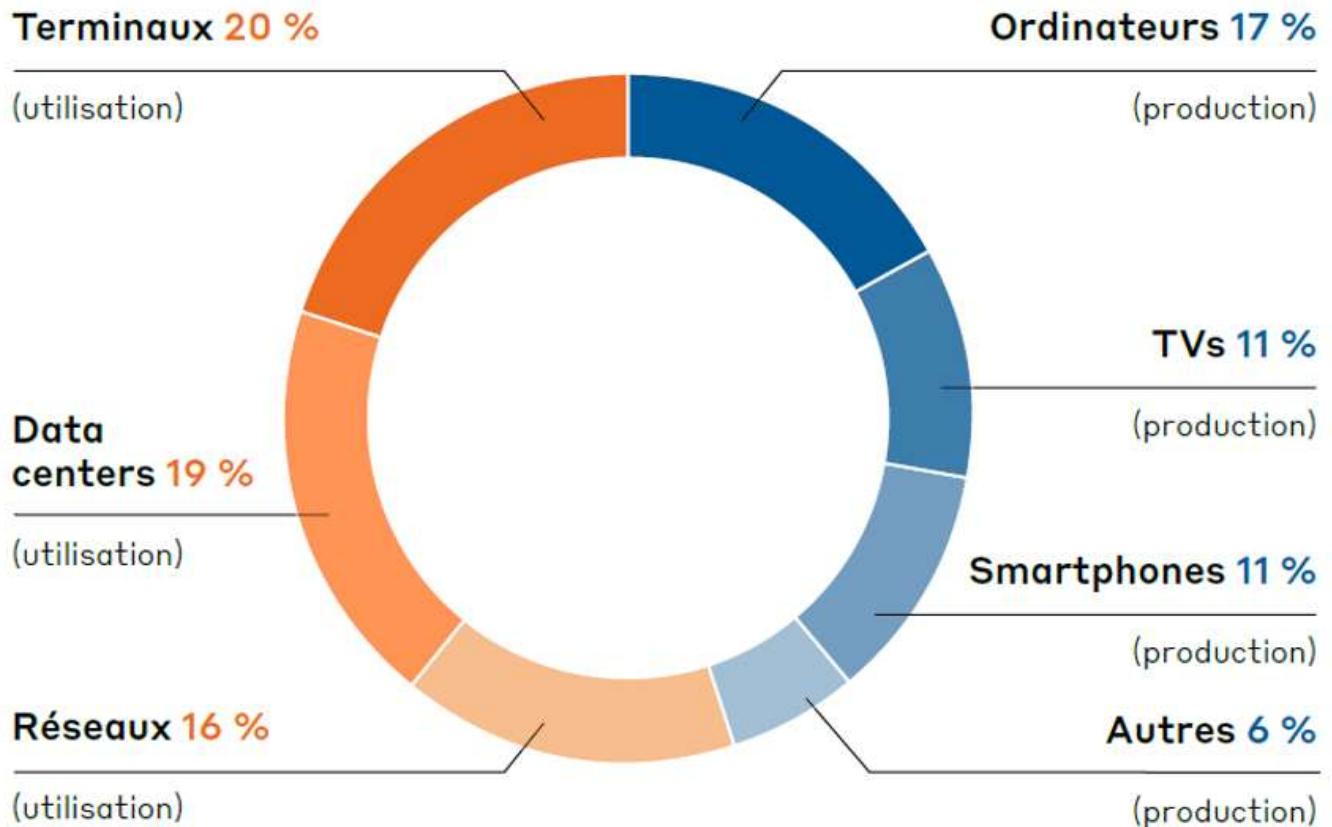


Figure 1 : Répartition de la consommation d'énergie (production de matériel 45% et utilisation de ce matériel 55%) - Source [1] et Lean ICT – Shift Projet 2019.

