


DOSSIER

**POLLUTION**  
**LA FACE**  
**CACHÉE DU**  
**NUMÉRIQUE**

Dossier illustré par Laurent Bazart



**L**e numérique, ce n'est pas magique. Les mots et plus encore les images que nous lançons en rafales tout près de nous ou à l'autre bout du monde exigent, pour se déplacer, pour être consultés, de considérables quantités de matières. Des tonnes de métaux, d'abord, parfois très rares, pour fabriquer les portables qui ne nous quittent plus de la journée. Des gigawatts d'énergie, ensuite, pour faire fonctionner d'ininterminables réseaux et de gigantesques serveurs qui émettent d'énormes quantités de chaleur, contribuant tout comme nos voitures et nos avions au dérèglement du climat planétaire.

Afin d'enrayer cette périlleuse machine à polluer, nous devons adopter individuellement et collectivement la sobriété numérique, en faisant le tri parmi les innovations qui nous sont chaque jour proposées, en apprenant à réparer et à recycler les matériels qui peuvent l'être plutôt que de les jeter, et en mettant toutes les technologies nouvelles au service de l'environnement plutôt que l'inverse. ■

# QU'EST-CE QUI NOUS POUSSE À TOUJOURS PLUS CLIQUER ?

Pour capter l'attention des utilisateurs, les géants du numérique ne lésinent pas sur les moyens. Ils mettent notamment le paquet sur la vidéo, pourtant très gourmande en énergie.

**V**ous vous étiez juste connecté sur YouTube pour admirer le dernier but victorieux de votre équipe de foot préférée et, une demi-heure plus tard, vous retrouvez à visionner les meilleurs moments du Tour de France de 2018... Par quel sortilège ? Vous venez de tomber dans les filets des grandes plates-formes du numérique qui, grâce à des dispositifs dont le but est de capter l'attention de l'internaute, parviennent à maximiser le temps que celui-ci passe sur leurs services.

Si ces mécanismes peuvent altérer votre capacité de concentration et perturber votre emploi du temps, ils sont tout aussi problématiques pour la planète. A l'échelle mondiale, surfer sur Internet n'est pas sans conséquence environnementale : l'énergie

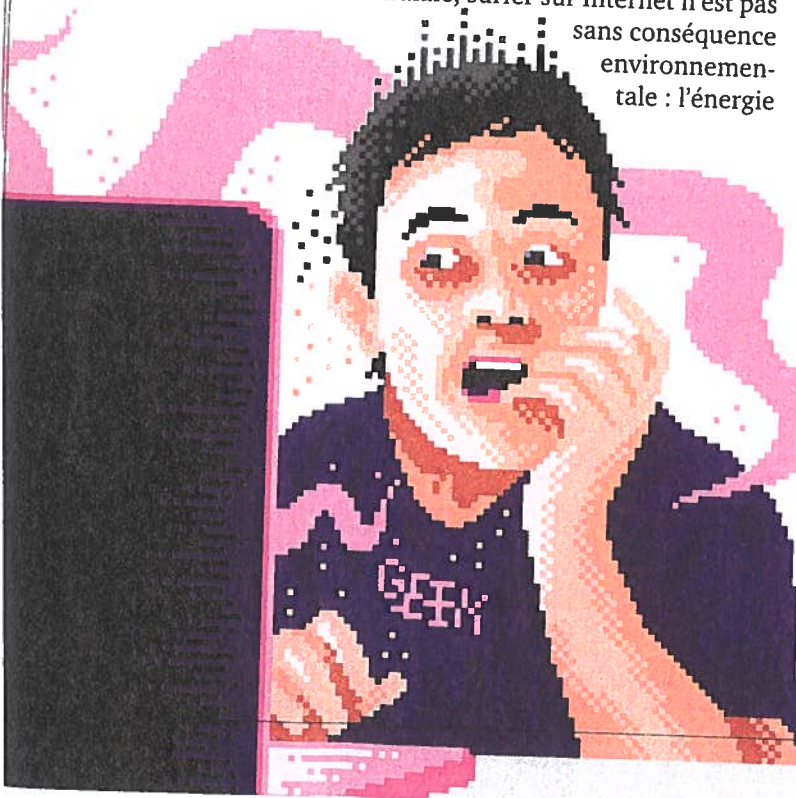
utilisée pour visionner les vidéos en ligne est à elle seule responsable, selon les calculs de l'association The Shift Project, de près de 1 % des émissions de gaz à effet de serre, soit l'équivalent de celles de l'Espagne. Alors qu'initialement vous ne vouliez regarder que quelques minutes de résumé d'un match, au final vous avez visionné cinq vidéos, dont trois ont démarré par le chargement d'un film publicitaire.

## EN COMPÉTITION AVEC LE SOMMEIL

Mais pourquoi la vidéo se diffuse-t-elle tant en ligne ? « *Ce média est l'un des plus efficaces pour capter l'attention de l'internaute et le retenir plus longtemps*, résume Hugues Ferrebœuf, chef de projet numérique à The Shift Project. *L'augmentation du trafic vidéo vient, entre autres, de la volonté des acteurs qui diffusent des contenus, et principalement des géants du Net, de maximiser le temps passé par les utilisateurs sur leurs services et de monétiser leurs audiences.* » En effet, des plates-formes comme YouTube ou Facebook se rémunèrent quasi exclusivement par l'insertion de publicités. Elles ont donc intérêt à prolonger autant que possible la durée d'audience d'un internaute pour lui faire visionner des publicités, mais surtout pour collecter davantage de données sur lui (sujets de prédilection, genres favoris, personnalités appréciées...) et cibler ainsi plus finement ces messages que les annonceurs leur achètent.

Les plates-formes se livrent aujourd'hui une vive concurrence qui vise tous les instants de nos journées : transports, repas, etc. « *Nous sommes en compétition avec le sommeil* », déclarait sans détour le fondateur de Netflix, Reed Hastings. Résultat : le volume de données qui transitent par câbles via les océans et les continents pour parvenir jusqu'à notre box Internet, puis notre ordinateur ou notre smartphone, ne cesse de se multiplier en consommant de l'énergie. Avec une croissance moyenne de 25 %, le trafic de données, tous usages confondus, double donc tous les trois ans et triple tous les cinq ans.

Ce trafic tend en outre à se concentrer entre les mains de quelques acteurs. En France, 53 % de ces données proviennent de quatre opérateurs :



Netflix, Google, Facebook et Akamai Technologies (qui héberge de nombreux sites). Netflix est responsable à lui seul de près de 25 % de ce qui transite sur le réseau français. Google, lui, en représente un peu plus de 15 %, en comprenant sa filiale YouTube. Au niveau mondial, Netflix pèse 13 % du trafic, YouTube 9 % et Facebook 3 %.

### LE POIDS CROISSANT DE LA VIDÉO

Cette concentration de la circulation de données et des fournisseurs illustre le poids écrasant de la vidéo en ligne, qui représente à elle seule 75 % du trafic mondial sur Internet, tous usages confondus. Car chaque clic ne se vaut pas et regarder une vidéo nécessite le chargement d'une quantité de données bien plus importantes que les autres utilisations. Ainsi, par exemple, l'intégralité des articles en anglais de Wikipédia, essentiellement composés de textes, est plus légère en données qu'une vidéo en haute qualité de dix heures ! On comprend mieux le poids écrasant d'un Netflix. Or, avec un trafic croissant encore plus vite que celui d'Internet en général, le poids de la vidéo devrait atteindre 82 % du trafic de données en 2022, selon l'équipementier Cisco.

