



HAL
open science

La Numérisation du monde. Un désastre écologique

Fabrice Flipo

► **To cite this version:**

| Fabrice Flipo. La Numérisation du monde. Un désastre écologique. , 2021. halshs-03542023

HAL Id: halshs-03542023

<https://shs.hal.science/halshs-03542023>

Submitted on 23 Jan 2023

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.



COLLECTION
POUR EN FINIR AVEC

COLLECTION POUR EN FINIR AVEC

Critique de la servitude volontaire, de l'aliénation quotidienne, de l'oppression et des inégalités, la collection Pour en finir avec développe des analyses radicales. Radicales au sens littéral du mot: «qui vise à agir sur la cause profonde des effets qu'on veut modifier». Radicales car elles prennent en compte toutes les dimensions d'un problème: économique, politique, psychologique et technologique. Radicales parce que le capitalisme ne peut être réduit à un système d'exploitation économique, il envahit toutes les sphères de notre existence et ne tient que sur l'intériorisation d'un imaginaire surpuissant. Radicales parce que le système se nourrit perpétuellement de sa critique et que seul ce qui le sape dans son essence peut le détruire.

DANS LA MÊME COLLECTION (EXTRAIT)

Les Ravages des écrans.

Les pathologies à l'ère numérique

Manfred Spitzer, 2019

Révolte consommée.

Le mythe de la contre-culture

Joseph Heath et Andrew Potter, 2020

La photo numérique.

Une force néolibérale

André Rouillé, 2020

La Collapsologie ou l'écologie mutilée

Renaud Garcia, 2020

Béton. Arme de construction massive du capitalisme

Anselm Jappe, 2020

Contre la résilience. À Fukushima et ailleurs

Thierry Ribault, 2021

La Séduction pornographique

Romain Roszak, 2021

LA NUMÉRISATION
DU MONDE

ÉDITIONS L'ÉCHAPPÉE
23, rue Voltaire
75011 Paris
info@lechappee
www.lechappee.org

graphisme *atelier
des grands pêcheurs*
(www.adgp.fr)

correction *Lionel
de La Fouchardière*

dépôt légal
3^e trimestre 2021
isbn 978-23730909-5-6

impression *Corlet*

L'échappée, 2021

FABRICE FLIPO

LA NUMÉRISATION

*un désastre
écologique*

L'ÉCHAPPÉE

DU MONDE

DU MÊME AUTEUR

L'Impératif de la sobriété numérique. L'enjeu des modes de vie,
Éditions Matériologiques, 2020.

Décroissance, ici et maintenant !, Le Passager clandestin,
2017.

*Peut-on croire aux TIC vertes? Technologies numériques
et crise environnementale,* avec François Deltour,
Michelle Dobré et Marion Michot, Presses des Mines, 2015.

Pour une philosophie politique écologiste, Textuel, 2014.

*La Face cachée du numérique. L'impact environnemental
des nouvelles technologies,* avec Michelle Dobré et
Marion Michot, L'échappée, 2013.

*«Dire qu'il faut sauver l'environnement,
c'est dire qu'il faut changer radicalement le mode
de vie de la société, qu'on accepte de renoncer
à la course effrénée à la consommation.»*
Cornelius Castoriadis, *La Montée de l'insignifiance.*
Les carrefours du labyrinthe IV, 1996.

*«Pour sauver l'économie, il faut acheter,
acheter n'importe quoi.»*
Dwight D. Eisenhower,
34^e président des États-Unis.

Too Much and Never Enough.
Titre du livre de Mary L. Trump,
nièce du 45^e président des États-Unis,
à propos de son oncle.

Introduction

LE NUMÉRIQUE CONSOMME aujourd'hui près de 3,3% de l'énergie mondiale et contribue aux émissions globales de gaz à effet de serre (GES) à hauteur de 4%. Augmentant au rythme infernal de 9% par an¹, cette consommation a doublé depuis 2007, ainsi que ses émissions; aucun autre secteur n'a connu une telle croissance. L'argument le plus souvent opposé à cette croissance est l'efficacité énergétique. Et, en effet, quelle différence entre l'Eniac (Electronic Numerical Integrator Analyser and Computer, 1945), qui, par opération, demandait 30 watts, et l'IBM Summit (2018), qui n'en exige qu'un milliardième², voire qu'un dix milliardième! L'efficacité énergétique a ainsi été multipliée par dix ou cent milliards, ce qui donne le tournis et fait miroiter un « copier-coller » à coût zéro, une abondance infinie. Le juriste Yochai Benkler affirmait en 2006, dans son *best-seller* intitulé *The Wealth of Networks*, que « la suppression des contraintes physiques liées à une production efficace de l'information a fait de la créativité humaine et de l'économie de l'information elle-même les principaux éléments structurants de la nouvelle économie de l'information en réseau³ », donnant la main aux structures hors marché et à la coopération à grande échelle. La suppression des contraintes physiques, vraiment? Le jugement est bien expéditif. Et l'on pourrait relever d'innombrables citations du même type dans les ouvrages les plus autorisés sur le sujet. Des livres plus récents, tels que celui de Dominique Cardon, ne font toujours aucun lien avec l'écologie⁴. Pourtant l'abondance a des limites, car tout mouvement génère du frottement, de l'entropie: c'est un principe physique élémentaire. Une étude de 2015, issue de l'industrie

des semi-conducteurs, estime qu'au rythme actuel de la croissance de la puissance de calcul, et du fait du ralentissement progressif des gains en matière d'efficacité énergétique, le numérique pourrait consommer, avant 2070, l'équivalent de toute l'énergie mondiale dépensée en 2010⁵. Les perspectives sont donc plutôt catastrophiques. Et encore n'évoquons-nous là que les consommations directes, car le numérique facilite aussi la croissance économique, qui à son tour facilite la dévotion du monde⁶ – alors même que nous devrions au contraire être engagés dans cette «transition écologique» évoquée de toutes parts.

Le numérique est passé sous (presque) tous les radars en ce qui concerne la question de l'empreinte écologique. Pourquoi? Des études sur le sujet existent depuis de nombreuses années. La «barrière de Landauer», qui situe la limite ultime de l'efficacité énergétique, a été mise en évidence dès 1961⁷. Le Wuppertal Institut, centre de recherche allemand dédié à la soutenabilité, tirait la sonnette d'alarme dès 2001⁸. En 2013, alors que Michelle Dobré, Marion Michot et moi-même constatons un faible niveau de débat public, nous écrivions dans *La Face cachée du numérique*: «Alors que faire? Diffuser l'information, tout d'abord, et c'est ce que ce petit livre cherche à faire. Sans cela on pourra encore se plaindre, dans quelques années, quand on découvrira le pot aux roses, ou plus exactement quand il sera devenu difficile de le dissimuler, du fait de son ampleur, de n'avoir rien pu anticiper⁹.» L'illusion de l'abondance infinie n'est pas la seule cause. Le numérique a également réussi à apparaître comme une solution pour les autres secteurs en matière d'écologie. En 2007, quand le consultant Gartner, spécialisé dans le numérique, révéla que le secteur émettait autant de gaz à effet de serre que l'aviation, l'industrie répondit par la voix de la Global e-Sustainability Initiative (GeSI), une coalition d'entreprises industrielles: le numérique pollue, certes, mais il peut permettre de faire gagner de cinq à sept fois sa propre empreinte, en facilitant la transformation

des autres secteurs¹⁰. C'était en 2008. Nous sommes en 2020 et le numérique n'a rien fait gagner du tout. Comme le montre une étude publiée en octobre 2020, il a davantage facilité la croissance de la consommation sur le plan économique qu'il ne l'a allégée sur le plan écologique¹¹. Le discours du GeSI a d'ailleurs changé: il appelle à ce que le numérique se donne «des buts¹²». Car, à défaut d'avoir été mis au service d'une transition écologique des sociétés industrielles, il a surtout servi leur expansion, *as usual*. Pascal Lamy, ancien directeur de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), considérait en 2011 qu'Internet était l'une des deux innovations technologiques à la base de la mondialisation économique amorcée dans les années 1970, avec le conteneur.

Puisque la situation alarmante ne peut plus être niée, de nombreux organismes officiels ou *think tanks* en appellent désormais à la «sobriété». En France, le Conseil national du numérique (CNNum) a publié pour la première fois une «Feuille de route sur la sobriété numérique»¹³, peu après celle de l'Allemagne¹⁴. L'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (Arcep) s'intéresse au sujet, ce qui n'était encore jamais arrivé¹⁵. Le Sénat publie un projet de loi¹⁶. Le dernier «Baromètre du numérique» (2019) accorde une attention inédite à la question¹⁷. Dans les meetings organisés par l'industrie, les positions du GeSi inspirent à présent la méfiance, le sérieux a changé de côté¹⁸. Lors d'un «Tribunal pour les générations futures», conférence spectacle organisée à Institut-Mines Télécom Business School, trois étudiants, sur les cinq composant un jury tiré au sort, ont jugé que le numérique était plus une menace qu'une solution, au regard de l'écologie¹⁹.

Mais qu'est-ce que la sobriété? Pour le CNNum, «le numérique sobre, premier pilier de la feuille de route, c'est d'abord celui qui réduit sa propre empreinte environnementale de sa conception – des infrastructures, des produits et des services – jusqu'à sa fin de vie²⁰». Dans son rapport sur la sobriété

numérique dans les grandes entreprises, le Cigref, association industrielle de promotion du numérique, précise que la sobriété consiste certes à «réduire l’empreinte environnementale sur tout le cycle de vie des services et produits numériques (production, usage, fin de vie)», mais aussi à «modérer l’explosion des usages et la démultiplication des équipements, qui ne sont pas toujours nécessaires²¹». Pour le Shift Project, *think tank* qui a joué un rôle central dans la mise à l’ordre du jour de cette thématique, la sobriété concerne les usages et se distingue en cela de «l’efficacité» qui, pour un usage donné, désigne l’économie de moyens employés dans la manière de le rendre possible. C’est un bon point de départ. L’efficacité ne pourra pas toujours compenser l’expansion des usages. «Un choix technologique est un choix sociétal²².» Ces choix découlent des usages individuels mais aussi des choix d’architecture et de modèles économiques d’entreprise conçus pour maximiser la consommation de données: capter et conserver l’attention. Il est urgent de changer ces modèles, d’aller vers «l’innovation frugale», entendue comme «faire aussi bien, voire mieux, avec moins²³». Comment ne pas applaudir à cette conclusion, qui pourrait être reprise dans bien d’autres domaines?