En 2004 des acteurs du numérique qui s'intéressent à l'écoconception des services numériques, à la sobriété numérique et à ce qu'on appelle la low-tech se réunissent au sein de GreenIT. Une étude réalisée entre 2018 et 2019¹ réalisée avec le soutien de l'Institut du Numérique Responsable a trouvé une empreinte carbone du numérique mondial représentant un septième continent avec la production de plus de 1 400 millions de tonnes de gaz à effet de serre (GES) soit plus de 4% de la consommation mondiale. Ce qui correspondrait aux déplacements d'1,5 milliards de salariés français pour aller travailler pendant 1 an. Le nombre d'utilisateurs mondial du numérique est évalué à plus de 4 milliards de personnes et la masse du

¹ <https://www.greenit.fr/etude-empreinte-environnementale-du-numerique-mondial/>

matériel concerné est évaluée à plus de 220 millions de tonnes (correspondant à cinq fois le parc automobile Français si l'on compte un poids moyen de 1 tonne $\frac{1}{4}$ par véhicule). Un livre blanc du numérique et de l'environnement présente en 2018 un bilan et des pistes d'améliorations [3]². Plus récemment, fin 2020, des travaux de Freitag et ses collègues sont disponibles en pre-print sur arXiv et traitent de l'impact climatique des TIC en présentant des estimations, les tendances et réglementations actuelles³. Si l'on rentre dans la consommation détaillée de l'énergie, il faut analyser les coûts énergétiques des terminaux, des grands centres de données et des réseaux. Grâce aux données récentes, l'étude [1], propose 3 scénarios de perspectives : ce qui est attendu, si rien n'est changé à nos pratiques, un autre scénario qui serait le pire si les usages 'explorent' et un scénario alternatif qui pourrait être le meilleur. Il ressort de leur étude une tendance, quel que soit le scénario : la proportion d'électricité utilisée par les appareils grand public va diminuer et sera transférée sur une consommation accrue au niveau des dispositifs réseaux et aux centres de données. L'étude montre cependant que la consommation énergétique du secteur numérique pourrait dépasser en 2030 les 50% de l'électricité mondiale et contribuer à 23% des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Les projections données dans cet article sont reproductibles. Le scénario pessimiste supposerait que l'on ne soit pas capable d'améliorer l'efficacité électrique de l'utilisation des réseaux (accès sans fil et accès fixes aux centres de données). L'histoire récente montre d'une part, des progrès rassurants et d'autre part, des points d'attention sur les dernières technologies, le gain énergétique n'est pas automatique. Dans le courant des années 1990, nous avons vu un déploiement d'une technologie de transmissions mobiles (2G) permettant de véhiculer la voix et les messages premiers messages écrits de type SMS (Short Message Service : leur grand succès était inattendu). Une dizaine d'années plus tard, la navigation internet, l'accès aux images et aux vidéos de faible définition était possible avec une densification du réseau d'antennes 3G. Toujours une dizaine d'années plus tard, nous constatons actuellement le déploiement de la technologie 4G qui permet notamment une visualisation de vidéos en haute définition (HD) et généralise les accès nomades avec parfois plus de débits réseaux que les connexions fixes de 'box' classiques dans une grande partie du territoire mal desservi en fibre optique. Lorsque c'est le cas, il est parfois possible de remplacer les Box classiques par des Box 4G qui se connectent au réseau sans fil. Ces progrès ont été possible avec la montée en puissance des terminaux et des équipements réseaux qui de génération en génération consommaient moins d'électricité².

² <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/rapport/livre-blanc-numerique-et-environnement>.

³ <https://arxiv.org/abs/2102.02622>

Par contre, nous observons sur les 20 dernières années que la portée des antennes diminue avec l'augmentation des performances et de fait entraîne à chaque fois une nouvelle densification du réseau d'antennes et donc une multiplication de celles-ci qui n'est plus forcément compensée par le gain énergétique. De même, le gain au niveau de la consommation énergétique d'un équipement de nouvelle génération du type 5G n'est plus forcément clair. Un opérateur majeur tel que Huawei précise qu'à puissance maximale un équipement 5G peut consommer 3,5 fois de plus qu'un dispositif d'antenne 4G⁴. L'opérateur Erikson rappelle cependant que les antennes 5G sont intelligentes et qu'elles n'émettent un faisceau que lorsque qu'un utilisateur en a besoin et sont éteintes sinon. Les observateurs font remarquer que le placement des antennes ne se fait pas dans des zones où il n'y a pas d'activité et sont conçues pour être utilisées autour d'un rendement nominal. L'opérateur Orange prévoit, lui, que les économies se feront à plus long terme avec des mutualisations d'équipements et reste très optimiste, annonçant 10 fois moins de consommation en 2025, et 20 fois moins en 2030. D'autres estimations sont plus raisonnablement optimistes et supposent qu'on pourra en effet faire transiter 4 fois plus de données sans que la consommation d'énergie augmente.