En outre, la vidéo tend à être de plus en plus de haute qualité, et donc plus lourde en données. Un film en haute définition (HD) pèse environ quatre fois plus lourd qu'un film en qualité standard. Mais la HD est loin d'être la résolution la plus élevée désormais. La ultra-haute qualité, déjà commercialisée, multiplie encore par trois le poids des données transportées par rapport à la HD. Et elle est déjà dépassée par les résolutions 4 k et 8 k, qui se développent dans les derniers téléviseurs connectés ou smartphones, alourdissant encore la facture : une vidéo en 8 k est plus de 100 fois plus lourde qu'en définition standard !

### DAVANTAGE D'OUTILS DE PERSUASION

Si les utilisateurs sont responsables des usages de plus en plus nombreux et lourds qu'ils font des outils numériques, les plates-formes ont aussi leur part de responsabilité dans les outils qu'elles développent. « *Le design des sites et applications est conçu de manière persuasive, pour pousser l'utilisateur à effectuer les actions souhaitées par la plate-forme* », explique Karl Pineau, fondateur du collectif Designers Ethiques. La fonction autoplay de YouTube ou Netflix, qui précharge et lance directement la vidéo suivante, en est une parfaite illustration. Cette fonction sélectionne automatiquement un contenu susceptible de plaire à l'internaute selon des informations que la plate-forme détient déjà sur lui. En quelque sorte, elle choisit à sa place la suite de son programme. S'il se laisse faire, le temps qu'il passe sur le service ne cesse d'augmenter, et le trafic de données avec lui.

Les dispositifs de persuasion utilisés par les plates-formes peuvent aussi prendre la forme d'outils pour attirer l'attention, tels que des notifications régulières qui incitent l'internaute à aller voir ce qu'il y a de nouveau sur le site. Ou encore de recommandations de contenus similaires, comme

# 1%

C'est la part des émissions mondiales de gaz à effet de serre dues aux vidéos en ligne, soit l'équivalent de celles de l'Espagne.



celles qui s'affichent sur le côté de la page pendant qu'il consulte une vidéo. L'architecture même des sites conçus comme Facebook sur le déroulement infini d'une page Web pousse l'utilisateur à vouloir en savoir plus, à rester encore un peu... Bien sûr, celui-ci demeure libre de ses choix, mais tout son environnement numérique est pensé pour l'orienter vers un type de comportement souhaité par la plate-forme. Et très profitable pour elle d'abord.

■ Justin Delépine

## JEU VIDÉO : VERS UN GAME OVER POUR LA PLANÈTE ?

Si la consultation passive de vidéos en ligne domine pour l'instant le trafic de données, le lancement en novembre de la plate-forme de jeu en *streaming* Stadia par le géant Google pourrait voir l'émergence d'une nouvelle ère pour les accros aux compétitions virtuelles. Avec ce service, le logiciel, qu'est le jeu, n'est plus hébergé dans une console, mais dans les serveurs de la plate-forme à laquelle le joueur se connecte au moyen de son terminal (ordinateur, smartphone...). Un tel système suppose une consommation de données

bien plus élevée, car il faut importer sur ce terminal toutes les données (images, sons...) nécessaires au jeu. Si ce type de service devenait massif, il favoriserait, comme la simple vidéo en ligne, une nouvelle explosion du trafic et de ses impacts environnementaux.



DOSSIER



# L'INSOUTENABLE CRO DU NUMÉRIQUE

Le numérique connaît une croissance exponentielle et son empreinte environnementale également. Avec la multiplication des équipements et des usages, ce n'est pas près de s'arrêter.

**R**arement une technologie aura aussi bien caché son infrastructure physique. Pour beaucoup d'entre nous, prendre un beau paysage en photo avec son smartphone et l'envoyer à ses proches via le groupe familial WhatsApp n'a pas de conséquence environnementale. D'ailleurs, le smartphone n'a même pas perdu 1 % de batterie. Pourtant, n'importe quelle action réalisée sur Internet mobilise une infrastructure large et énergivore.

Pour parvenir jusqu'à l'appareil de vos proches, le fichier numérique immatériel qui transporte le joli paysage traverse des milliers de kilomètres, via des câbles sous-terrains et sous-marins qui sont sous tension électrique. Et si

vous le conservez sur le *cloud*, le fichier se retrouve stocké dans un centre de données qui est branché et climatisé 24 heures sur 24. Enfin, pour parvenir jusqu'à d'autres smartphones, le fichier doit être émis par une antenne relais. Tout cela demande de l'énergie. L'empreinte environnementale du numérique est en réalité conséquente.

## AUTANT DE GAZ À EFFET DE SERRE QUE LA RUSSIE

Il est difficile de la mesurer précisément dans son ensemble (production des équipements et utilisation) du fait de son caractère mondial notamment, « une simple requête sur un moteur de recherche pouvant parcourir plusieurs pays », précise Laurent Lefèvre, chercheur en informatique à l'Inria, également directeur adjoint du groupe de recherche au CNRS-EcoInfo. Si l'on s'en tient à la seule partie énergétique de ce bilan environnemental, on estime que le numérique représente 10 % de la consommation électrique mondiale (ce à quoi il faut ajouter d'autres sources tels des hydrocarbures



# ISSANCE

pour la fabrication des matériels). Un bilan énergétique qui se répartit plus ou moins à parts égales entre la production des équipements (45 %) et leur utilisation (55 %).

Or, le mix électrique mondial fonctionne encore largement aux énergies fossiles (charbon à 38 % et gaz à 23 %), et émet ainsi de grandes quantités de CO<sub>2</sub>, le principal contributeur au réchauffement climatique. Résultat : les technologies numériques sont responsables de 3,7 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre [1]. Ce qui veut dire que ce secteur émet une quantité de gaz à effet de serre similaire à celle de l'aviation ou à celle d'un pays comme la Russie. Plus inquiétant : « *Aucun secteur d'activité n'a une croissance équivalente à celle du numérique* »,

observe Frédéric Bordage, fondateur de la communauté Green IT.

En effet, selon les calculs de l'association The Shift Project, les émissions de gaz à effet de serre dues à la production et à l'usage du numérique augmentent de 8 % par an, si bien que la part du numérique dans les émissions mondiales pourrait atteindre 8 % en 2025. Cette part est évidemment dépendante de l'évolution du mix électrique,

plus ou moins carboné, et de celle des émissions des autres secteurs. Une chose est certaine cependant : elle est croissante et alimentée de tous les côtés.

Car les technologies numériques ont devant elles encore des pans entiers de l'humanité à conquérir et à équiper. En 2016, 49 % seule-

ment des habitants de la planète étaient utilisateurs d'Internet, mais la croissance est exponentielle ; en 2010, ils n'étaient que

28 %. Ce sont principalement les pays en voie de développement qui vont venir en masse grossir les rangs des internautes. Selon la Banque mondiale, 1 milliard d'Indiens n'avaient pas encore accès à Internet en 2016 par exemple, et 755 millions de Chinois. Le réservoir de nouveaux utilisateurs reste conséquent.

Mais cette croissance vient également des pays du Nord. Si la grande majorité de la population est déjà connectée (89 % en France, dont 80 % qui se connectent tous les jours), notre équipement numérique et notre consommation de données ne cessent de grandir. Smartphones, tablettes, ordinateurs, enceintes et téléviseurs connectés, consoles de jeux, imprimante connectée, etc. : le nombre moyen d'objets connectés par personne était de cinq en 2016 en Europe de l'Ouest et de huit en Amérique du Nord. En 2022, ces chiffres pourraient passer respectivement à 9 et 13. Il se vend chaque année 1,5 milliard de smartphones dans le monde, portant à plus de 10 milliards le nombre de ces objets qui se sont écoulés depuis leur apparition, il y a une décennie.