Mais qu’en penser? Le Shift Project, qui compte parmi les *think tanks* les plus à la pointe sur le sujet, n’analyse pas vraiment la construction des usages. Il ne dresse pas de panorama des dynamiques en cours, c’est à peine s’il en esquisse quelques grandes lignes. Les cas abordés sont soit assez étroits (éclairage en ville et systèmes d’information dans les organisations), soit très vastes (économie de l’attention et «modèles économiques» attenants). Il n’explique pas comment un tel enjeu a réussi à passer inaperçu dans des sociétés pourtant saturées «d’information» et de discours sur le «développement durable», ni comment le numérique a pu «s’imposer» partout dans la vie quotidienne, comme le constate le Centre de recherche pour l’étude et l’observation des conditions de

vie (Crédoc)²⁴. Et ce, sans débat public, si ce n’est de façon marginale. Et que penser d’autres acteurs comme le CNNum, qui estime que la sobriété numérique, c’est aussi mettre le numérique au service de la transition écologique et sociale, ce qui passe notamment par l’agriculture connectée²⁵? Le Shift Project lui-même en propose une définition qui peut paraître ambiguë: «La sobriété numérique appelle à tirer parti de nos capacités d’analyse pour construire et utiliser un système numérique qui, en ramenant sa consommation de ressources matérielles et énergétiques à un niveau compatible avec les contraintes environnementales, préserve ses apports sociétaux essentiels²⁶.» Ses «apports sociétaux essentiels»? Quels sont-ils? Comment ont-ils été décidés? Car, dans le même temps, par un tour de force incroyable, le numérique continue fréquemment d’être présenté comme la solution pour la transition écologique, jusque dans le Green New Deal proposé par la Commission européenne, et salué par les ONG. Et que faire du numérique existant? Y a-t-il des alternatives écologiques? Elles n’ont rien d’une évidence: dans l’agriculture, l’agroécologie peut sembler être la solution; dans les transports, la «relocalisation» est largement mise en avant; de multiples alternatives existent dans le domaine de l’habitat ou de l’éducation; mais qu’en est-il du numérique? Faut-il «revenir» à l’analogique? Le spectre des Amish plane sur le numérique.

Pour tenter d’apporter quelques éléments de réponse, ce livre est structuré en cinq parties. La première revient sur ce qu’est précisément le numérique, étant donné que ce mot ne cesse d’être brandi à mauvais escient. Le numérique est-il similaire à la révolution de l’imprimerie, comme on l’affirme souvent? Ou est-il (aussi) autre chose? Nous mettons ici l’accent sur le lien qui existe entre numérique et logistique, en quelque sorte à la suite de la remarque de Pascal Lamy. Car d’après son inventeur, Leonard Kleinrock, Internet repose d’abord sur une circulation logistique de l’information. Sous cet angle, Amazon n’est pas un GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon et

Microsoft) comme un autre, mais le GAFAM paradigmatique: celui qui commande les conteneurs. La deuxième partie s'intéresse à l'évolution des modes de vie, en lien avec l'arrivée du numérique et de l'Internet, afin de mieux comprendre comment un tel changement s'est opéré – comprendre pour transformer. Les années 1980 sont celles de l'introduction des consoles de jeu dans les foyers. Dans les années 1990, les téléphones mobiles sont les premiers à atteindre la « maturité » – au sens de Rostow – de la consommation de masse et du marché mondial²⁷. Les CSP+ et les classes populaires sont les premières à s'y mettre, pour des raisons différentes. Les ordinateurs sont de plus en plus utilisés dans les entreprises. Les CD et DVD commencent à faire circuler de l'information numérique en grande quantité, remplaçant les disquettes. L'ADSL puis la fibre optique permettent de se passer de ces supports, transformant tout appareil numérique en un terminal. Le smartphone n'est pas perçu comme une innovation majeure à sa sortie. Quelques années plus tard, il s'« impose » par le truchement des enfants, des CSP+ et des classes populaires, une nouvelle fois. Il provoque un effondrement du marché des appareils photo, implante le GPS dans les usages de l'automobile et détruit l'industrie des appareils audio (les « chaînes hi-fi »), qui se replie sur les écouteurs et les enceintes. L'ordinateur s'installe dans les maisons mais ne devient pas la nouvelle télévision, contrairement aux attentes, ce qui entraîne l'effondrement de la bulle Internet, en mars 2000. Le smartphone remporte la mise de manière à la fois inattendue et attendue, dans la mesure où le concept de terminal universel était dans les esprits. Toutefois, rares sont ceux qui l'ont reconnu quand il est apparu. Ces analyses permettent de mieux comprendre ce qu'est une innovation et comment elle se produit. La troisième partie élargit et complète ce tableau en s'intéressant aux entreprises. Les télécoms axent depuis longtemps leurs efforts sur la croissance des débits et sur la connectivité. L'informatique étend son empire et ses moteurs,

dans tous les secteurs. Le numérique n'a pas été seulement la convergence de l'audiovisuel, de l'informatique et de la « télématique », comme l'avaient anticipé l'historien Pierre Nora et l'entrepreneur libéral Alain Minc en 1979. Il constitue une troisième révolution industrielle, en particulier dans le secteur phare de la logistique – interne (chaînes de montage) ou externe (fret) aux entreprises. Cette évolution brouille la distinction entre secteur numérique et secteur non numérique: une entreprise comme Tesla est-elle un constructeur de voitures ou un concepteur d'objets numériques et de réseaux? En l'occurrence, les voitures appartiendront de moins en moins à leur propriétaire, elles formeront une flotte pilotée par l'entreprise. Cet exemple vaut pour tous les domaines: les plates-formes tissent des réseaux captifs, facilitant l'entrée aux nouveaux arrivants mais freinant la sortie de ceux qui voudraient s'en échapper. La quatrième partie détaille les implications écologiques du numérique que nous avons commencé à évoquer: énergie, matière et toxiques. L'énergie est le facteur déterminant, du fait de l'urgence climatique; la quantité de données est le facteur structurant, si l'on part du principe qu'une donnée est une dépense d'énergie. La cinquième partie se concentre sur le positionnement des principaux acteurs face à cet enjeu: les autorités publiques qui poussent à la croissance mais s'inquiètent de plus en plus de ses conséquences écologiques; les entreprises qui continuent de développer les usages tout en étant engagées dans l'économie circulaire et les énergies renouvelables; les ONG qui ont privilégié l'efficacité par rapport à la sobriété; et les consommateurs, catégorie d'interlocuteurs aussi « introuvables » que le peuple²⁸, bien que ventriloqués par tous les autres acteurs.

Qu'est-ce que la sobriété? Ce n'est ni une simple « critique de la société de consommation », comme l'a théorisé le sociologue Jean Baudrillard dans les années 1970, trop centré sur le désir, ni une simple « création de faux besoins », comme l'a évoqué le sociologue Razmig Keucheyan²⁹, dont il serait

facile de se libérer dès lors que le pouvoir serait entre nos mains. L'enjeu est plutôt de s'opposer à un verrouillage des architectures de choix, à un *lock-in* concret, donc tout à la fois matériel (« macrosystèmes techniques³⁰ ») et idéal (« économie de l'attention³¹ »). Les architectures de choix sont comme des aiguillages de flux d'action et d'attention, qui informent et désinforment, bref, qui structurent la prise de décision par l'extérieur – cet extéro-conditionnement évoqué par Sartre³². Comment en sortir? En formant des réseaux alternatifs où l'information est plus ouverte, la décision mieux contrôlée et l'empreinte écologique plus légère. Cela suppose d'exercer une pression sur les sociétés propriétaires, de promouvoir des architectures sobres et *low-tech*. Si « le code c'est la loi », selon la célèbre expression du juriste Lawrence Lessig³³, il s'agit alors de retrouver notre souveraineté sur l'information et sur la commande, ce qui passe également par la dénumérisation (du secteur automobile, par exemple). Rien ne nous oblige à avaliser le projet de flottes de voitures « autonomes », nécessitant une instrumentation sans précédent des territoires et une consommation gigantesque de données; pas plus que nous ne sommes obligés d'accepter la 5G, ou pire, la 6G. Le numérique révèle en outre comment se produit le changement social, technique et politique: sous la forme de ce que les économistes appellent un « effet de réseau ». C'est un mouvement d'abord imperceptible puis brutal, permettant aux modes de vie de passer d'une situation de « *lock-in* » (blocage relatif, saturation) à une autre. L'analyse peut être étendue à tous les secteurs et à toutes les situations de changement social, technique et politique. Elle révèle comment naissent les communs³⁴ – mais aussi comment ils meurent. « L'appropriation privative » (*enclosures*) n'est qu'un aspect de la problématique: la nature du commun, sa substance, est également en jeu. Raison pour laquelle il est question de *bien* ou de *mal* commun, et pas seulement de « commun ». L'enjeu de la sobriété est celui du contrôle de l'historicité, au-delà des questions de souveraineté,

c'est-à-dire de contrôle des réseaux – non seulement savoir qui a le pouvoir sur eux, mais aussi décider de leur forme matérielle (développer ou non la 5G, par exemple), pour autant que les deux soient dissociables, dès lors qu'il est question de contrôle de l'historicité.

Chapitre 1

Numérique et modes de vie: définitions

QU'EST-CE QUE LE NUMÉRIQUE? Donnons quelques points de repère afin de savoir de quoi nous parlons. Sans trop entrer dans les détails, retenons que les machines numériques utilisent des différences produites électriquement (électroniquement) dans la matière pour en tirer une opposition nette, dite «binaire», entre deux états (soit «0», soit «1»), dont le changement ordonné permet d'automatiser la réalisation d'instructions de calcul¹. Celles-ci sont ce qu'on appelle les algorithmes: une suite d'opérations réalisées dans le but de résoudre un problème². Norbert Wiener souligne l'intérêt spécifique de la machine fonctionnant par «tout ou rien»: la netteté de la décision entre «oui» et «non»; l'analogique, quant à lui, génère des nuances souvent sujettes à interprétation, engendrant ainsi du «bruit».

Au-delà de ce principe technique, le numérique désigne fréquemment la convergence de trois secteurs principaux, survenue entre la publication du rapport Nora-Minc en 1979 et la crise bancaire et financière de 2008, symboliquement: l'informatique, les télécommunications et l'audiovisuel. Cette analyse est confortée par les discours sur la société de l'information, les autoroutes de l'information et les sommets mondiaux attenants, dans les années 1990 et 2000. De nombreux auteurs, comme le sociologue Dominique Boullier³, font une analogie entre Internet et l'imprimerie⁴, à la suite des

travaux de l'historienne Elizabeth Eisenstein⁵, influencée par le théoricien de la communication Marshall McLuhan⁶ (lui-même influencé par l'économiste canadien Harold Innis⁷). Or le numérique, c'est aussi la commande, comme le soulignait déjà Norbert Wiener en 1947⁸. C'est ce qui permet aux sociétés industrielles de *fonctionner*, c'est-à-dire de (se) *programmer*, et pas seulement de *s'informer*. Le numérique est le cœur mécanique de cette troisième révolution industrielle évoquée dans les travaux du sociologue Manuel Castells⁹, avec des innovations schumpétériennes «en grappe» qui se diffractent dans tous les secteurs. Le dernier rapport de la Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement¹⁰ (CNUCED) reprend ces conclusions. Rapprocher le numérique de l'information, au sens cognitif du terme, c'est avoir en tête le Web¹¹, plus que l'Internet. Car Internet, c'est d'abord une nouvelle forme de circulation de l'information, «par paquets¹²» – à l'image des colis postaux. C'est un puissant outil de programmation du monde.