2. L'effet « rebond » et son impact sur la consommation

L'amélioration des performances s'accompagne à chaque nouvelle génération technologique d'une augmentation de l'intensité des consommations. Les dispositifs sont plus performants (antennes et terminaux), mais cela entraîne du coup l'utilisation de services beaucoup plus consommateurs de bande passante (cf. rapport 2020 Cisco sur l'évolution des réseaux⁵). C'est ce que l'on nomme « l'effet rebond » en économie. Lorsqu'une limite de consommation tombe, qu'elle soit technologique, monétaire, temporelle, physique, on constate un « rebond », une d'augmentation de la consommation [6]. C'est ce que dénonce par exemple l'astrophysicien Aurélien Barreau qui avance que l'utilisation de la technologie 5G va entraîner une surconsommation par effet rebond à une époque où l'économie d'énergie devrait être un objectif important. Cette crainte d'effet rebond est relayée par des spécialistes en réseau et en économie qui prédisent qu'avec plus de débit réseau et moins de temps d'attente (latence), les clients vont multiplier les usages d'applications. On prévoit un usage intensif de la bande passante (streaming de vidéo à haute définition, jeux en réalité virtuelle ou augmentée, autres expériences immersives...) et s'ajouter à l'évolution des applications

⁴ <https://blog.ariase.com/mobile/dossiers/5g-environnement>

⁵ https://www.cisco.com/c/m/fr_fr/solutions/enterprise-networks/networking-report.html#

avec plus d'objets connectés (IoT), de mobilité, de sécurité et d'intelligence artificielles. Ces nouveaux usages et ce surcroît de consommation est certainement dans l'intérêt à court terme des opérateurs.

3. De l'augmentation des usages vidéo jusqu'aux « designs addictifs »

Depuis une dizaine d'années, les capacités de nos réseaux ont permis le développement de la vidéo en ligne à la demande. Les vidéos ne sont plus stockées dans des magasins (« brick & mortar » désignant les magasins avec pignon sur rue) ou l'on choisissait des cassettes puis des DVD. Les distributeurs de DVD ont progressivement remplacé ces magasins, eux même remplacés par des connexions rapides soit avec de la 4G pour des usages nomades soit avec de la fibre optique. De fait, les vidéos sont stockées dans les centres de données et sont transférées à la demande jusqu'à nos ordinateurs, TV connectées ou smartphones). D'autre part, la qualité de ces vidéos a fortement évolué. Tous ceux qui utilisent encore des DVD ou des supports à usages multiples évitent le streaming.

En terme de résolution, les progrès ont été considérables avec beaucoup plus de points (pixels) sur la même taille d'écran cela entraîne une surconsommation toute aussi considérable. Nous avons accès à plus de détails et de nuances sur les couleurs et la luminosité). Pour les films avec des ratios dit 16/9^{ème}, nous sommes passés progressivement mais rapidement de vidéos moyennes avec peu de pixels à nos anciens téléviseurs (240p = 352 x 240 pixels, 360p = 480 x 360 pixels) à des définitions plus importantes utilisant des ratios de cinéma en 16/9^{ème}. C'est le nombre de pixels verticaux qui précède le 'p'. Dans la catégorie 16/9, on trouve anciennement la résolution dite SD de 858 x 480 pixels nommée 480p, puis la haute définition dite 720 p (HD Ready 1280x720 pixels). Une résolution très répandue actuellement est appelée full HD ou 1080p (1920x1080 pixels). Viennent ensuite des résolutions qui sont proposées comme plus modernes avec les nouveaux équipements qui franchissent le cap de l'ultra-haute définition de niveau 1 ou 2. Les téléviseurs dit 4K ont une définition de 3840 x 2160 pixels (UHDTV1 2160 p), et les 8K possèdent 7680x4320 pixels (UHDTV2 4320p). Entre une résolution correspondant à nos premiers DVD lus sur un téléviseur cathodique et les téléviseurs digitaux 8K, le volume de données à transférer a été multiplié par 96.