## PRODUCTION TRÈS GOURMANDE

Or, la seule production de tous ces équipements (ordinateurs, smartphones...), appelés terminaux car ils sont positionnés à l'extrémité du réseau, est à la fois polluante et très coûteuse énergétiquement, avant même de parler de leur usage. Ils contiennent en effet des métaux précieux et rares, dont l'extraction demande, d'une part, une consommation massive d'eau et de produits chimiques, polluant les sols et les nappes phréatiques, et, d'autre part, de l'énergie, cette fois-ci principalement issue des hydrocarbures, fortement émetteurs de CO<sub>2</sub>. Cette production, qui à elle seule est responsable de 45 % du bilan

[1] Il n'existe pas de chiffre global sur la consommation énergétique du numérique issu de mesures directes, mais uniquement des projections réalisées à partir d'échantillons représentatifs. Nous utilisons ici principalement les chiffres de The Shift Project, dont les calculs s'appuient sur la méthode Andrae et Edler.

# 10 %

C'est la part du numérique dans la consommation électrique mondiale.

énergétique total du numérique, se répartit entre smartphones (11 %), ordinateurs (17 %) et téléviseurs (11 %). Et sa gourmandise est telle que 0,2 % de la consommation en eau douce mondiale est imputable aux technologies numériques, selon Green IT. Ce chiffre peut paraître faible, mais en réalité « *le numérique ajoute de la tension sur cette ressource, qui est déjà constante et généralisée* », indique Frédéric Bordage.

Sur le cycle de vie d'un smartphone, sa production représente 90 % de son empreinte énergétique et son alimentation (rechargement des batteries) 10 %. Mais à cela il faut ajouter le fonctionnement du réseau qu'il utilise. En effet, n'importe quelle action sur Internet, comme celle de consulter un site, équivaut à charger des données sur son terminal. Des données qui sont stockées dans un serveur lui-même situé dans un centre de données, les fameux data centers. Pour parvenir jusqu'à notre terminal, les données empruntent les autoroutes numériques qui forment le réseau, constitué de câbles qui quadrillent le globe, de modems, d'antennes, etc. En moyenne, une donnée numérique parcourt 15 000 km, indique l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe).

### GROSSE CHALEUR

Toute cette infrastructure est sous tension électrique constante. Elle est donc gourmande en courant. En France, par exemple, le numérique représente 10 % de la consommation électrique nationale, soit 40 tWh. Le réseau et les centres de données représentent 70 % de cette consommation, soit l'équivalent d'un peu plus des deux tiers de la consommation des chauffages électriques des ménages. Les centres de données sont particulièrement énergivores car les serveurs consomment non seulement de l'électricité pour leur fonctionnement, mais ils émettent aussi, et surtout, de la chaleur. L'utilisateur d'un simple ordinateur portable constatant la chaleur dégagée par sa machine

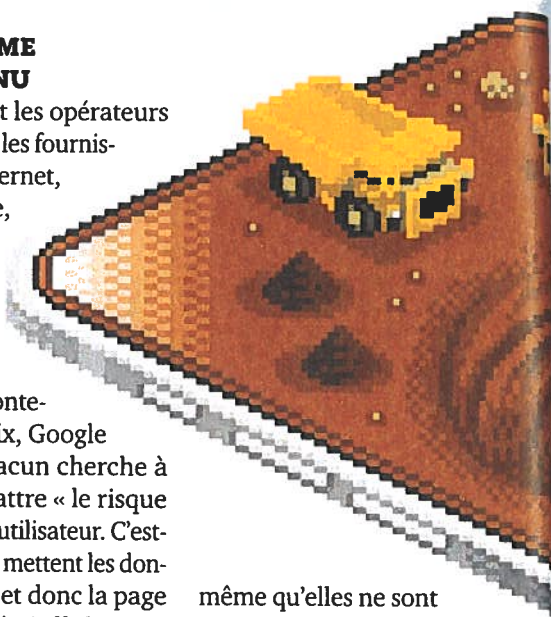
après quelques heures peut aisément imaginer comment la température monte dans ces grands hangars où fonctionnent en continu des dizaines de milliers de serveurs. Pour éviter la surchauffe, les centres de données sont donc constamment refroidis, en partie par l'aération, mais aussi via la climatisation. Une source supplémentaire de consommation d'énergie.

Tout ceci explique qu'au niveau mondial, 55 % de la facture énergétique du numérique provient de son utilisation. Cette consommation liée à l'usage se répartit à parts équivalentes entre les centres de données (19 %), le réseau (16 %) et le chargement des terminaux eux-mêmes (20 %), qu'il s'agisse de

smartphones, d'ordinateurs ou de téléviseurs connectés.

### À PLEIN RÉGIME ET EN CONTINU

Or, que ce soient les opérateurs de réseau, comme les fournisseurs d'accès à Internet, à l'instar d'Orange, Bouygues ou SFR, ou ces gestionnaires de centres de données que sont les fournisseurs de contenus comme Netflix, Google ou Facebook, chacun cherche à tout prix à combattre « le risque de latence » pour l'utilisateur. C'est-à-dire le temps que mettent les données à se charger et donc la page Web ou la vidéo à s'afficher sur nos terminaux. Pour y parvenir et pouvoir répondre à n'importe quel moment à une demande très élevée, ils gonflent exagérément leurs infrastructures. « *Les infrastructures sont largement surdimensionnées, que ce soit par le nombre de serveurs dans les centres de données ou par la bande passante des réseaux de communication* », résume Laurent Lefèvre de l'Inria.



Nombre de ces machines tournent donc à plein régime en continu alors qu'elles sont peu ou pas utilisées. « *Car même si un serveur*

même qu'elles ne sont utilisées qu'une partie de la journée. Cette hyperdisponibilité des équipements se traduit également dans l'absence d'adaptation du réseau aux cycles de consommation, « *alors même qu'il peut y avoir une saisonnalité dans certains usages numériques, entre le jour et la nuit, la semaine et le week-end* », ajoute Laurent Lefèvre.

### UNE ÉCONOMIE SANS LIMITES

Le numérique s'est en effet construit avec la volonté de livrer un service toujours plus efficace et rapide, mais avec une très faible, voire une absence, de prise en compte de son poids énergétique et environnemental. « *Du côté des fournisseurs, personne n'a vraiment acté qu'il fallait concevoir des limites physiques à l'économie numérique* », estime Hugues Ferrebœuf, chef de projet numérique à The Shift Project. Dans le même temps, le secteur s'est nourri de gains constants d'efficacité énergétique. Et pour une même action, une quantité d'énergie bien moindre qu'hier est aujourd'hui nécessaire. De là à faire baisser la facture énergétique ? Non, car il faut compter sur la puissance des « effets rebonds », qui sont très importants dans l'univers numérique. En effet, dès qu'il devient moins coûteux énergétiquement et économiquement de réaliser une action, la logique voudrait que la

Rendre un usage plus économe en énergie n'engendre pas mécaniquement une moindre consommation, mais l'inverse

*n'est pas utilisé, il va consommer en énergie l'équivalent de 50 % de sa consommation au moment de ses pics d'activité*, note Laurent Lefèvre. En outre, certains équipements du réseau ont une charge électrique constante, qu'ils soient utilisés ou pas. »

Les box Internet en sont un parfait exemple. N'étant pas équipées pour beaucoup d'entre elles d'un simple bouton marche/arrêt, elles fonctionnent 24 heures sur 24, alors



consommation d'énergie diminue. Or, c'est l'inverse qui se produit : puisque c'est moins cher, on intensifie les usages ! « Entre 2014 et 2018, pour une même donnée transportée sur le réseau mobile, nous sommes parvenus à mobiliser cinq fois moins d'énergie, mais dans le même temps, nous avons transporté sept fois plus de données », explique Marc Blanchet, directeur technique et du système d'information d'Orange. Rendre un usage plus économe en énergie n'induit pas mécaniquement une moindre consommation, mais l'inverse.