Le numérique possède enfin une dernière caractéristique: la rétroaction (*feed-back*). Les machines dites «à architecture de von Neumann» disposent en effet d'un calculateur binaire (le processeur) et d'une mémoire, dans laquelle se trouve le programme. Avec cette propriété décisive: le résultat du calcul peut changer le programme, qui, dès lors, donne un autre calcul, et ainsi de suite. Les calculateurs antérieurs étaient à programme externe (bandes magnétiques ou fiches papier), ce qui interdisait que les résultats des opérations aient un effet sur le programme: pas de *feed-back*, pas de «cybernétique». Le numérique et les mémoires «digitales» ont changé la donne. Celles-ci «apprennent», dans une certaine mesure, de leurs résultats. Ce fait troublant conduit Wiener à faire le parallèle avec les opérations du cerveau, dès les années 1960¹³. Par conséquent, non seulement le numérique commande, mais il régule, de manière évolutive, les choses, les comportements et les organisations. Il insère des procédures dans

leur fonctionnement, qui ne sont pas simplement répétitives, même si elles ne sont pas intelligentes au point d'être capables de juger d'un sens ou d'une priorité éthique ou politique.

Le smartphone illustre ce constat. En tant que nouvel espace public, *via* WhatsApp, TikTok ou Google, il reconfigure les rencontres possibles, voire les suggère, en proposant des «amis» à ses utilisateurs. Le faible coût d'acheminement de l'information étend considérablement la portée des réseaux, permettant aux membres des diasporas de se retrouver mais aussi aux *blockbusters* ou aux grands événements sportifs d'être regardés jusque dans les régions les plus isolées du globe¹⁴. Mais le smartphone, c'est aussi la commande, avec ses implications physiques et logistiques: 1,5 milliard d'unités sont vendues chaque année, ce qui représente une masse de 30000 tonnes (à raison de 200 grammes l'unité), soit 30 fois le poids de la tour Eiffel. Est-ce peu ou beaucoup? Peu, dans l'absolu: le commerce mondial de pondéreux s'élève à environ 13 milliards de tonnes, sachant que ce chiffre masque des différences importantes entre régions: un Américain en consomme 30 tonnes par an, un Européen 20 et un Africain 3 en moyenne¹⁵. Les smartphones ne représentent donc que 0,0002% du flux total, autant dire rien. Mais tout peut être commandé ou presque depuis ce petit appareil: vêtements, musique, devis en tout genre, nourriture, et même bientôt les voitures dites «autonomes». C'est dire, d'emblée, si le petit appareil est potentiellement puissant. Grâce à lui, on se prendrait presque pour Dieu le père. Face à un tel pouvoir, la sidération l'emporte souvent sur toute autre considération. Jamais la portée de nos actions n'a été aussi grande. Et cela, alors même que nous avons beaucoup de mal à assumer les responsabilités qui vont avec, à rebours des thèses largement diffusées de Hans Jonas, dont l'éthique technologique appelait justement à ne pas s'engager dans des actions aux implications trop lointaines pour être contrôlables¹⁶. Sans nous en rendre compte, et donc sans l'anticiper (ou pas assez), un choix

collectif décisif a été fait en matière de structuration du monde – c'est-à-dire de structuration collective de l'action.

Comment saisir ces enjeux? Nous emprunterons notre cadre théorique à James C. Scott, qui évoque les *schèmes étatiques*, les catégories générales grâce auxquelles l'État construit son action¹⁷. Ils se donnent dans les déclarations publiques, dans la langue nationale mais aussi dans les statistiques et rapports officiels, puisque «la statistique est, comme le montre l'étymologie, associée à la construction de l'État, à son unification, à son administration¹⁸». Les rapports du Crédoc nous offrent en effet un moyen de voir l'ADSL «arriver», le micro-ordinateur «se diffuser», l'Internet «émerger», le smartphone «s'imposer», de manière différenciée, notamment en fonction des catégories socio-professionnelles. Sans ces schèmes étatiques, nous n'appréhenderions que ce qui est directement accessible à nos sens, nous serions incapables de saisir le phénomène numérique dans son ampleur. Nous aurons aussi recours au concept scottien de «texte public»: il désigne la structure par laquelle passe l'interaction communicationnelle entre dominants et dominés¹⁹. Ce texte impose aux dominés le respect d'un ordre, par des moyens symboliques. La force peut ponctuellement s'ajouter, mais le but est d'abord d'en faire l'économie. Le texte définit une structure d'attente et de responsabilités; il situe la place de chacun dans le fonctionnement commun. Il justifie l'ordre établi, est fait pour impressionner, euphémiser et «dissimuler le linge sale du pouvoir²⁰». Les dominants incarnent ce texte, que les dominés ne contestent pas toujours de manière ouverte, ou s'ils le font, c'est sans forcément réussir à lui opposer un texte alternatif cohérent²¹; les dominés utilisent toutefois les interstices du texte public pour déployer des formes de résistance à basse intensité. C'est de ce concept de texte public que la sociologue Michelle Dobré tire son concept de «résistance ordinaire», dans ses analyses de la consommation engagée²². Sous cet angle, le Crédoc apparaît comme une agence marketing au

service de l'État: il cherche à connaître les populations pour leur faire adopter le numérique – pour leur bien.

Nous avons par ailleurs évoqué les modes de vie. Il convient de les définir de façon plus précise. Quatre distinctions sont importantes, tirées notamment des travaux du sociologue Salvador Juan²³:

- Le mode de vie désigne cette part de nos pratiques qui est fortement standardisée, répétitive, descriptible, formant une structure, que l'on met à jour en ayant recours aux statistiques ou aux grandes enquêtes telles que celle du Crédoc. Le mode de vie est à situer dans un rapport à la position sociale de l'individu, de manière dynamique. Il finit par caractériser un individu type, que chacun pense pouvoir reconnaître dans son quotidien, et qui peut donner naissance à des stéréotypes, à différents niveaux de généralité («le jeune cadre dynamique», «le professeur», «le Gaulois réfractaire», «le bobo», etc.). La régularité ou l'irrégularité de la pratique, et donc de l'usage, témoignent du sens d'un mode de vie²⁴, de sa direction, de sa signification, pour les individus eux-mêmes (dignité, réussite) mais aussi pour les autres (distinction sociale et stratification).
- Le style de vie désigne au contraire les variations individuelles, comme l'usage personnalisé de l'automobile. Il s'agit d'une petite variation très locale dans un mode de vie, qui comprend diverses activités répétitives et standardisées qui ont toutes recours à l'objet motorisé évoqué: s'instruire (à ma façon), s'alimenter (suivant mes goûts), se détendre, travailler, etc.
- le genre de vie désigne des pratiques collectives qui, minoritaires, échappent aux normes majoritairement établies. Il se distingue du style de vie par son engagement (le style est une variation individuelle dans le cadre des normes majoritaires) et par sa structuration collective (comme «manger bio», «rouler en vélo», etc., mais aussi

«adopter le smartphone»). Le genre de vie est un mode de vie minoritaire qui souhaite changer le mode de vie majoritaire.

- Enfin, la notion de «système» permet de poser la question du système dans lequel nous sommes (productiviste, capitaliste, etc.) et des autres (socialiste, communiste, précapitaliste, etc.).

Ces distinctions incitent à dépasser le sempiternel débat entre «petit geste» et «révolution» autour des modes de vie. D'abord, parce qu'un «petit geste», au sens de la «consommation engagée», n'en est pas un, à l'examen. C'est un genre de vie, collectif, que l'on peut comprendre comme se référant à des (biens) communs naissants, selon la terminologie du philosophe Pierre Dardot et du sociologue Christian Laval: (bien) commun climatique, démocratique, familial, etc. Pour simplifier, l'individu qui ferme le robinet en se lavant les dents est celui qui se rend dans les Biocoop ou les Amap, et qui signe des pétitions²⁵. Les petits gestes masquent des genres de vie, une militance du quotidien qui ne prend que partiellement, sur le temps restant, la forme de «mouvements sociaux» –parce qu'il faut vivre aussi. Ensuite, parce que l'histoire montre que la prise du pouvoir étatique ne débouche pas directement sur une maîtrise du «système» ou des modes de vie: en ignorant cela, les révolutions échouent²⁶. Quand un genre de vie prend le pouvoir (sous-entendu: l'État), il a encore la majorité à convaincre et la réalité matérielle à transformer. Comme l'objectaient les économistes Christian Baudelot, Jacques Toiser et Roger Establet, à la veille de la prise du pouvoir socialiste en France, on ne transforme pas du jour au lendemain une industrie du luxe en industrie des nécessités²⁷. «L'État» qui est à «prendre», dans ces conditions, ne désigne pas l'administration centrale ou le gouvernement, mais l'ensemble de l'organisation sociale: ce sont les modes de vie. L'hypothèse sous-jacente à ce travail est donc que les genres de vie et que les révolutions cherchent en réalité à avoir prise –par en haut ou par en bas– sur les modes

de vie, qui sont de nature mésosociologique. D'où l'importance du concept d'architecture de choix, que l'on retrouve tant dans les rapports du Shift Project que dans le programme du Green New Deal de la Commission européenne ou dans les socialismes conseillistes, certes avec un autre vocabulaire. Configurer les architectures de choix est le but de tous les acteurs, car ce sont eux qui structurent les décisions quotidiennes et les modes de vie. L'enjeu de la sobriété peut ainsi être réinterprété comme une tentative de prise de contrôle des modes de vie et de leur historicité: leur avenir, mais aussi leur passé et leur trajectoire concrète.

Chapitre 2

Le smartphone comme mode de vie

ON NE PEUT PAS, comme l'a fait Andreas Malm en pleine crise des Gilets jaunes, déclarer simplement que la solution est de décréter l'électrification de tout ce qui peut l'être, pour sortir des énergies fossiles, comme si une politique pouvait unilatéralement être décidée par une élite militante, une avant-garde supposément éclairée, aux mains d'un État démiurge qui ferait le bien des individus sans les impliquer¹. Les Gilets jaunes eux-mêmes ont pointé les limites de l'électrification. On ne peut pas non plus se contenter de renvoyer le changement de modes de vie aux «petits gestes», tels que nettoyer sa boîte mail ou éviter de regarder les vidéos 4K, ni accorder de crédit au face-à-face mythologique proposé par l'économie néoclassique: un «consommateur vert» qui rencontrerait une «offre verte». Quelque chose doit être pensé entre les deux, qui soit ancré dans le réel des libertés. Ce sont les modes de vie. Cet entre-deux est l'objet d'étude privilégié du Crédoc, dont la neutralité n'est qu'apparente: véritable agence au service de l'action de l'État, il joue un rôle clé dans la production des connaissances qui sont nécessaires pour qu'un décret ait des effets et ne reste pas lettre morte. Alors que les déclarations de Malm risquent fort de ne pas rencontrer de demande sociale, faute de connaissance fine des attentes, les institutions comme le Crédoc, qui s'appuient sur la statistique d'État, permettent de faire en sorte que les «schèmes

étatiques» (Scott) soient effectifs. Le modèle implicite du Crédoc comporte trois grandes catégories d'acteurs: les vendeurs et leurs produits; les usages qui sont faits de ces derniers par les «consommateurs», en matière de modes de vie; et les implications plus globales sur la «société de l'information» et sa régulation, qui relèvent du rôle de l'État, lequel se présente donc implicitement en position de synthèse –qu'incarne le point de vue du Crédoc. Les schèmes étatiques ne sont disponibles ni dans l'esprit génial des avant-gardes ni dans le «ciel des idées». Ils sont coconstruits et négociés. Ce qui ne veut pas dire qu'ils sont démocratiquement décidés. Ils peuvent dériver d'une gestion des foules à leur insu, une sorte de biopolitique foucaldienne influant précisément sur ces architectures de choix quotidiennes, matérielles et cognitives, afin de guider les individus dans «la bonne direction». C'est le rôle du «texte public», autant que des infrastructures.