La vidéo est devenu un support de plus en plus dense et gourmand en quantité de données. Dix heures de visionnage, simplement en haute définition correspond à l'ensemble des données de la version anglaise de l'encyclopédie Wikipedia (la plus volumineuse). Produire les dispositifs et l'électricité nécessaire au visionnage peut se convertir en équivalent CO2. L'étude du Shift Project concernant nos usages vidéo sur

l'année 2018⁶ annonçait des comparaisons frappantes avec une production de CO2 équivalente à celle d'un pays comme l'Espagne (soit 300 MtCO₂, presque 1% de la production mondiale de CO₂) et une production équivalente à celle d'un pays comme le Chili pour les services vidéo de Netflix. La réaction du secteur ne s'est pas faite attendre pour mettre en lumière une erreur de 'bitrate', et proposer une autre modélisation en s'appuyant sur l'Agence internationale de l'énergie (AIE) pour montrer des erreurs entraînant des exagérations pouvant aller jusqu'à 90 fois l'impact réel⁷. Le rapport du Shift a eu le mérite de lancer le débat. Il reste un fait que l'usage vidéo va aller croissant et que par sa densité d'informations est sans aucune mesure par rapport aux usages de mails par exemple. Enfin, il reste un fait non contesté, un peu plus d'un quart des usages vidéos sont liés à l'addiction pornographique, notamment chez les plus jeunes confrontés de plus en plus tôt à ce type de vidéo via les terminaux mobiles de types smartphones. Il existe de façon plus large des cas d'addiction aux technologies mobiles pour les salariés qui sont rapportés dès le début de l'usage des smartphones [4], il y a près de 15 ans avec leur ancêtre le Blackberry (on parlait à l'époque du Crackberry pour ce phénomène). Ce type d'addiction peut être par exemple liée à la peur de manquer une information « Fear Of Missing Out » qui induit un usage plus intense des flux d'informations, jusqu'à être parfois compulsif. L'impact est d'ailleurs plus fort sur les adolescents qui sont en train de former leurs personnalités comme le mentionne [5]. On remarque depuis l'arrivée de la 4G un usage plus intensif qui n'est pas dû à l'effet rebond, mais à une conception spécifique visant à augmenter l'intensité des flux d'informations. Il s'agit plus particulièrement des designs addictifs avec très souvent des vidéos incrustées qui démarrent sur une page sans avoir été sollicitée. Ces designs visent intentionnellement à maximiser la quantité de contenu consommé. La conception des sites, la volonté de faire adhérer aux blogs ou aux plateformes pour augmenter les métriques en lien avec les revenus publicitaires influent sur les usages et du coup sur l'impact environnemental des flux vidéos. Ces conceptions sont une antithèse de l'idée que l'on peut se faire d'un usage sobre du numérique.

4. L'impact de la fabrication de nouveaux terminaux

Pour profiter d'une nouvelle génération de réseaux, par exemple pour la 5G, il faudra fabriquer de nouveaux smartphones, 40 à 50 millions juste pour la France à titre d'exemple. Dans ce secteur, la capacité de recyclage est encore très marginale, bien des marques produisent des éléments dont l'obsolescence est

⁶ <https://theshiftproject.org/article/climat-insoutenable-usage-video/>

⁷ <https://www.carbonbrief.org/factcheck-what-is-the-carbon-footprint-of-streaming-video-on-netflix>

programmée. La marque 'fair phone' qui sort du lot avec des terminaux conçus pour être réparés et même mis à jour pour de nouvelles fonctionnalités. Il est par exemple possible d'en changer des éléments pour accéder par exemple à un appareil photo et à une caméra de meilleure résolution. C'est toute l'industrie électronique et pas seulement la fabrication du smartphone qui participe à l'épuisement des ressources finies de notre environnement mondial, à la production de déchets et parfois à la perpétuation d'injustices sociales. L'exploitation des terres rares, le travail caché des enfants est maintenant plus connu, notamment depuis le reportage courageux de 'cash investigation' par l'équipe d'Elise Lucet (France Télévision) : « Les secrets inavouables de nos téléphones portables »⁸. On y découvre des conditions de travail déplorables et extrêmement dangereuses pour les adultes et les enfants, à tel point que l'on parle de « minerais de sang » pour l'extraction de l'étain, du tantale, du tungstène et de l'or) car cette activité a généré des conflits armés. Près de 10% de l'extraction mondiale du cobalt est dédiée aux smartphones, et l'UNICEF parle de milliers d'enfants pour l'exploitation de ces mines en RDC (République Démocratique du Congo). On parle de terres rares et de métaux qui deviennent critiques et qui ne sont pas ou extrêmement peu recyclés (10% des smartphones) et seulement 1% du lithium récupéré sur les batteries usagées. Des marges de progrès considérables peuvent être réalisées en passant de l'obsolescence programmée aux conceptions durables des matériels.