### LE ROYAUME DE L'OBSOLESCENCE

Le déploiement à venir de la 5G le montre. Le réseau mobile de cinquième génération, qui doit rentrer en application dans les années à venir, est le résultat d'une innovation technologique, mais il promet de multiplier encore davantage la consommation de données. « Un débit multiplié par dix et un temps de transmission divisé d'autant », clament ses promoteurs. Si les contours de cette technologie ne

sont pas encore totalement fixés, ni les conséquences environnementales connues, il est certain en revanche qu'il va engendrer une intensification des usages. Mais également accélérer la bascule de l'Internet fixe vers l'Internet mobile. Or, le réseau mobile est bien plus consommateur d'énergie que le réseau fixe, puisqu'il faut émettre un signal depuis une antenne qui doit passer à travers des murs épais, et non l'amener via des câbles jusqu'à une box. Le régulateur français des télécoms, l'Arcep, indique que, comparé à la fibre optique, le réseau mobile consomme environ dix fois plus d'énergie pour une même quantité de données transportée.

# 20 %

C'est, au niveau mondial, la part des déchets numériques qui sont collectés.

« De plus, chaque saut technologique accélère l'obsolescence des équipements, et la 5G ne va pas y échapper », ajoute Frédéric Bordage. Or, une des raisons de l'empreinte environnementale croissante du numérique se trouve dans le renouvellement très rapide des équipements. Les Français changent en moyenne de smartphone tous les deux ans, alors que dans 88 % des cas ces derniers fonctionnent encore. La raison ? « Les services numériques sont de plus en plus lourds et les équipements ont du mal à le supporter. Ils tournent donc au ralenti ou ne peuvent pas se mettre à jour », résume Liliane Dedryver, cheffe de projet numérique à France Stratégie. C'est ce que l'on nomme le phénomène d'obésiciel – contraction d'obésité et de logiciel. « Le nombre de fonctionnalités pour un même service ne cesse d'augmenter, ajoute Laurent Lefèvre, et surtout avec des fonctionnalités non modulables, qu'on ne peut désactiver. » La simple réservation

d'un billet peut s'accompagner de la géolocalisation du client, de la mémorisation de l'historique de ses recherches et de ses achats...

Les terminaux doivent être de plus en plus puissants pour suivre ce rythme effréné. Malgré des améliorations pour doper les performances des modèles anciens, les fabricants sortent à jet continu de nouveaux produits avec une empreinte carbone plus élevée que les versions précédentes. Entre l'iPhone 4, sorti en 2010, et l'iPhone X, commercialisé en 2017, l'empreinte carbone a augmenté de 75 %, passant de 45 à 79 g de CO<sub>2</sub>.

### FAIBLE RECYCLAGE

Avec un tel renouvellement, nos armoires se remplissent de vieux smartphones et ordinateurs. Car en fin de vie, ces déchets n'aboutissent pas toujours dans la poubelle appropriée. Le taux de collecte des téléphones portables n'est que de 49 % en France, contre 95 % pour les ordinateurs. Le bilan mondial est encore plus médiocre puisque seuls 20 % des déchets numériques tous équipements confondus sont collectés. De plus, collecter ne signifie pas systématiquement recycler.

De sa production à sa mort, le numérique est tout sauf un service immatériel et renouvelable. « En prenant trop peu en compte ses limites environnementales, une part de l'innovation actuelle n'est pas compatible avec le monde de demain », estime Jean-François Marchandise, directeur de la recherche et de la prospective de la Fondation Internet nouvelle génération (Fing). Un comble pour un secteur qui veut transformer nos vies.

■ Justin Delépine



# LES MÉTAUX RARES METTENT LE MONDE SOUS TENSION

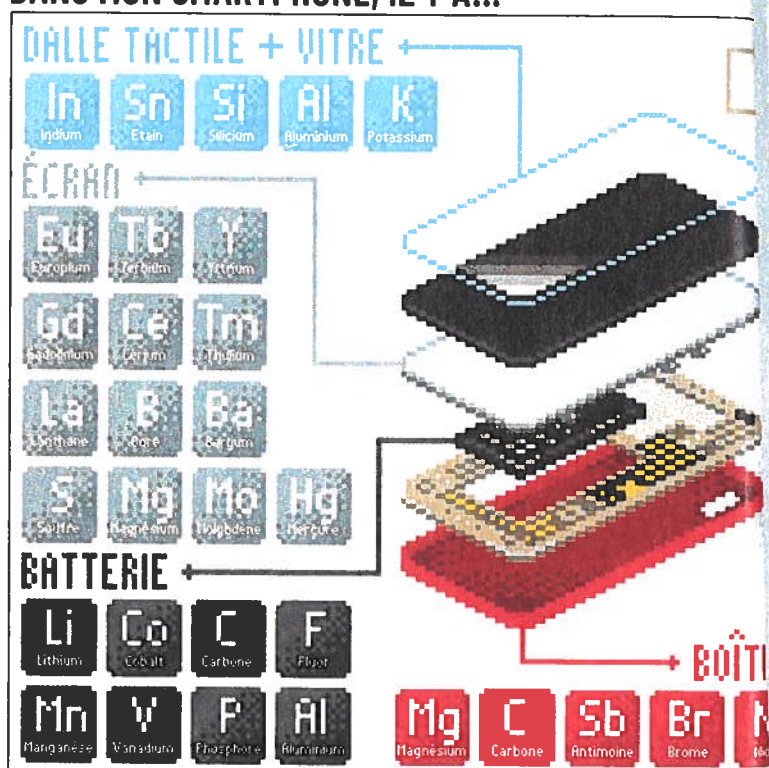
Le numérique consomme beaucoup de métaux, dont l'extraction a un fort impact environnemental et qui se raréfient. Pour éviter la pénurie et réduire la pollution, des solutions existent.

**D**e l'indium et du germanium. De l'or et de l'argent. Du tantale et du lanthane. Un smartphone, c'est à peu près toute la table périodique des éléments dans sa poche. On en retrouve une soixantaine, dont une quarantaine de métaux. Là où l'humanité a vécu pendant des millénaires avec une poignée de minerais différents, le déploiement du numérique depuis un quart de siècle repose sur une palette élargie à l'extrême. Loin de s'affranchir des matières tirées des entrailles de la Terre, nos sociétés dites dématérialisées en sont plus que jamais dépendantes. Une dépendance synonyme de vulnérabilités, au regard de la disponibilité des ressources, d'une part, des impacts de leur extraction et de leur transformation, d'autre part.