Illustrons cet enjeu en nous attardant sur un objet devenu particulièrement central: le smartphone. Mis en cause en raison de la consommation qu'il génère dans les serveurs, *via* le visionnage de vidéos, l'utilisateur le consulte plus de 200 fois par jour, si l'on en croit certaines études². La présence sur WhatsApp, Facebook ou LinkedIn n'est plus une simple option pour nombre de nos contemporains. Dominique Pasquier explique dans le détail comment les classes populaires doivent composer avec cet encombrant appareil³, qui est même le lieu d'addictions. Ne pas en disposer au quotidien est stigmatisant, ce qui atteste des dimensions collectives de la consommation de biens réputés «privés». Le Crédoc estime en 2019 que la société française a atteint une «maturité numérique». «Le smartphone s'impose»: 77% des Français en possèdent un; 51 millions de personnes dans notre pays pianotent donc régulièrement sur la face avant de cet appareil, avec une gestuelle similaire et répétitive. L'usage est intense: 94% s'en servent tous les jours, contre 23% des propriétaires de téléphone fixe. Ce dernier reste présent dans les foyers (80%), mais son usage

est devenu épisodique. Le smartphone est également l'accès privilégié à Internet: 51% des cas de connexion, y compris à domicile. L'ordinateur ne représente que 31%. Internet est aussi devenu un lieu d'information plus fiable: les rédactions classiques sont passées sur le Web, auquel elles apportent une garantie. Le numérique s'installe dans tous les usages de la communication: voix, son, image; cercle d'amis, familial, échanges professionnels, rencontres amoureuses. Les Français ont appris: 80% se disent désormais à l'aise sur le Web, chiffre qui n'a cessé de progresser au cours de ces dernières années. Pour le Crédoc, le numérique s'est «imposé». De fait, l'accès à Internet est jugé «nécessaire» pour «se sentir intégré» par 68% de la population.

Comment le smartphone s'est-il «imposé»? Revenons en arrière, car le mouvement de digitalisation des modes de vie part de bien plus loin. Les modes de vie forment une cohérence dans lequel le smartphone n'est qu'un élément. L'appareil n'arrive pas sur un terrain vierge.

Dans les années 1980 et 1990, le numérique n'est présent dans les foyers que sous la forme de petites machines de loisir servant à une programmation sommaire et aux jeux. Les marques les plus connues sont Atari, Sinclair ou Commodore. Au tournant des années 2000, le Crédoc rend son premier rapport sur la digitalisation des modes de vie. Le «téléphone mobile» et le «micro-ordinateur» retiennent son attention. Alors que le téléphone fixe équipe 90% des foyers, le mobile voit son taux d'équipement quasiment doubler chaque année, entre 1997 et 2000. Le Crédoc y voit un progrès, sans éprouver le besoin de se justifier: plus de technologie, c'est forcément mieux. Les catégories qui plébiscitent l'objet sont les CSP+, mais aussi les jeunes, les étudiants, les ouvriers et les plus démunis, dans la mesure où il permet de se passer du téléphone fixe. Cependant, le Crédoc ne voit pas se produire de substitution totale, ni même majoritaire –elle ne touche que les faibles revenus, qui sont forcés de choisir. Le «micro-ordinateur»,

pour sa part, n'est présent que chez un tiers de la population. Il désigne une catégorie de machines qui s'appellent alors Apple iMac ou ThinkPad (IBM): des machines inspirées de modèles professionnels, onéreuses, avec un écran cathodique, un processeur Pentium II et un disque dur de 10 Go. Le Crédoc se demande comment l'objet peut «se diffuser». Les obstacles à son adoption sont, par ordre de priorité, l'utilité, le prix, la complication et la vitesse de connexion. La valeur d'usage perçue de la machine est incertaine et vacillante. Elle coûte 10000 francs, soit l'équivalent d'un mois et demi de Smic⁴, se démode «extrêmement vite et n'a qu'une faible valeur de revente⁵»: «Pour les ménages les plus démunis, l'achat d'un micro-ordinateur n'a, pour ainsi dire, aucun sens⁶.» L'objet reste donc l'apanage des cadres, même si, pour le Crédoc, il a «conquis les cœurs»: l'envie serait là. Un levier important de diffusion est l'entreprise. En effet, neuf cadres supérieurs sur dix sont pourvus de micro-ordinateurs au travail, ce qui illustre bien l'origine étymologique de l'ordinateur: «qui ordonne, dispose, met en ordre⁷». En prenant l'habitude dans leur milieu professionnel, les cadres favorisent l'adoption de la machine à domicile. Elle pêche néanmoins par son manque de contenus. Comme beaucoup d'autres à l'époque, le Crédoc voit la solution dans le «multimédia»: le micro-ordinateur serait virtuellement une nouvelle télévision, une nouvelle manière d'écouter de la musique, de lire des textes. Cette vision est dominante à l'époque et draine les investissements. Elle conduit le petit fournisseur d'accès Internet America On Line (AOL) à racheter le colosse de la production de contenus, Time Warner, en 2000, pour la somme astronomique de 350 milliards de dollars, soit la fusion la plus importante jamais réalisée à cette date. L'entrepreneur français Jean-Marie Messier cherche à faire de même avec Vivendi, avec moins de succès. La finance et l'industrie sont convaincues que l'avenir réside dans les «portails» généralistes, fournisseurs de contenus. L'enjeu de l'accès à l'écran est stratégique. Mais comment faire? Les

réseaux sont lents. Le CD-ROM et Internet sont donc «vitaux» pour faire «sortir [le PC] de sa léthargie» (Crédoc). Mais ils sont peu pratiques. «Heureusement», la «courbe de diffusion» d'Internet suit «une pente exponentielle»: 14% des Français sont connectés à leur domicile et 8% envisagent de l'être dans les six prochains mois; «les cadres supérieurs sont nettement en avance⁸». Un autre obstacle est le coût. En Espagne, en 2001, une offre ADSL illimitée au débit maximal de 2 Mb est proposée pour la modique somme de 300€ par mois. Les prix doivent baisser. La dérégulation enclenchée le 1^{er} janvier 1998 doit y pourvoir⁹. Free est créé en 1999 et casse rapidement les prix. Du côté de l'équipement, les constructeurs suivent la même tendance. Le Crédoc pointe d'autres obstacles sur la route de l'équipement de masse: la complexité et l'ergonomie, deux facteurs clés de l'«acceptabilité¹⁰». Sans amélioration, avertit le Crédoc, l'objet restera confiné à la minorité ayant une attitude favorable aux nouvelles technologies et, «par-dessus tout», «une certaine confiance dans le progrès technique». Le schéma est classique: l'historien Guillaume Carnino montre combien cette minorité technophile n'a cessé d'être choyée au cours des dernières décennies¹¹. Car, pour le Crédoc, il y a urgence: la France est largement sous-équipée par rapport à d'autres pays industrialisés. En même temps, le Centre se veut rassurant: «Il est probable que les consommateurs français suivront leurs homologues, avec quelques années de décalage, comme c'est déjà le cas pour le téléphone mobile. En vérité, rien n'indique qu'ils pourraient adopter des comportements de consommation radicalement différents.» Cette sentence aux accents de «*there is no alternative*» contraste quelque peu avec l'affirmation d'une augmentation de la liberté de choix, grâce notamment à la concurrence. «Pas d'alternative»? En est-on si certain? La bulle «Internet» ne vient-elle pas d'éclater, confirmant l'aveuglement de la finance¹²? Le Crédoc y voit un simple décalage entre les anticipations des investisseurs et la réalité économique, qui évolue de manière

«beaucoup moins volatile¹³». Et, en effet, la courbe de «pénétration» du téléphone et du «micro-ordinateur» est d'une régularité totale au cours de l'année 2000, comme si les soubresauts de la Bourse n'avaient aucune prise sur l'évolution des modes de vie.

En 2010 les portails tant convoités (Yahoo, etc.) se sont effondrés et, avec eux, l'idée réductrice suivant laquelle tout le contenu devrait passer par la seule fenêtre du micro-ordinateur¹⁴. Time Warner a repris son indépendance par rapport à AOL, qui ferme définitivement ses portes en 2015. Mais la bataille continue de faire rage pour le contrôle des deux fenêtres qui captent l'attention des individus dans les foyers: la télévision et l'ordinateur. De nouvelles possibilités s'ouvrent: antenne, TNT, ADSL, satellite, câble ou réseaux radio, les canaux sont désormais nombreux. La *box* contourne les réseaux hertziens contrôlés par les grandes chaînes de télévision et connaît une croissance rapide: le taux d'équipement passe de 7% en 2005 à 54% en 2010. Jeremy Rifkin triomphe avec son livre *L'Âge de l'accès*¹⁵. Le Crédoc s'inquiète d'une scission scopique: faut-il craindre une «guerre des écrans»? Une «explosion des familles»? Les «précurseurs» sont à nouveau les plus diplômés, les cadres, les professions intellectuelles supérieures et les jeunes; mais aussi les ouvriers, séduits par les prix bas. L'ADSL est en voie de généralisation, même si le débit est toujours jugé insatisfaisant. Le fait est qu'entre-temps le «besoin» de trafic a fortement augmenté. Alors que le mobile ne capte pas plus de 4% du marché de la vidéo, c'est l'usage anticipé à juste titre par le Crédoc, bien que le concept de «smartphone» soit encore absent du rapport 2010. L'iPhone, commercialisé en 2007, est perçu comme un stock d'applications: il ne fait encore ni vidéo ni photo. Son avenir n'a rien d'évident, d'ailleurs le Crédoc n'en parle pas avant 2011. C'est le SMS qui tient la vedette, alors qu'il a été inventé en 1992 pour le réseau GSM («2G»). L'e-mail est devenu banal. Le rôle «prescripteur» des enfants est massivement sollicité.