5. Des pistes d'amélioration de réglementation des usages

Des comportements plus responsables supposent également des individus mieux formés et informés. On peut par exemple utiliser des résolutions plus faibles pour les usages de vidéos en ligne. On note l'effort de Youtube pour proposer du 144p (196×144) sur certaines vidéos. Même si la qualité d'image est modeste, la plateforme de vidéos en ligne y voit l'intérêt d'une diffusion dans les parties du monde où les débits sont faibles, mais ces formats de faible résolution (144p, 240p) pourraient aussi être utilisés pour une utilisation plus sobre et pas seulement pour des incrustations vidéos non sollicitées. Pour ce type d'amplification des usages, lié aux designs addictifs, une réglementation s'impose. Du côté des développeurs d'applications disponibles sur internet, de gros progrès sont en train de voir le jour, l'ouvrage de Bordage [2] récemment mis à jour est un bon exemple de ce qui peut se pratiquer pour une 'écoconception'

⁸ <https://www.france.tv/france-2/cash-investigation/685225-les-secrets-inavouables-de-nos-telephones-portables.html>

du Web. D'autre part, le site de Gauthier Roussilhe⁹ montre de nombreuses réalisations et donne des pistes concrètes pour réduire l'empreinte environnementale de l'industrie numérique. Ceci prend en compte aussi bien la partie logicielle, le « poids » des pages 'Web considérablement réduit ; mais aussi l'hébergement serveur avec des technologies économes (Low tech for High futures).

Au niveau collectif, les progrès dans le sens de la sobriété supposent un engagement des tous les partenaires : usagers et fournisseurs de services, mais aussi des politiques avec éventuellement des lois et un rôle actif des régulateurs (ARCEP, CNIL, CSA, Hadopi pour la France et BEREC en Europe). Dans un monde aux ressources contraintes, il peut notamment s'envisager une priorisation des usages. Quels sont ceux que l'on souhaite préserver en priorité (santé, administration, commerce, loisirs...) ?. Ce type de priorité doit se réfléchir au niveau national, européen et mondial pour déployer une politique numérique durable.

Même si les données du Shift Project peuvent être discutées et parfois remises en question¹⁰, un des premiers intérêts de ce groupe de travail est d'avoir amené un peu plus le débat de la sobriété numérique à la lumière avec une vision équilibrée. De plus, ces travaux proposent des pistes concrètes d'améliorations avec des approches réalistes. D'autre part, le shift Project a proposé le modèle STERM (Smart Technologies Energy Relevance Model) avec des éléments prédéfinis pour évaluer la consommation énergétique des solutions connectées. C'est un modèle ouvert avec le code Python en 'open source' disponible sur Git Hub afin d'être facilement augmenté et applicable à de nombreux autres cas¹¹.

6. Conclusion

Nous avons depuis quelques années un constat que l'empreinte carbone du secteur technologique devient de plus en plus significative. Les lobbies du numérique sont puissants et contestent les faits avec ce que l'on appelle du « green washing ». Cet aspect est à relativiser car le secteur du numérique fait effectivement des progrès importants au niveau de la décarbonation, il contribue également à des économies d'énergie dans d'autres secteurs. Par contre, ces gains en efficacité génèrent ce que l'on nomme « l'effet rebond », les économies et les progrès permettent une consommation plus grande (très remarquée dans le domaine de la vidéo). Elle est d'ailleurs incitée par certaines technologies, par exemple celle des designs

⁹ <https://gauthierroussilhe.com/fr>

¹⁰ <https://itif.org/publications/2020/07/06/beyond-energy-teclash-real-climate-impacts-information-technology>

¹¹ <https://github.com/STERM-TSP/model>

addictifs qui forcent même à la consommation vidéos en 'autoplay' pour des raisons de gains économiques à court terme. Il convient d'une part, bien sûr de ne pas rejeter les avancées technologies car elles ont un potentiel réel, mais d'autre part, d'avoir conscience d'un besoin d'assainissement des pratiques actuelles face à la dynamique de croissance du numérique dans tous les secteurs se traduisant actuellement par des niveaux de consommation d'énergie et de matières premières toujours croissants et au final insoutenables dans l'état de nos connaissances actuelles. Le cas des terres rares en est un exemple flagrant.