## GRANDE VARIÉTÉ ET GROSSE QUANTITÉ

La grande diversification des métaux employés tient en partie aux progrès du numérique, notamment la miniaturisation. « Les condensateurs étaient autrefois réalisés avec de l'aluminium et du papier buvard. Aujourd'hui, ce sont des objets minuscules, produits à base de tantale ou de palladium », indique Philippe Bihouix, ingénieur et auteur de plusieurs ouvrages sur les impacts de l'économie numérique. Le néodyme, un métal qui appartient au groupe des lanthanides, ou terres rares, a des propriétés qui permettent d'accroître la puissance des aimants permanents ou, inversement, de les miniaturiser à puissance équivalente. Il est ainsi possible de réaliser des microphones, des haut-parleurs et des moteurs lilliputiens. L'indium a l'avantage d'être conducteur et transparent : un élément clé des écrans tactiles... Les quantités mobilisées pour fabriquer chaque

## DANS MON SMARTPHONE, IL Y A...



unité peuvent être très faibles, mais multipliées par 4,5 milliards de smartphones, 500 millions de téléviseurs, 600 millions de PC fixes, ordinateurs portables, tablettes et autres moniteurs mis sur le marché ces cinq dernières années <sup>[1]</sup>, cela commence à faire beaucoup.

Certes, ces objets ne sont pas seuls en cause. « Le silicium est un composant important dans le numérique, mais l'essentiel de l'extraction va à la métallurgie et aux silicones », rappelle Olivier Ridoux, professeur à l'université de Rennes 1 et membre d'EcoInfo <sup>[2]</sup>. Le numérique ne représente de même que 6 % de la consommation mondiale de cuivre <sup>[3]</sup>. Mais pour l'étain – employé dans les soudures –, cette part passe à 35 %. Et, poursuit Olivier Ridoux, elle devient très majoritaire dans certains cas : 60 % pour le tantale ou 80 % pour l'indium.

Ces métaux vont-ils finir par manquer ? Pour l'or, l'argent ou l'étain, le ratio entre réserves et production annuelle (R/P) se situe entre quinze et vingt

ans. Antoine Boubault, chercheur au BRGM, rappelle toutefois le caractère très relatif de tels chiffres : « La notion de réserve correspond à des ressources identifiées et jugées exploitables en fonction des conditions techniques, économiques et environnementales du moment. Et ces conditions évoluent en permanence ! » Pour le cuivre, la plupart des gisements à forte concentration ont été exploités et la qualité du minerai est bien moindre que par le passé. Pourtant, la production continue de répondre à une demande croissante. « Au final, cela fait plusieurs décennies que les réserves de cuivre sont estimées autour de trente à quarante ans », note le chercheur. Si le ratio R/P se mettait à chuter rapidement, les cours grimperaient, ce qui pourrait justifier que l'on réinvestisse dans l'exploration et, en retour, pourrait

conduire à identifier de nouvelles réserves. « La prospective est un exercice très incertain », souligne Antoine Boubault.

D'autant que la « criticité » des matières n'est pas seulement affaire de rareté physique. Bien d'autres facteurs entrent en compte, comme la localisation des mines (le cas du cobalt et du tantale dans un pays instable comme la République démocratique du Congo) ou l'acceptabilité sociale de l'extraction (souvent inversement proportionnelle au niveau de richesse). Une mine, rappelle Olivier Ridoux, modifie fatalement les réseaux hydrographiques : l'eau tend à s'infiltrer là où elle s'écoulait, peut réagir

chimiquement avec des minéraux et arriver chargée dans les nappes. Et après l'extraction de la roche, vient son traitement pour isoler les métaux : une débauche d'énergie (fossile), d'eau et de produits chimiques dont les effluents finissent le plus souvent dans la nature. Les fameuses terres rares ne sont pas si rares : elles sont présentes un peu partout dans la croûte terrestre, mais à des niveaux de concentration très faibles. Si la Chine en est le premier producteur (85 % du marché mondial), ce n'est pas qu'une histoire de géologie : c'est aussi que ce pays accepte (et impose à ses populations riveraines) les coûts écologiques très élevés d'une activité stratégique pour son économie, tout en s'efforçant aujourd'hui de les réduire par un meilleur contrôle.

Limitier les impacts environnementaux et parer la menace, à terme, de pénuries physiques, nécessite de maîtriser la consommation de métaux bruts. Systématiser le recyclage des appareils en fin de

vie ? C'est indispensable, mais cela reste une solution partielle. Il est en effet relativement aisé de récupérer ce qui est à échelle macroscopique ou à haute valeur économique : les métaux ferreux, l'or, le cuivre, l'argent, parfois les platinoïdes... Au passage, on y parviendrait davantage et dans de meilleures conditions sociales et environnementales si les filières de retraitement étaient mieux contrôlées et organisées. Et si des mécanismes permettaient d'en assurer la rentabilité. Aujourd'hui,

elles n'absorbent que 50 % des déchets d'équipements électriques et électroniques à l'échelle de la France, 10 % au niveau mondial. En revanche, pour les métaux présents à l'état microscopique (europium, néodyme, indium...), leur récupération est extrêmement difficile sinon impossible. « Elle n'est finalement pas moins polluante et énergivore que si l'on traitait du minerai brut », indique Olivier Ridoux.

“  
Le premier moyen de limiter l'extraction est de fabriquer moins d'équipements et d'en changer moins souvent”

PHILIPPE BIHOUIX,  
ingénieur

### ENTRER DANS L'ÈRE DE LA SOBRIÉTÉ

Dans ces conditions, « le premier moyen de limiter l'extraction, c'est de fabriquer moins d'équipements et d'en changer moins souvent, résume

Philippe Bihouix. Il faut augmenter leur durée de vie, donc accroître leur réparabilité, mais aussi lutter contre l'obsolescence des désirs créée par le marketing, et réduire l'obsolescence systémique. » A partir du 20 janvier, Microsoft n'assurera plus la maintenance et les mises à jour de Windows 7, ce qui pourrait rendre obsolètes 400 millions de machines [4]. Il n'y a pourtant aucune raison physique pour qu'un PC ou un smartphone ne dure pas aussi longtemps qu'une auto.

Sans intervention publique forte (obligation de rendre les appareils plus facilement réparables, garantie étendue à plusieurs années, fiscalité élevée sur la consommation de ressources et sur les déchets ultimes, sensibilisation à la sobriété dans les écoles...), il sera impossible d'allonger la durée de vie des objets et de faire émerger des filières de réparation, complète Olivier Ridoux. La récente mise en redressement judiciaire de l'entreprise Remade, localisée près d'Avranches et spécialisée dans le reconditionnement de smartphones, en offre une illustration [5]. Les métaux représentent deux euros dans le prix de vente d'un smartphone neuf, rappelle Philippe Bihouix. A ce niveau, il ne faut pas s'attendre à ce que la soi-disant économie immatérielle valorise spontanément l'usage raisonné de la matière.

■ Antoine de Ravignan

[1] Introduction aux impacts environnementaux du numérique, frama.link/pWbvs4bf

[2] <https://ecoinfo.cnrs.fr/>

[3] Du moins si l'on ne tient pas compte des câblages.

[4] frama.link/auPnzpqV

[5] frama.link/zzUq0gQk

CARTE ET COMPOSANTS

Ni Nickel	Pb Plomb	Sn Étain	Bi Bismuth
Ru Ruthène	Ag Argent	W Tungstène	Pt Platine
Rh Rhodium	Be Béryllium	Cu Cuivre	P Phosphore
As Arsenic	Ga Gallium	Ge Germanium	Si Silicium
Zr Zirconium	Ru Ruthène	Nd Néodyme	Fe Fer
B Bore	Sm Samarium	Co Cobalt	Pf Fénelium
Cl Chlore	Dy Dysprosium	Ta Tantale	
Zn Zinc	Nb Niobium	Pd Paladium	

Source : Syntex

### EN SAVOIR PLUS

■ **Le site EcoInfo :**  
<https://ecoinfo.cnrs.fr>

■ **Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) :**  
le service géologique français, frama.link/\_C-CuV-4

■ **MinéralInfo (BRGM et MTE) :** fiches de criticité, frama.link/bRRMKXhq

■ **SystExt (Ingénieurs sans frontières) :** pour une expertise critique sur l'activité minière, [www.systext.org/](http://www.systext.org/)

■ **De Philippe Bihouix :** *Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société* (avec Benoît de Guillebon, EDP sciences, 2010) et *L'âge des low tech* (Le Seuil, 2014).