30% de la population résiste encore: Internet ne les intéresse pas (53%). Pour le Crédoc, il ne fait pas de doute que ce jugement finira par changer. De nouveaux usages se sont installés, les technologies ont évolué, les réseaux se sont déployés sous l'effort conjoint des entreprises, de l'État et des minorités actives pro-numériques. Activité entièrement absente en 2001, 19 millions de personnes ont rejoint un «réseau social virtuel», *via* leur ordinateur; on compte 8 usagers sur 10 chez les 12-25 ans. MySpace et Facebook sont les réseaux qui sortent du lot. Le premier permet à de nombreux artistes de se lancer dans le domaine musical en contournant les «majors». Conformément à la sociologie des usagers de l'ordinateur, les ouvriers sont peu présents sur ces réseaux; la «blogosphère» qui bat son plein (avec 7 millions de bloggers) les concerne peu. Les usagers découvrent aussi que, sur ce nouveau média, leurs traces peuvent rester longtemps: 91% des Français soutiennent un droit à l'oubli.

L'ampleur prise par le numérique se traduit par le nombre de personnes dont le Crédoc a besoin pour traiter le sujet: 15 personnes en 2019 contre 2 en 2001. Les enjeux sont désormais les équipements (téléphones, tablettes, ordinateurs, etc.) et les connexions (Bluetooth, Wi-Fi, etc.); les usages numériques (Internet, le téléphone mobile et la vidéo – preuve que ce trio reste central); et les implications du numérique sur la vie en société. Autant de dimensions qui reflètent le caractère «pervasif¹⁶» du numérique: une expansion envahissante, continue, potentiellement totale. Le smartphone, qui n'était même pas évoqué par le Crédoc en 2010, consolide en 2019 «sa position d'équipement de référence¹⁷». La captation de l'audience ne passe donc plus exclusivement par le PC et la télévision. Le smartphone cannibalise même légèrement le PC, dont le taux d'équipement baisse, même si un ordinateur performant coûte désormais moins de 500€, voire moins de 300€: son coût relatif a été divisé par cinq ou dix. Le smartphone est compatible avec toutes les formes

de connexion –Wi-Fi, 3G, 4G, Bluetooth, etc.–, qui finissent par n'en faire qu'une, permanente. Il a l'avantage d'être transportable. La tablette, qui vient d'arriver, est déjà passée de mode. Encombrante, elle fait souvent doublon, soit avec le PC, soit avec le smartphone. Mais les innovations se succèdent à rythme élevé, en matière de taille des écrans, avec plus ou moins de succès, ayant cet effet global d'allonger sans cesse le temps passé à les regarder. Les Français passent 18 heures par semaine sur le Web, 5 de plus qu'en 2012, soit presque autant que devant la télévision (20 heures). La bataille des portails continue de faire rage, sous d'autres formes, *via* les fournisseurs de SVOD (vidéo à la demande par abonnement) tels que Netflix, OCS (*Game of Thrones*) ou CanalPlay: la part de la population abonnée passe de 20% (2016) à 36% (2019). Ces plates-formes existent parfois depuis des années (Netflix a commencé par la location de cassettes VHS), mais elles rencontrent un intérêt grandissant, en parvenant directement sur les écrans grâce aux *box*. N'ayant pas réussi à sortir de «nouveau iPhone», Apple s'engage dans la vidéo et les jeux à partir de l'expérience d'iTunes: Apple TV et AppleArcade. Ce sont désormais des dizaines ou des centaines de canaux qui sont offerts, à l'américaine. Internet propose une très grande diversité de contenus à un débit suffisant. L'Internet, c'est aussi la commande: 60% de la population a effectué un achat en ligne. Le «frein» lié à la confiance dans les transactions en ligne, repéré par le Crédoc, a volontairement été levé en 2017 par les entreprises et par les instances régulatrices: les banques sont obligées de rembourser les transactions frauduleuses¹⁸. La déclaration de revenus se fait désormais majoritairement sur Internet. Service-public.fr reçoit 700000 visiteurs par jour¹⁹. Les réseaux sociaux sont toujours attractifs, mais leur usage s'accompagne d'une certaine défiance. La part de la population qui juge qu'avoir accès à Internet est important pour se sentir intégré à la société est en hausse continue: de 54% en 2009, elle est passée à 68% aujourd'hui.

Les salons et les foires ont toujours eu un rôle important dans ce que le Crédoc appelle la «diffusion» des objets techniques –cela alors que «diffusion» est un terme inadéquat, dans la mesure où il laisse penser que c'est un même objet qui est petit à petit adopté, alors qu'il s'agit d'objets d'une même classe, avec de fortes différenciations suivant les publics, à l'image des multiples modèles de smartphones. Le premier Salon des arts ménagers, organisé à Paris en 1923, expose les toutes premières machines domestiques²⁰; le dernier se tient en 1983, quand tous les ménages sont équipés²¹. Le cycle est similaire pour le numérique, à l'image du Salon de l'électronique de consommation (Consumer Electronics Show – CES), qui ouvre ses portes dans les années 1960 et se trouve aujourd'hui en difficulté, en termes de fréquentation, les ménages étant largement équipés. Le grand salon de Las Vegas, né en 1967, s'essouffle. Le budget des consommateurs n'augmente plus, ou plus autant qu'avant. C'est du côté des entreprises que le salon cherche des relais, avec la voiture autonome, la 5G, l'«intelligence artificielle».

Au travers des rapports détaillés réalisés par le consultant *free-lance* Olivier Ezratty²², on voit que l'iPhone n'est pas réellement compris à sa sortie, au CES de 2007; pourtant, au même moment, le «boîtier idéal» est dans les esprits des spécialistes: il lit tout, accède à tous les réseaux, à tous les programmes; il permet de naviguer aisément et de stocker à volonté. Ce qui explique en partie ce décalage est que l'iPhone est loin de ces capacités, au départ. Peu parviennent à voir son potentiel. Un autre appareil aurait pu incarner l'idéal de disponibilité multimédia continue et universelle. En 2007, nul ne semble voir non plus que le smartphone peut bouleverser le marché de la photo numérique. Ezratty le juge stable, tout comme celui de l'audio. Tous deux seront pourtant anéantis en quelques années, lorsque le smartphone se dotera de capteurs optiques et que la musique basculera en ligne. Les salons sont des lieux où l'on teste de nouveaux produits auprès du public,

mais aussi où l'on cherche à épater le chaland, à l'instar de Samsung avec ses écrans OLED toujours plus grands et toujours moins chers. Certaines inventions reviennent encore et encore, sans trouver de débouchés: la domotique, le cinéma olfactif²³, le robot Asimo de Honda. Il se trouve toujours des partisans enthousiastes pour les voir incarner un avenir qui ne vient jamais. Au CES, la «greentech» va et vient en fonction de l'actualité, mais est toujours réduite à la portion congrue, de l'ordre du gadget. Motorola présente par exemple un vélo capable de recharger ses téléphones. Les salons reflètent aussi les crises économiques (notamment celle de 2008) ainsi que les modes: pour un temps, tous les constructeurs misent sur la télévision connectée, qui remplacerait l'ordinateur. Sans succès. Les paris technologiques ne sont pas toujours gagnants, comme Panasonic qui s'entête dans le plasma, alors que le LCD rafle la mise; ou encore comme le Wimax, qui paraît un temps l'emporter sur la 4G. Un marché décolle? Tous se précipitent, de peur de rater le train. Mais celui-ci ne mène parfois nulle part, à l'image du livre numérique. Rater le train, cependant, c'est risquer de déposer le bilan. Nokia en a fait les frais en ne réussissant pas à se positionner sur le marché du smartphone. Les entreprises en position de quasi-monopole peuvent sortir de mauvais produits sans être inquiétées, ainsi Microsoft Vista en 2007.

Que faut-il retenir de tout cela? Que nul ne contrôle les modes de vie comme on rédige un décret. Un produit proposé par une entreprise, un État ou un parti politique ne suscite pas immédiatement l'intérêt. Il ne devient pas d'emblée un mode de vie. L'«offre» et la «demande» ne sont pas simultanées: il existe un décalage temporel pouvant durer des décennies et se traduisant concrètement par de très nombreux essais de part et d'autre, qui ne sont jamais tout à fait sans conséquences. Côté offre, de nouveaux produits sont proposés; côté demande, de nouveaux usages ou «détournements» sont imaginés, que les fabricants essaient de percevoir et d'industrialiser.

Le changement de mode de vie repose sur des minorités qui incarnent un genre de vie, lequel ne se réduit pas à un achat ou à des petits gestes mais à une influence sur les architectures de choix. D'où le rôle de la littérature spécialisée (*Le Monde informatique*, etc.) ou des leaders d'opinion (Linus Torvalds, Bill Gates, etc.). Les niches telles que les entreprises, les catégories socioprofessionnelles supérieures ou les bas revenus peuvent constituer un levier utile pour un genre de vie dans sa phase ascendante. D'une part, parce que les riches peuvent cumuler les achats et les envies, faire preuve de curiosité, tester les dernières nouveautés; d'autre part, parce que les pauvres doivent choisir les techniques les plus économes s'ils veulent parvenir à suivre l'élévation constante de ce que l'on appelle la «norme de consommation²⁴». Pour diffuser la technologie, les «geeks» sont essentiels: Apple dépense des dizaines de millions pour les choyer. L'«évangélisme technologique» est même un profil de poste qui existe réellement dans ces entreprises²⁵. Quand un produit est trop innovant, il est incompréhensible, illisible. C'est le cas de l'iPhone à sa sortie, dont les observateurs cherchent jusqu'au nom que l'on peut lui donner, la catégorie dans laquelle on peut le ranger. Il prend en défaut le «texte public» (Scott) disponible. Il ne sert pour ainsi dire à rien, très peu de temps avant de servir à tout. L'innovation est le plus souvent incrémentale: elle vient se loger dans les usages et catégories existants, qu'elle propose de faire évoluer sans heurts, progressivement. L'argument le plus courant est que «c'est pratique», ce qui désigne en général un gain de temps ou d'argent. Des relais indirects dans les usages sont recherchés par les entrepreneurs. Le jeu vidéo est perçu comme un moyen d'acclimater les foyers à un nouveau type de machine, ce qui ouvre la voie à d'autres évolutions. Les termes utilisés par le Crédoc (le «*personal computer*») indiquent que le discours public se cherche tout autant que l'objet et ses usages, avant de se stabiliser, c'est-à-dire de s'institutionnaliser, de se sérialiser –de devenir un mode de vie. Aucune «avant-garde»

ne pourrait donc détenir la vérité en la matière, que l'État pourrait mettre en œuvre. À l'opposé, le «marché» n'est en rien cette confrontation atomisée entre l'offre et la demande, théorisée par les économistes néoclassiques: c'est l'affrontement de réseaux sociotechniques, de genres de vie qui sont aussi politiques que techniques.