Progresser suppose un pilotage des systèmes d'informations conscient des enjeux énergétiques. Pour cela, des outils de modélisation tel que le modèle STERM sont maintenant disponibles. Il est possible de déployer des systèmes numériques pertinents faisant usage de technologies plus efficaces et où la « Low Tech » demande en fait une technicité plus élevée que ce que l'on nomme communément le « High Tech »¹², en parallèle il faut étudier aussi les prévisions l'impact environnemental de ces nouveaux systèmes sans oublier l'effet rebond. Ceci peut être réalisé dans le cadre de projets dits « smart » sans que cette étiquette ne soit associée à une forme de « Green washing » avec des compensations payantes pour paraître plus 'vert'. Nous voyons que cette approche résiliente et efficace à petite échelle dans des initiatives du type 'smart village'¹³ [7]. Ces initiatives ont même un impact positif au niveau énergétique, le travail à une échelle humaine ayant montré son efficacité face à ce qui est proposé à l'échelle d'immense 'smart cities' avec des centaines de millions d'objets connectés qu'il faudrait produire, et bien sûr remplacer car la maintenance n'est pas prévue et l'obsolescence réelle (même si elle n'est pas programmée). Ceci renvoie à une étude intéressante de 2016 réalisée par la caisse des dépôts, tout est dans le titre : « Smart city versus stupid village » ?

Ce qui est possible à petite échelle, suppose une politique et des actions publiques collectives à toutes les échelles (locales, régionales, nationales et internationales). Nous sommes depuis plusieurs années bien au-delà du champ des « bonnes pratiques » individuelles dont l'impact rester relativement faible, c'est à une maîtrise collective de nos usages numériques que nous sommes appelés. Cela suppose un accompagnement d'éducation aux impacts du numérique, non seulement des usagers mais de tous les acteurs, de la production de services aux législateurs et aux politiciens. Dans le cadre des formations d'ingénieur, ce sujet devient sensible et commence à être enseigné en faisant évoluer la formation des ingénieurs qui sont des acteurs importants si l'on souhaite une évolution responsable et durable de la transition numérique.

¹² <https://www.climateforesight.eu/energy/low-tech-is-the-new-high-tech/>

¹³ <https://smartvillage.universita.corsica/>

Une formation à l'éthique et au développement durable voit le jour depuis quelques années dans les écoles d'ingénieurs, c'est notamment le cas dans le réseau des INP (Instituts Nationaux Polytechniques) et dans l'enseignement dispensé par exemple au sein de l'école d'ingénieur ISIMA (Clermont Auvergne INP).

7. Références

- [1] ANDRAE, A. et EDLER, T., On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030. *Challenges*, vol. 6, no 1, 2015, pp. 117-157.
- [2] BORDAGE F., *Ecoconception web : les 115 bonnes pratiques*, Eyrolles, 2012-2019.
- [3] DEMAILLY D.; SAUJOT M. ; FRANCOU R. ; KAPLAN D. ; MARCHANDISE J-F. ; BRAUD M. ; PONTAL A. ; BORDAGE F. ; LEVIN F. et KREWER J., *Le livre blanc numérique et environnement*, IDDRI, 2018, 34 p.
- [4] MAZMANIAN M., YATES J. et ORLIKOWSKI W., "Ubiquitous email: individual experiences and organizational consequences of blackberry use", In: *Academy of Management Proceedings*. Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management, 2006, pp. D1-D6.
- [5] LARDELLIER, P., MOATTI, D., *Les ados pris dans la Toile. Des cyberaddictions aux techno-dépendances*, Paris, Éditions Le Manuscrit, Coll. « Addictions : Plaisir, Passion, Possession », 2014.
- [6] SCHNEIDER F., L'effet rebond, *L'Ecologiste (Edition française de The Ecologist)*, n°11 Octobre 2003, Vol.4, n°3, 2003, p. 45.
- [7] ANTOINE-SANTONI T, GUALTIERI J.-S., MANICACCI F.-M., et AIELLO A., "AMBLoRa: a Wireless Tracking and Sensor System Using Long Range Communication to Monitor Animal Behavior," in *Proceedings of the Seventh International Conference on Smart Cities, Systems, Devices and Technologies*, 2018, pp. 35–40.