# DE LA PRODUCTION À L'USAGE, TOUTE UNE CHAÎNE À REVOIR

Pour réduire l'impact du numérique sur l'environnement, il faut changer d'état d'esprit et organiser des filières de réemploi.

**C**omment polluer moins avec son ordi ou son téléphone ? Ne croyez pas qu'en vidant votre boîte mail, vous aurez fait votre part. « *Se focaliser sur un usage, ce n'est pas la bonne solution* », explique Vincent Bidollet, animateur au fablab de Crest (Drôme). Même son de cloche chez Frédéric Bordage, animateur de la communauté Green IT : « *La sobriété numérique est un état d'esprit avant d'être une solution technique.* » Exemple : de retour de week-end dans un TGV, plutôt que d'envoyer tout

de suite sur le *cloud* les 100 photos prises avec son smartphone, mieux vaut prendre ce temps pour le trier, et en retenir dix qu'on mettra en ligne depuis son ordinateur une fois chez soi.

Au-delà des gestes individuels, il faut davantage sensibiliser les usagers sur l'impact environnemental du numérique en intégrant dans les programmes scolaires des cours sur le cycle de vie des produits et l'éco-conception des appareils et des logiciels, et des modules pour apprendre à réparer soi-même par exemple en cours de technologie au collège A Paris, la Maison de l'informatique responsable ([www.point-de-mir.com](http://www.point-de-mir.com)) s'y attelle, et la loi économie circulaire, en discussion, a prévu des mesures qui restent néanmoins vagues. Mais, surtout, il est essentiel d'encadrer les pratiques et les filières au niveau légal et économique.

## DES APPAREILS À FAIRE DURER

La priorité est claire : c'est du côté des appareils, les terminaux (ordinateurs, smartphones...), que l'impact est le plus gros. Avant de vous culpabiliser sur le *streaming*, regardez de quand date votre dernière acquisition. Bien entretenu, un ordinateur peut durer au moins dix ans, un smartphone au moins cinq ans. Dans les entreprises, allonger la durée de vie des ordinateurs portables de deux à cinq ans permettrait de réduire de 37 % les émissions annuelles de gaz à effet de serre du parc de terminaux, selon le *think tank* The Shift Project. Augmenter la part de smartphones « pro-perso », dotés de deux cartes Sim, aurait le même effet en supprimant l'usage d'un appareil. L'Institut du numérique responsable, une association créée en juin dernier par des acteurs privés, veut favoriser ce virage dans les organisations.

A l'achat, plusieurs guides ([www.produitsdurables.fr](http://www.produitsdurables.fr), Guide Topten...) indiquent aux consommateurs les paramètres importants de durabilité à prendre en compte (accessibilité des composants, taille de la mémoire vive...). A l'heure où nous écrivons ces lignes, la loi économie circulaire en discussion prévoit la mise en place d'un indice officiel de réparabilité, effectif au 1<sup>er</sup> janvier 2021. « *On pourrait imaginer une pénalité pour les constructeurs qui ont*

## L'ÉCO-CONCEPTION PEUT-ELLE SAUVER LE MONDE ?

Pour que le numérique pollue moins, peut-on concevoir des *data centers*, des appareils et des logiciels plus écologiques, c'est-à-dire moins consommateurs d'énergie ? « *Les appareils doivent être conçus de manière réparable et durable* », souligne Laetitia Vasseur, déléguée générale de l'association Halte à l'obsolescence programmée. Et de citer le Fairphone, smartphone démontable fonctionnant sous Android que la coopérative Commown propose à la location pour une trentaine d'euros par mois, avec la possibilité de le renvoyer et de le faire réparer en cas de problème. Ou la marque d'ordinateurs why! développée

en Suisse, qui utilise le système d'exploitation libre GNU/Linux, avec lequel toutes les applications ne sont en revanche pas compatibles. L'énergie produite par les *data centers* peut elle aussi être récupérée pour chauffer des bureaux, par exemple. Quant aux logiciels et aux sites Internet, on peut optimiser les lignes de code pour inventer des services plus économes en énergie. Mais attention, l'efficacité énergétique accroît le plus souvent l'utilisation, et donc la pollution d'origine numérique. Sans réflexion sur l'usage d'un appareil ou d'un service, l'éco-conception ne mènera pas loin.

un mauvais indice », suggère Romaric David, membre d'EcoInfo, une structure du CNRS qui travaille sur l'informatique éco-responsable. Cet indice devrait devenir en 2024 un indice de durabilité. « C'est plus ambitieux, car cela prend aussi en compte la solidité et la fiabilité du produit, avant même qu'il soit cassé, précise Laetitia Vasseur, déléguée générale de l'association Halte à l'obsolescence programmée. Certains constructeurs ont des produits très solides ou étanches, mais peu réparables. Et la réparation reste à la charge du consommateur. » L'association préconise l'installation de compteurs d'usage sur les produits électroniques (et électroménagers) à l'image de celui des voitures : en nombre d'heures de visionnage sur un téléviseur, par exemple. Mais ce n'est pour l'instant pas à l'ordre du jour.

Autre levier : la durée de la garantie légale de conformité aux caractéristiques annoncées du modèle, garantie qui fait porter au vendeur et en dernier ressort au fabricant une part de la responsabilité de la durée de vie du produit. Celle-ci a déjà été étendue dans la loi consommation de 2014 ; elle est désormais de deux ans pour les appareils neufs et de six mois pour les reconditionnés. La loi économie circulaire pourrait l'étendre à un an pour les produits d'occasion. On pourrait aller plus loin en imaginant une garantie de cinq ans pour les appareils électroniques mobiles et de dix ans pour les appareils fixes.

### ALLÉGER LES LOGICIELS

Au-delà de l'obsolescence programmée\*, qui est désormais un délit, un obstacle de taille réside dans les « obésiciels » : le fait que certaines mises à jour de logiciels, qui ne sont pas nécessaires, l'alourdissent et fassent ramer l'appareil si celui-ci est un peu ancien, poussant les consommateurs à en changer. C'est un facteur important de l'éco-conception. En examen au Sénat, la loi économie circulaire prévoyait une garantie logicielle de dix ans, soit l'obligation pour le fabricant d'assurer le maintien du logiciel vendu pendant cette durée, en particulier sur les failles de sécurité. Mais l'Assemblée nationale est revenue dessus. De plus, « la loi devrait imposer une distinction entre mises à jour correctives, nécessaires car elles viennent corriger des failles de sécurité dans les logiciels, et mises à jour évolutives, superflues, qui ajoutent de nouvelles fonctionnalités dont on n'a souvent pas besoin », explique Frédéric Bordage. De son côté, le moteur de recherche Qwant a

développé une version allégée, Qwant Lite, que supporteront facilement les appareils un peu âgés.

Enfin, pour faire durer les appareils, une hygiène s'impose : de même que vous ne laissez pas la lumière allumée chez vous la nuit, pourquoi ne pas éteindre la box Internet ? Elle consomme autant qu'un réfrigérateur, selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe)<sup>[1]</sup>. Idem à la pause déjeuner : pour plus de facilité, vous pouvez vous équiper d'une multiprise avec interrupteur (et brancher votre box sur une telle prise si elle n'a pas d'interrupteur).