Quelle est la liberté du consommateur? Quelle prise le citoyen a-t-il sur son mode de vie? La position du Crédoc est très ambiguë: il fait de la concurrence la garantie de cette liberté, mais ne s'émeut guère et passe à autre chose quand le pluralisme disparaît au profit de la standardisation. Il célèbre la diversité des fournisseurs d'accès à Internet, avant de trouver raisonnable le fait qu'elle cède la place à un oligopole de quatre opérateurs (Orange, Bouygues, Free et SFR). Il met en cause le très petit nombre de systèmes d'exploitation sur smartphone (Apple ou Android), mais il ne s'est jamais offusqué du quasi-monopole de Microsoft sur les PC, ni de l'omniprésence de Gmail. Il ne s'est jamais intéressé aux services alternatifs tels que Framasoft. Et ainsi de suite. La «liberté» qu'il invoque semble extrêmement sélective et dépendante de considérations relatives à l'intérêt de l'État et de ses industries, plus que de celui des consommateurs ou de la planète. La concurrence semble en réalité avoir une tout autre vertu que celle de la diversité: elle est activée pour réduire les coûts d'un bien ou service donné et pour équiper rapidement les territoires de manière décentralisée –même si les zones les moins densément peuplées de clients restent à la charge des pouvoirs publics. L'État «néolibéral» n'est pas seulement un mode de gestion des rapports humains²⁶: c'est une structuration matérielle de l'espace, dont rien n'indique clairement qu'elle aurait été mieux réalisée par cette institution centralisée qu'est l'État –si «mieux» signifie atteindre plus efficacement les mêmes buts. Le rôle du consommateur semble se borner à catalyser ce «progrès» qui prend la forme d'une infrastructure et d'un macrosystème technique, et qui

dote le pays entier de caractéristiques particulières, «compétitives» –car, «en vérité, rien n'indique qu'ils pourraient adopter des comportements de consommation radicalement différents». Le Crédoc joue le rôle d'une agence marketing, aidant les dirigeants à guider les masses vers le Progrès, leur indiquant avec précision quels sont les obstacles à la généralisation des modes de vie identifiés comme désirables, avant même que les usagers ne les ressentent comme tels. Le foyer familial, loin d'être un lieu privé, secret, est ausculté de manière très intrusive, au nom des progrès de l'économie et de la productivité. Car de la «guerre des écrans» au sein des familles dépend l'existence de pans industriels entiers. Va-t-on vers le multi-équipement? La télévision va-t-elle disparaître? Quel est le rôle prescripteur des enfants? Comment l'utiliser? Le Crédoc ne doute pas de la direction de l'historicité: numériser les foyers est une nécessité, une mission, un destin. Le cap est fixé; le rôle des entreprises consiste à rivaliser d'ingéniosité pour capter l'attention des consommateurs uniformisés, au plus près, sur le terrain. Les «précurseurs» (par exemple, les enfants ou la «fan-base» d'Apple) sont des chevaux de Troie pour atteindre les populations peu intéressées, qui pourront toujours être stigmatisées ou considérées comme des victimes de la «fracture numérique».

En 2019, le Crédoc et Olivier Ezzratty se montrent tous les deux moins assurés. Pour la première fois, le Crédoc consacre une rubrique à «l'environnement». Il fait état d'un «renversement de l'opinion»: si, en 2008, 53% des Français voyaient les ordinateurs et Internet comme une chance pour l'environnement (ce qui était déjà bien peu!), ils ne sont plus que 38% à présent. 45% des Français se disent trop peu informés sur les dimensions environnementales du numérique; 69% d'entre eux sont prêts à changer leurs pratiques, sans que ne soit précisé ce que cela peut bien vouloir dire. Changer oui, mais comment, puisque le numérique s'est «imposé»? Le rapport n'en dit rien. Pour Ezzratty, qui a pris le tournant de l'Anthropocène,

le Consumer Electronics Show de Las Vegas, symbole de la démesure avec ses gros 4 x 4 et sa débauche d'énergie, lui paraît désormais choquant. Il observe également la coexistence d'une industrie qui doute, en raison de son impact écologique, et d'une autre qui ne doute pas et qui pousse vers la 5G, la 8 K, l'intelligence artificielle ou encore la voiture autonome. Le milliardaire Elon Musk voit dans l'avenir des flottes de «robotaxis», qui ne semblent faire que répéter le même imaginaire depuis les œuvres d'anticipation d'Albert Robida (1848-1926)... et qui feront exploser la consommation d'énergie, en ouvrant de nouvelles voies de circulation. Ce sera un bon argument pour vendre ses réseaux de batteries.



La Sortie de l'opéra en l'an 2000 (vers 1882).
[Source: Albert Robida, lithographie, Washington, bibliothèque du Congrès]

En 2001, devant les obstacles à la numérisation, le Crédoc plaçait ses espoirs dans les «*digital natives*²⁷», misant sur la propension naïve des jeunes gens fascinés à évangéliser

le reste de la société. En 2020, la catégorie des «jeunes» désigne désormais un public plus inexpérimenté que celui des retraités, qui a appris à utiliser les outils numériques. La génération née en 2000 a le taux le plus élevé de jugement négatif sur le numérique: 19% contre 11% chez les 60 ans et plus. La positivité de l'opinion varie aussi en fonction du niveau de qualifications, avec 84% pour les cadres, 86% pour les indépendants, 53% pour les ouvriers, tombant à 24% pour les personnes au foyer. Les rapporteurs du Crédoc, qui ont changé de point de vue avec le temps, pensent maintenant voir émerger une polarisation des opinions des Français vis-à-vis de la «transition numérique»: 28% de la population ne se sent pas prête à accepter de nouveaux changements, tandis qu'une autre partie souhaite s'engager dans cette voie. Deux tiers des Français ne souhaitent pas utiliser d'objets connectés supplémentaires dans le futur, quels qu'ils soient. Les attitudes critiques ne sont donc plus considérées comme relevant du «préjugé», contrairement au rapport de 2001. En dix ans, la confiance dans le numérique, comme moteur de l'innovation et du développement social, «s'est érodée». Le Crédoc n'a plus le pied sur l'accélérateur ou, du moins, plus de manière aussi assurée. Y a-t-il de la place pour un autre avenir, alors?

Chapitre 3

La «digitalisation» du système productif

«Virtuellement dans tous les secteurs du monde des affaires, il y a une demande accrue de logiciels nouveaux, ou mis à jour, qui améliorent la productivité du travail ou l'expérience du consommateur¹.»

L'ÉVOLUTION DES MODES DE VIE ne peut pas être comprise sans évoquer ce qui se passe du côté des entreprises: c'est ce qui manque dans les rapports émis par le Shift Project. Et regarder au niveau du système («le capitalisme», «le productivisme») ne suffit pas non plus pour comprendre la transformation du quotidien. Un regard mésosociologique est requis, qui rende compte d'un jeu d'acteur. On peut alors constater que les trois secteurs évoqués dans le rapport Nora-Minc (télécommunications, audiovisuel et «télématique») ne correspondent pas tout à fait à ce qui s'est joué, dans la mesure où ils focalisent excessivement sur la dimension cognitive du numérique. Ce sont en réalité quatre secteurs qui étaient à la manœuvre: les télécommunications, l'audiovisuel, la télématique, certes, mais aussi et surtout l'industrie des logiciels et la logistique, qui constituent deux manières de programmer le monde.

L'ACCÉLÉRATION DES DÉBITS

Les télécoms représentent en France 5% du PIB (2018). Ce chiffre s'est stabilisé. La création de nouvelles infrastructures concentre en moyenne 10% des investissements de l'industrie: c'est particulièrement élevé, en comparaison avec d'autres secteurs, mais parfaitement compréhensible au vu de l'augmentation constante du «besoin» en débit, créé par les fournisseurs de services et les équipementiers. 90% des données transitent désormais par la 4G, mise en service en 2013 et sur le point de saturer, bien qu'elle puisse évoluer (4G+, etc.). La consommation moyenne de données mobiles par individu est passée de 1,9 Go par mois en 2016 à 8,3 Go en 2019 (4 fois plus en 3 ans!). Si l'on se place dans un scénario sans rupture dans les trajectoires existantes, la 5G est donc «inévitabile». La fibre se déploie au rythme de 25% par an; environ 9 millions de foyers sont raccordés aujourd'hui, contre quelques centaines de milliers en 2010². Alors qu'en 1997, Internet est perçu par l'Agence de régulation des télécommunications (ART) comme un usage émergent à encourager³, un foyer moyen consomme aujourd'hui 140 Go par mois. La tendance est toujours à la croissance, du fait de l'augmentation de la taille des fichiers, notamment vidéo. Mais le budget alloué par les ménages n'augmente plus, il diminue même en part relative: 1,9% des dépenses des ménages français en 2019, contre 2,9% en 2009. Les télécoms envisagent donc une croissance des usages professionnels: voiture autonome, intelligence artificielle ou Internet des objets. Le consommateur paiera encore à la fin, mais pas directement: le coût sera dispersé dans le prix des produits, ce qui le rendra moins sensible.

Du point de vue des télécoms, plus de débit est forcément synonyme de plus de progrès. Mais les moyens pour atteindre cet objectif ont changé, tant sur le plan technique qu'organisationnel. Le secteur est passé d'une situation de monopole public (les «Postes et télécommunications») à une situation de

«concurrence». D'après les rapports successifs des autorités, celle-ci a trois buts. L'enjeu est d'abord celui d'une internationalisation, c'est-à-dire d'une européanisation de la régulation et donc des entreprises. Autrement dit, France Télécom, devenu Orange, peut aller vendre ses services en Pologne. C'est un «relais de croissance» pour des entreprises dont le marché national est saturé, une occasion pour les pays de soutenir leurs champions nationaux, devenus transnationaux: c'est la «mondialisation» à proprement parler, la transnationalisation puis la globalisation des chaînes de valeur. La concurrence a aussi pour objectif de faire baisser les coûts: en 2001, un forfait de 20 heures d'accès à Internet coûtait entre 30€ et 40€; aujourd'hui, pour ce même prix, la connexion est illimitée. La concurrence permet enfin de déployer les réseaux et les services le plus rapidement possible et de façon décentralisée. Qu'il ne reste que quatre opérateurs à la fin n'est pas rédhibitoire, si entre-temps l'initiative a été «libérée» pour numériser la France en un temps record, bien plus rapide que ne pourrait le faire l'État napoléonien, en particulier au-delà des frontières. L'ART est parfaitement consciente des méthodes utilisées par les entreprises pour construire les usages: non pas la formation d'un choix conscient et éclairé sur les implications collectives et à long terme, mais des offres promotionnelles de communication gratuite et la subvention des terminaux vendus en «pack» (en fait, en *leasing*) qui totalisent entre 70 et 90% des ventes. L'ART est en phase avec les perceptions dominantes de l'époque (1997): l'ordinateur doit «se diffuser», il sera le point de passage de l'Internet, qui le rendra «multimédia».

L'Arcep succède à l'ART. Elle se présente comme une agence «impartiale». Elle évoque ses relations avec la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL), l'Autorité de la concurrence, le Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA) et l'Agence nationale des fréquences (ANFR). Elle se soucie des consommateurs, certes, mais à la manière du Crédoc: pour que le consommateur consomme ce qu'il doit consommer.

Dans cette perspective, elle n'a qu'un besoin très limité de la participation éclairée des consommateurs, des associations de consommateurs, ou des syndicats de travailleurs. Invitée dans un colloque sur la croissance, l'innovation et la régulation⁴, en 2011, l'association UFC-Que Choisir se montre très critique envers la politique de concurrence, jugée illisible et ne répondant pas aux besoins des consommateurs, notamment les plus modestes. Ses propos sont ignorés: la priorité est que le pays s'équipe en masse et au plus vite; il sera toujours temps d'aider les plus fragiles si nécessaire. Le ton du rapport de l'Arcep est celui de la «start-up nation», très éloigné de celui de l'État régulateur et garant du bien commun qui caractérisait les productions de l'ART. La méthode diffère, mais les objectifs sont sensiblement identiques: plus de connectivité, plus de vitesse, une lutte contre la fracture numérique qui se confond avec l'extension des marchés à tous les individus présents sur le territoire français et partout où les entreprises françaises peuvent se projeter. La numérisation est le nouvel Eldorado, la nouvelle frontière à repousser toujours plus loin.

Concurrence ou pas, l'État joue un rôle important, tant sur le plan organisationnel que technique ou financier. Qui déboursa les 20 milliards d'euros nécessaires à l'installation de la fibre? Aucun opérateur ne veut payer pour des câbles que tous ses concurrents pourront librement utiliser. L'État et les autorités publiques locales (telles que Pau ou Issy-les-Moulineaux) participent alors au financement, comme dans le cas des routes ou des chemins de fer. Leur rôle est crucial dans les zones à faible densité, ce qui s'explique par les principes de l'économie géographique⁵: les zones à densité élevée, en nombre d'abonnés par kilomètre de fibre installé, financent facilement l'infrastructure; les zones peu denses (appelées «dernier kilomètre») sont moins rentables, puisque les coûts kilométriques sont répartis sur un nombre plus limité d'utilisateurs. Des interventions publiques ou des alliances d'entreprises sont également nécessaires pour déployer les réseaux

internationaux tels que les câbles «dorsaux» sous-marins⁶, qui, réduisant les coûts, entraînent la disparition du paiement à la seconde. L'infrastructure renforce la compétitivité générale du pays et c'est l'un des arguments de vente majeurs du territoire pour attirer les investissements. Si l'Arcep est «impartiale», c'est en tant qu'elle apporte un égal soutien à tous les thuriféraires de la numérisation. C'est au regard de son «marché pertinent⁷» qu'elle est impartiale, pas dans la prise en compte de ses diverses implications locales et globales, à court et à long terme.

L'INFORMATIQUE, MOTEUR DE LA DIGITALISATION DE L'ÉCONOMIE

L'informatique consiste dans la rédaction des programmes numériques, c'est-à-dire des unités pourvues de *feed-back* jouant un rôle régulateur dans la logistique informationnelle et, par suite, générale. Elle traite aussi bien du *hardware* que du *software*, puisque l'un dépend étroitement de l'autre – Apple étant un exemple en la matière. Le secteur français des équipements est concentré sur quelques niches⁸ qui ne sont pas représentatives de l'ampleur de la transformation mondiale: la fabrication d'instruments et d'appareils de mesure ou de navigation (76% du secteur français), tels que l'opto-électronique. L'informatique de grande consommation est importée, qu'elle soit «*soft*» ou «*hard*». Cela représente 20 millions de smartphones par an, 2 millions d'ordinateurs et 4,5 millions de téléviseurs. Le marché est dominé par quelques géants étatsuniens (Dell, Apple, HP, IBM) ou asiatiques (Samsung, Lenovo, Huawei, Acer, Asus)⁹. Le poids de ces entreprises est énorme: le chiffre d'affaires de Samsung et d'Apple est respectivement de 200 milliards et de 220 milliards d'euros, soit autant que Total. Ces géants masquent une kyrielle d'entreprises implantées dans des marchés plus ou moins de niche,

dont il est espéré qu'elles feront les fortunes de demain, à la faveur d'une application ou d'une innovation de «rupture»: ce sont les «licornes», les entreprises valorisées en bourse à plus d'un milliard de dollars. À l'échelle mondiale, l'informatique professionnelle est dominée par les entreprises qui traitent les données, notamment au moyen de fermes de serveurs dont la taille peut aller jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés¹⁰. Les plus gros équipementiers se trouvent aux États-Unis (Cisco, HPE et Dell), mais la digitalisation de l'économie implique que tous les secteurs soient progressivement «numérisés». Et si la France ne produit pas beaucoup d'équipements grand public, elle œuvre à cette numérisation dans les secteurs de la défense (Thalès), de la publicité (Criteo), du jeu (Ubisoft), de la gestion immobilière (Cegid), des bases de données dans la santé (Cegedim), etc. Une entreprise allemande comme SAP vend des «solutions» (plutôt que des problèmes...) pour toutes les activités d'une entreprise: la fabrication, l'approvisionnement, la chaîne logistique, les ressources humaines, le marketing, la vente, le commerce, la protection des données, le service client, la conception architecturale (le BIM – Building Information Modeling), etc. Car, comme le dit Cisco, «virtuellement dans tous les secteurs du monde des affaires, il y a une demande accrue de logiciels nouveaux ou mis à jour qui améliorent la productivité du travail ou l'expérience du consommateur». Il n'est pas un aspect de la «noosphère» qui ne puisse être restructuré par le numérique et transformé dans sa nature, parce que nous construisons nos analyses sur la base des outils dont nous disposons. C'est ce que montre Bernard Stiegler¹¹, après Husserl ou Derrida: avoir Wikipédia ou Facebook sous la main permet de générer de nouvelles interactions et «pensées», dans la mesure où ces outils modifient nos architectures de pensée et de choix. Nous pouvons, par exemple, retrouver de manière exhaustive tous les «paquets» d'information ayant la même étiquette dans une bibliothèque: une simple recherche de chaîne de caractères suffit (le célèbre

«contrôle + F»). Rien de tout cela ne va de soi et de nombreux projets se terminent en crise de nerfs¹². De là sans doute aussi le fait que le numérique a provoqué des débats durables sur sa contribution à la croissance¹³ ou à l'emploi.

INTERNET, LA LOGISTIQUE (DE L'INFORMATION) AU SERVICE DE LA LOGISTIQUE (PHYSIQUE)

D'après les schèmes étatiques, le commerce en ligne est la seconde grande catégorie d'usage, après les enjeux cognitifs¹⁴. Dans l'analyse que nous proposons ici, le e-commerce est un cas particulier d'une propriété plus générale d'Internet: la commande. Sous cet angle, un bras important de l'Arcep est La Poste, qui achemine encore un grand nombre de colis, bien qu'elle subisse la concurrence féroce d'Amazon. Ce secteur représente 8,5% du commerce de détail. 182 000 sites marchands sont aujourd'hui actifs, contre 14 500 en 2005. Les leaders sont Amazon (30 millions de visiteurs uniques par mois), Cdiscount (20 millions), Fnac (15 millions), Veepee (14 millions), Booking.com (14 millions), Oui.SNCF (13 millions), Carrefour (13 millions) et Leclerc (12 millions). La concentration est déjà très importante: 0,6% des sites réalisent 65% du chiffre d'affaires total, tandis que 77% d'entre eux n'en réalisent que 2,5%. En valeur, les produits les plus vendus sont culturels (45%), high-tech (23%), électroménagers (18%), vestimentaires (13%), d'ameublement (13%) et les courses livrées à domicile (5%). Cette configuration valide tout autant qu'elle relativise la théorie de la «longue traîne» évoquée par Chris Anderson, alors rédacteur en chef de la célèbre revue *Wired*, qui expliquait en 2004 que l'Internet permettrait aux marchés de niche de vivre, en mettant en relation des individus isolés les uns des autres, en l'absence de marché pour les relier¹⁵. Les «méga-hubs» disposent en effet d'une offre très abondante, mais au prix de leur propre (hyper)centralité. Amazon agrège un très

grand nombre de sites ultraspécialisés. Les grandes surfaces ont suivi le mouvement; le «*Click&Drive*» leur a même permis de reprendre la main face aux *discounters*. Le e-commerce tend à tout livrer à domicile et à favoriser les entreprises qui parviennent à gérer le «dernier kilomètre» (le client est-il chez lui? etc.). À quand les voitures ou les mètres cubes de béton livrés à domicile? Rien ne l'empêche: on peut facilement imaginer une caméra 3D qui calculerait la quantité exacte de béton nécessaire ou qui proposerait le véhicule adapté à la configuration des lieux ou des styles de vie. La programmation du quotidien a des marges de progression phénoménales. Et il y aura bien des publicitaires pour expliquer que cette technique est «verte» puisqu'elle permet d'éviter de gaspiller de la marchandise.

Le e-commerce aux particuliers ne représente que 112 milliards d'euros, sur 1300 au total (pour la France). Il est en forte hausse: il ne représentait que 8 milliards en 2005. Les transactions sont encore peu élevées et peu fréquentes. Les consommateurs semblent ne consentir qu'à des risques limités, en dépit de tous les efforts déployés pour les attirer, comme le changement de régime de responsabilité pour les banques évoqué plus haut¹⁶. Mais toutes les classes sociales s'y adonnent, même si les plus de 65 ans et les catégories moins favorisées sont un peu en retrait. Dominique Pasquier montre combien la recherche des «bonnes affaires» sur Internet est une activité banalisée dans les classes populaires. Pour la Fédération du e-commerce et de la vente à distance (Fevad) comme pour l'État, la France figure parmi les «leaders» européens du secteur, à égalité avec l'Allemagne, mais loin derrière le Royaume-Uni, qu'il s'agit donc de «rattraper»¹⁷. Le commerce passe de plus en plus par les mondes virtuels, les réseaux sociaux (Facebook veut créer sa propre monnaie) et les jeux. Au début des années 2000, le monde virtuel *Second Life* proposait déjà des commerces et sa propre monnaie. Une difficulté rencontrée sur Internet est la profusion d'information, sans

garantie de fiabilité. On se rappelle les analyses du sociologue Lucien Karpik sur «l'économie des singularités¹⁸», ou celles de l'économiste Joseph Stiglitz sur l'asymétrie d'information: il s'avère que l'information a un coût. La qualité d'un produit, notamment, ne se constate qu'à l'usage et s'inscrit dans le temps. En conséquence, de plus en plus d'applications proposent des services de garantie ou de recommandation, en s'appuyant sur le «*crowdsourcing*» (le pouvoir des foules) pour évaluer des produits ou services. Citons par exemple Tripadvisor ou LaFourchette, qui s'ajoutent au bouche-à-oreille sans le remplacer. Le numérique permet aussi de lancer des opérations de séduction géantes telles que le Black Friday ou le Cyber Monday.