En complément, le réflexe à adopter est la réparation. « Il faudrait un label attribué par l'Etat qui soit une garantie de fiabilité et officialise la filière », estime Romaric David, par ailleurs responsable du data center de l'université de Strasbourg. « Les freins sont en réalité souvent plus psychologiques que techniques », la manipulation n'étant souvent pas si difficile pour un réparateur : rendez-vous dans la boutique au coin de la rue, un Repair Café ou sur [www.commentreparer.com](http://www.commentreparer.com) ou [www.ifixit.com](http://www.ifixit.com)

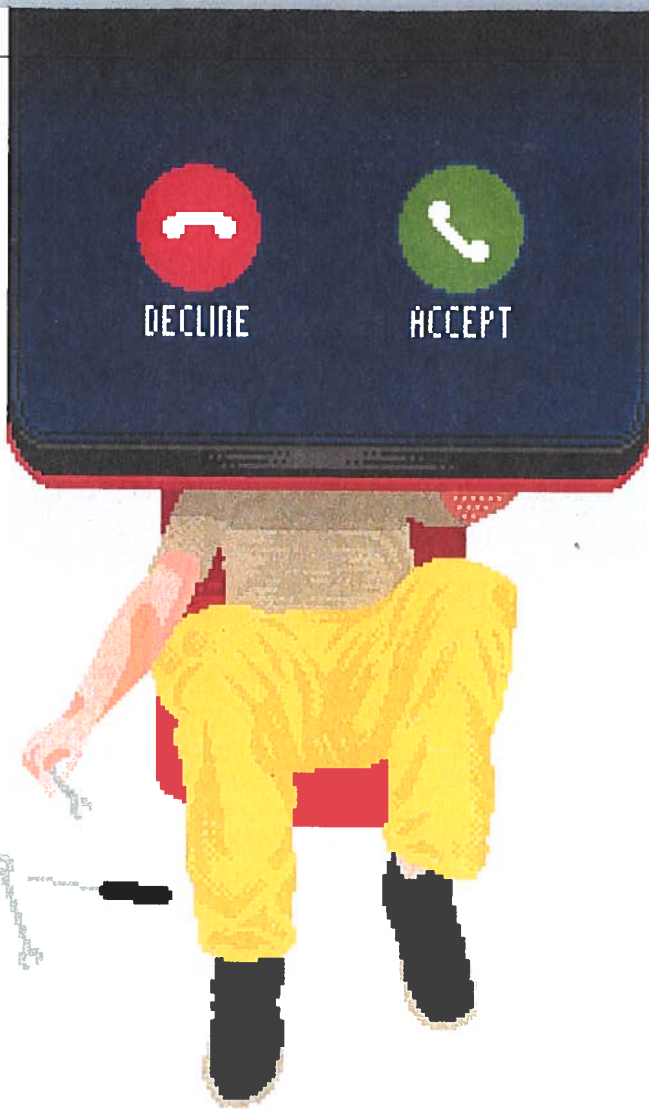
[1] Voir « La face cachée du numérique. Réduire les impacts du numérique sur l'environnement » sur [fama.link/ademe\\_numerique](http://fama.link/ademe_numerique)

\* **Obsolescence programmée** : ensemble des techniques par lesquelles un fabricant vise à réduire délibérément la durée de vie d'un produit pour inciter le consommateur à le remplacer plus rapidement.

“  
La sobriété  
numérique est  
un état d'esprit  
avant d'être  
une solution  
technique”

FRÉDÉRIC BORDAGE,  
de Green IT





Quant aux constructeurs qui prétendent que le produit n'est pas réparable ou mettent une signature électronique qui empêche l'accès à toutes les fonctionnalités, « c'est pour imposer un circuit de réparation cher et donc dissuasif », ajoute l'informaticien. Certaines marques, comme Apple, font même en sorte que, lorsqu'on fait changer la batterie d'un iPhone par un réparateur qui n'est pas agréé par le constructeur, l'indicateur de charge ne fonctionne plus. « Ce type de pratiques n'est pas sanctionné par les pouvoirs publics », regrette Romaric David.

### FAVORISER RECONDITIONNEMENT ET RÉEMPLOI

Une fois qu'on pense avoir éclusé les possibilités de son appareil, plutôt que de l'oublier dans un tiroir, il doit être collecté <sup>[2]</sup>, par exemple par le réseau Envie ou Emmaüs Connect. Il y a de fortes chances qu'il puisse être réemployé après avoir été reconditionné, c'est-à-dire une fois que les données personnelles en auront été effacées et qu'il aura été nettoyé informatiquement. « Les pouvoirs publics doivent comprendre qu'il y a un enjeu de compétitivité pour la France à structurer les filières de réemploi et de reconditionnement », souligne Frédéric Bordage. Pour ce faire, comme le proposent certains amendements de la loi économie circulaire, il faudrait massifier la collecte, donc la rendre obligatoire en imposant une consigne à l'achat. « Son montant

devrait être significatif, de façon à ce que ça ait effet, 50 ou 100 euros », juge Romaric David.

Cela implique aussi de définir un cahier des charges pour les reconditionneurs. Que signifie « appareil très bon état » sur leurs sites ? Aujourd'hui, c'est flou. Alors que la plate-forme de vente en ligne de produits reconditionnés Back Market a gagné en popularité, le risque est que le grand public soit déçu après le premier engouement initial, faute de garanties qui protègent des mauvaises surprises, estime Frédéric Bordage. Plutôt qu'un site qui propose des appareils en provenance de différents réseaux, mieux vaut acheter directement auprès du reconditionneur (Les ateliers du bocage, Label Emmaüs, Nodixi Rebuy). L'Etat propose un label « ordi 3.0 » pour les reconditionneurs, mais il reste confidentiel faute de campagne de promotion par les pouvoirs publics.

### USAGES : LES BONS RÉFLEXES

Et après cela, quels usages privilégier ? Carbonalyser <sup>[3]</sup>, une extension développée par la think tank The Shift Project, permet de mesurer l'impact de sa navigation. « Limiter son usage de cloud, surtout en 4G », répond d'emblée Frédéric Bordage. Utiliser la fibre ou l'ADSL (même en wifi) est beaucoup moins consommateur d'énergie qu'un réseau mobile, 3G, 4G et, a fortiori, 5G, dont le futur déploiement à grande échelle a tout d'une aberration. Il est donc pire de regarder une vidéo sur son smartphone que sur son ordinateur portable. Dans le même ordre d'idée, si vous possédez une télévision, mieux vaut la regarder en passant par la TNT que par l'ADSL.

La vidéo (75 % des usages d'Internet) reste très énergivore. Regarder une vidéo 1080p ou full HD (pour très haute définition) pendant dix minutes consomme 170 mégabits, contre 1 mégabit pour l'envoi d'un mail avec une pièce jointe de cette taille. Privilégier l'emprunt de DVD ou la location payante, qui oblige à sélectionner davantage, peut permettre de limiter son usage. L'extension Minimal stoppe le lancement automatique par la plate-forme des vidéos sur YouTube, Facebook, Amazon, Netflix et quelques autres. The Shift Project édite un guide pour réduire le poids des vidéos en utilisant le logiciel Handbrake <sup>[4]</sup>. Quant aux mails, la question environnementale concerne surtout la taille des pièces

jointes. La limite d'un mégaoctet est un bon seuil à avoir en tête. Au-delà, demandez-vous si vous pouvez faire autrement (serveur partagé, clé USB...). Pour le reste, le plus simple est d'envoyer moins d'e-mails... C'est davantage une question sanitaire, de charge mentale, qu'une question écologique !

■ Céline Mouzon

De même que vous ne laissez pas la lumière allumée chez vous la nuit, pourquoi ne pas éteindre la box Internet ?

[2] Voir [frama.link/u4EK49BN](https://frama.link/u4EK49BN)

[3] Voir [frama.link/n9YpXTYH](https://frama.link/n9YpXTYH)

[4] [frama.link/mJGFTQgv](https://frama.link/mJGFTQgv)

# ENTRETIEN

## « IL FAUT IMPOSER DES LIMITES AU NUMÉRIQUE »

Transition énergétique et numérique : amie ou ennemie ? Dans son livre, *Pour une écologie numérique*, Eric Vidalenc plaide pour un numérique au service de la transition énergétique.

**L'empreinte environnementale du numérique a longtemps été occultée. Assistons-nous aujourd'hui à un début de prise de conscience ?**

Cela fait vingt ans seulement que le numérique est apparu et quelques années qu'il est omniprésent et constitue même un « monopole radical », c'est-à-dire qu'on ne peut plus faire grand-chose sans lui. Nous commençons à entendre des voix critiques qui nous mettent en garde sur le fait que ces technologies ne sont pas aussi propres qu'on le croit. En dépit de ces avertissements, le numérique continue à être associé à des termes connotés et faux, tels que « dématérialisation », ce qui contribue à rendre invisibles ses impacts. La relative prise de conscience est donc très récente.

Pour autant, quelques réactions se manifestent : une proposition de loi a été déposée en France le 6 novembre dernier par des députés de l'opposition pour interdire les écrans publicitaires dans les sanitaires des établissements recevant du public. Ce sujet a une portée symbolique : il montre que des limites doivent être posées à l'expansion du numérique. En mettre partout, tout le temps et pour tout faire ne résout pas les problèmes. Cela peut au contraire les aggraver.

**Comment limiter l'empreinte environnementale du numérique ?**

Il faut sortir de la démesure. Quand un internaute lance une vidéo, l'image et le son sont automatiquement délivrés à leur qualité maximale. Or, si l'on divise par trois ou quatre le débit des données, la différence de qualité est à peine perceptible pour l'utilisateur. L'énergie mobilisée est



**Eric Vidalenc**  
Economiste à l'Ademe et conseiller scientifique à Futuribles  
Retrouvez son blog sur <https://blogs.alternatives-economiques.fr>

bien moindre en revanche. De la même manière, lorsque vous achetez un téléphone neuf, la luminosité de l'écran et la puissance du microprocesseur sont par défaut réglées au maximum. Ce qui est totalement disproportionné par rapport aux besoins de l'utilisateur classique.

Il est nécessaire d'instaurer des normes comme il en existe dans d'autres domaines. A partir de cette année par exemple, la réglementation impose sous peine d'amende aux constructeurs automobiles que la moyenne des émissions de CO<sub>2</sub> des voitures neuves ne dépasse pas 95 g par km. La même chose peut être faite pour les fabricants du numérique sur plusieurs paramètres : la moyenne de l'empreinte carbone des smartphones ne devrait pas dépasser tant de grammes de CO<sub>2</sub>, les fabricants devraient garantir une réparabilité de leurs appareils pendant au moins cinq ans, voire plus, et incorporer 25 % ou 50 % de produits recyclés dans la composition de leurs matériels à tel ou tel horizon.

Ces obligations sont nécessaires pour dépasser les bonnes intentions et les injonctions adressées au seul consommateur, qui évolue dans un univers contraint et auquel les impacts environnementaux du numérique ont tendance à être cachés.

**Vers quel objectif l'univers numérique devrait-il être réorienté ?**

Vers la sobriété. Ce qui exige un numérique plus économe en matières premières et en énergie. Autrement dit : les équipements doivent durer plus longtemps, être plus réparables et plus recyclables. De manière plus générale, la sobriété numérique et la sobriété énergétique sont liées. Et ensuite, l'orientation du numérique peut servir et outiller la transition écologique.

**De quelle manière ?**

Certains outils numériques permettent de mieux consommer et de mieux partager. L'exemple de la mobilité est à cet égard éclairant. Certes, on peut depuis longtemps, bien avant l'apparition du numérique, partager sa voiture avec son voisin parce qu'on le connaît, qu'on le contacte facilement, mais l'échelle reste limitée. En revanche,

à partir du moment où, grâce au numérique, il est possible de disposer d'une flotte de véhicules partagés qui puissent se réserver depuis un smartphone, les volumes de véhicules partagés deviennent bien plus conséquents, que cette flotte soit gérée par une entreprise, une collectivité ou une association d'usagers. Et ce n'est pas qu'une promesse, car de tels systèmes fonctionnent en France et ailleurs, même s'ils demeurent encore marginaux. Le numérique permet de transformer totalement des usages et des pratiques, des manières de consommer. Avec l'auto-partage par exemple, on sort du modèle de propriété individuelle du véhicule immobilisé 95 % du temps et on peut favoriser de plus petits véhicules plus efficaces et mieux adaptés à la ville.

L'efficacité des innovations numériques est très variable cependant, parce qu'aujourd'hui notre système énergétique est, de manière générale, extrêmement inefficace. S'il est utile par exemple de proposer aux consommateurs de piloter à distance leur chauffage via une application sur smartphone, ce qui leur permet de réduire de 10 % à 20 % leur facture énergétique, cet effet reste très modeste dans des logements mal isolés. Une véritable rénovation des logements, à l'inverse, permettrait de diviser par trois ou quatre leur consommation énergétique. Et c'est seulement lorsque l'habitation est bien isolée qu'il devient pertinent d'introduire le numérique pour optimiser le pilotage du chauffage. Il faut prendre les choses dans l'ordre : d'abord transformer, ensuite optimiser.

“  
Il faut prendre  
les choses dans  
l'ordre : d'abord  
transformer,  
ensuite  
optimiser”

ÉRIC VIDALENC

Le numérique n'est donc pas la panacée. Il n'y a aucune raison pour qu'à elles seules, ces technologies changent radicalement la structure du système énergétique. Or, c'est bien ça l'enjeu.

### Le numérique peut-il être également utile à l'évolution du système électrique ?

Pour l'instant, le système électrique français est essentiellement organisé sur la base de moyens de production très puissants et centralisés. Mais les énergies renouvelables, qui par nature s'organisent autour d'une multitude de sources de production desservant une multitude de consommateurs, développent rapidement. Dans de tels réseaux, la gestion de l'information devient plus importante, la production solaire ou éolienne n'est pas pilotable.

Le numérique est ici très utile. Comme on le voit déjà pour les chauffe-eau, il permet par exemple de piloter le chargement d'une flotte de véhicules électriques branchés au réseau en les alimentant la nuit quand il y a très peu de demande ou en milieu de journée quand le solaire produit à son maximum. Mais aussi de les décharger partiellement le matin lorsqu'il y a un pic de demande : la voiture va alors réinjecter de l'électricité dans le réseau, plutôt que de faire appel à une production supplémentaire. Le numérique apporte un avantage décisif pour gérer ce genre de système électrique, mieux articuler l'offre et la demande. Mais il peut aussi constituer un facteur de dépendance technique et de vulnérabilité nouvelle pour le système électrique. Et il convient de toujours voir les deux faces de la même pièce, les atouts mais aussi les contraintes que le numérique peut représenter.

■ Propos recueillis par Antoine de Ravignan et Justin Deléage