Le commerce à destination du consommateur final n'est que la partie visible de l'iceberg. Le toyotisme, la robotisation et l'«industrie 4.0» fondée sur l'«Internet des objets» se situent sans rupture dans le prolongement du fordisme, dont le cœur est une invention logistique: c'est la chaîne de montage. Le but est toujours d'accroître la productivité. À partir de l'exemple de la tête d'épingle, Adam Smith expliquait déjà que la productivité des manufactures dépendait de tout un ensemble d'opérations successives et ordonnées, réalisées dans un espace soigneusement organisé¹⁹. Gestes et organisation se trouvaient ainsi programmés. Le feed-back était analogique (la voix, le geste). Les chaînes internes aux entreprises représentent aujourd'hui le second marché mondial de la logistique, derrière le fret routier: 1500 milliards de dollars²⁰. Elles font l'objet d'une attention de tous les instants, puisque c'est là – à la suite des travaux de Frederick W. Taylor – que se jouent les secondes ou millièmes de seconde qui vont faire monter ou baisser le coût de production d'un produit, influant sur sa compétitivité, et sur les ventes. La machine-outil à commande numérique est arrivée dans les années 1980, précédée de la machine à bande magnétique, elle-même précédée de la machine à cartes perforées. En 2000, la France comptait

380000 machines de ce type, avec des parts variables suivant les secteurs: 60% dans l'usinage, 17% dans l'assemblage²¹. C'est sur ce dernier secteur que la robotique progresse fortement, à travers ce que l'on appelle désormais l'«industrie 4.0» qui permet (ou permettrait) de commander les robots à distance, par exemple, un bras articulé pour réaliser une opération chirurgicale sans la présence du praticien. En 2016, le *think tank* La Fabrique de l'industrie estime le nombre de robots à 132 pour 10000 salariés, ce qui place la France loin «derrière» la Corée du Sud (plus de 500) ou l'Allemagne (300)²². Ces chiffres sont un peu artificiels, dans la mesure où le nombre relativement bas en France va de pair avec la place plus réduite de l'industrie dans l'économie. Mais le choix de l'indicateur est significatif. La logistique a commencé à être numérisée dès les années 1970, avec le développement des standards de l'EDI (Échange de données informatisé) en 1981²³ et la mise en place du code-barres, que l'on retrouve aujourd'hui sur les produits du monde entier: des étiquettes uniques permettant de suivre chaque paquet dans sa singularité, à toutes les étapes de sa gestion. Des systèmes analogues ont été instaurés dans le secteur de la chimie (CIDX), des pièces automobiles (ODETTE ou CAP), du pétrole (PIDX) ou de l'électronique (RosettaNet).

Faire travailler la nature à «notre» avantage²⁴: tel est toujours le but à atteindre, même si tous n'en profitent pas au même niveau. Les machines, automatiques ou non, consomment de l'énergie pour déplacer de la matière. Leur part est prépondérante dans l'organisation productive: le chercheur Vaclav Smil estime que l'économie dépense aujourd'hui 100 fois plus d'énergie minérale que de force humaine²⁵. L'expansion des «forces productives» s'est traduite également par l'étirement planétaire des chaînes de production, engendrant métropolisation, «France périphérique» et «délocalisations», lesquelles ne sont que l'envers de la spécialisation de notre pays dans les domaines de la conception et du commerce, plus que dans celui de la fabrication. À l'échelle mondiale,

les principales entreprises de fret sont UPS, DHL (groupe Deutsche Post) et FedEx, trois sociétés qui pèsent autour de 60 milliards de dollars chacune, soit six fois le chiffre d'affaires de Renault en 2019. Viennent ensuite La Poste, DB Schenker, Geodis (SNCF) et Dachser. Elles proposent d'abord leurs services à d'autres entreprises («*Business to Business*»), mais tout le monde peut voir leurs camions circuler sur la route. Rendons-nous compte de l'envergure de ces entreprises: UPS possède une flotte de 248 avions et de 123000 véhicules; FedEx de 670 avions et 180000 véhicules. La logistique mondiale, c'est un chiffre d'affaires de 2000 milliards de dollars pour la route (dont 260 de colis à destination du consommateur), 210 pour le rail, 134 pour la mer et 99 par voie aérienne²⁶. Le rail arrive largement en tête par rapport au nombre de tonnes transportées²⁷. Le fret maritime a augmenté de 250% entre 1990 et 2015²⁸. L'expansion est concomitante de l'Internet. On comprend maintenant pourquoi le fait marquant de ces trente dernières années a été le conteneur et, avec lui, des contenants dont la taille se standardise, chacun étant un multiple de l'autre, autorisant ainsi un rangement optimal, sans perte d'espace, de la sortie de l'usine à l'étagère. La flotte mondiale est passée de 11 porte-conteneurs en 1980 à 266 en 2019. Le plus grand d'entre eux (à date) est le *Gülsün*, mis en service en août 2019: sur près d'un demi-kilomètre de long, il transporte 24000 conteneurs, soit l'équivalent de 3 millions de machines à laver ou de 50000 voitures. Son moteur développe 80000 chevaux (60 MW). Il peut traverser le Pacifique en quelques jours. Il a l'un des taux d'émission de carbone les plus bas du monde: 400 g de CO₂ pour déplacer 1 tonne sur 100 km²⁹; un camion émet au minimum dix fois plus³⁰. Il remplace 14000 camions ou 1400 Boeing 747. Problème: le secteur est en surcapacité récurrente. Le commerce international stagne depuis 2012, car la Chine devient un pays consommateur, les stratégies de délocalisation ont atteint leur limite et la libéralisation est critiquée – sans compter la récente crise de la covid. Dans ce

secteur stagnant, en valeur ou en volume, mais qui ne cesse de se reconfigurer, le service au consommateur final est un nouvel horizon. Les entreprises cherchent à mettre en place des livraisons rapides (2 heures pour Amazon), «pratiques» (à domicile, avec la difficulté des créneaux horaires, ou en point-relais) et avec des produits difficiles (tels que les produits frais). Des opérateurs historiques se sont déjà positionnés: Relais Colis a été mis en place par La Redoute et Mondial Relay par Les 3 Suisses. Derrière les nouveaux réseaux, donc, on retrouve les anciens – sous la nationale 7, la voie romaine. Les pays développés sont ceux dont les performances logistiques sont les plus élevées – ceux dont les «frottements» liés aux déplacements sont les moins importants... et dont l'organisation de l'espace est la plus «pratique» (moindre effort).

L'AUDIOVISUEL FACE AUX GAFAM

Si l'audiovisuel représente une part marginale du secteur numérique, avec seulement 10% de la valeur ajoutée totale, celle-ci est essentielle en tant qu'elle joue un grand rôle dans le contrôle du «texte public» (Scott) et donc de la commande... des individus. Le secteur a été profondément transformé à tous les niveaux, depuis le cinéma jusqu'à la presse. Dressons quelques constats rapides pour avoir une idée plus précise de la situation. La numérisation semble avoir diversifié les supports: aucun média n'a chassé l'autre, en dépit des annonces successives³¹. Les fonctions sont complémentaires: «Au papier, l'investigation de longue haleine et le décryptage; au Web, le flux et le débat interactif; à l'iPhone et autres smartphones, l'alerte et l'information rapide³².» Les nouveaux écrans coexistent avec les plus anciens; l'historien Jean-Noël Jeanneney, qui a notamment été président de Radio France, y voit l'opportunité d'une «expérience enrichie³³.» Le bouleversement est d'abord géographique³⁴: ce sont les circuits de distribution

de l'information produite par les journalistes qui changent, et non leur centralité, ni même le contenu de leur travail. Les médias ont toujours été guettés par les «fake news», du fait notamment de la course aux scoops ou à l'audience. Sur le fond, la profession n'est pas en danger, étant donné que le travail d'agrégation et de vérification de l'information ne peut pas être entièrement automatisé. Les machines travaillent sur des chaînes de caractères qu'elles manipulent mais qu'elles ne comprennent pas: le sens, vivant et évolutif, leur échappe.

Que font les médias, exactement, au sens des schèmes étatiques? Les catégories statistiques concernées sont les NAF 5911A (programmes télévisés), 5911C (cinéma) et 5911B (films institutionnels et publicité). Cette dernière catégorie est troublante dans le rapprochement qu'elle fait entre publicité commerciale et communication des autorités publiques. Mais, après tout, n'avons-nous pas assisté jusqu'ici à leur collusion au travers des rapports du Crédoc et de la politique de numérisation de tout ce qui peut l'être? Le chiffre d'affaires des programmes télévisés est de près de 3 milliards d'euros. Il est plutôt en hausse et marqué par une exportation importante, tirée par l'animation. Une autre «surprise» est que les grands groupes sont évoqués mais nulle part caractérisés³⁵. Nadine Toussaint-Desmoulins le confirme: les données sur le secteur des médias sont très difficiles à obtenir, et encore plus à vérifier³⁶. Le fonctionnement des médias est donc opaque, en dépit de leur rôle essentiel dans la mise en représentation du monde, au regard des enjeux démocratiques. Des principes généraux de fonctionnement peuvent toutefois être établis. L'économie des médias repose sur des coûts fixes élevés, car dépendant de l'effort pour parvenir à toucher un public. La demande est incertaine, très segmentée et volatile. Les entreprises de presse ont déployé trois stratégies pour assurer une certaine pérennité malgré les fluctuations de la demande: développer un tirage important, quitte à viser d'abord l'audience et à céder au sensationnel; disposer d'une grande variété de titres (et

répartir le risque sur différentes audiences); parvenir à une situation de monopole pour pratiquer des tarifs élevés et limiter ainsi la dépendance aux ressources publicitaires. Ces trois stratégies ont pour effet pervers de renforcer la centralité d'acteurs déjà centraux. De sorte que les quotidiens régionaux sont souvent en situation de monopole local et que trois groupes contrôlent la presse nationale³⁷. Soulignons également que le marché est fortement régulé. Le prix du livre, par exemple, est fixe: il ne peut varier d'une librairie à une autre. Les kiosques à journaux sont contraints d'offrir une pluralité de titres, d'où une offre pléthorique souvent sans rapport avec la demande.

Comme l'a montré Jürgen Habermas, la publicité est consubstantielle aux médias depuis le début³⁸. Ce fait conduit non seulement à une absence de prix de marché véritable (le consommateur ne paie qu'une fraction du coût réel du média), mais aussi à une inversion des moyens et des fins, l'efficacité de la publicité devenant la fin première du média³⁹ – le fameux «temps de cerveau disponible» évoqué par le PDG de TF1, en 2004⁴⁰. À ceux qui répondraient que la publicité ne contraint personne à consommer, précisons que les investissements publicitaires sont guidés par le principe d'efficacité dans la dépense: les annonceurs ne consentent à payer que si les ventes augmentent et, si elles baissent, ils changent de stratégie. En se déplaçant, ils peuvent d'ailleurs déstabiliser un média au profit d'un autre⁴¹. C'est ce qui se passe actuellement avec la montée en puissance des supports numériques, qui émergent à côté des autres supports – lesquels se trouvent ainsi concurrencés dans la captation de ressources de fonctionnement. La publicité influence les architectures de choix. Elle ne parle pas à tout le monde: elle vise des profils spécifiques, jugés particulièrement réceptifs (les enfants, les *geeks*, etc.). Elle produit une histoire (*storytelling*) adaptée à une cible qui ne sait pas qu'elle est ciblée. Elle évalue ses performances à l'aune du résultat. Et si ses effets sont peu problématisés, c'est parce que les économistes postulent que le consommateur

est totalement libre: «Les modèles économiques et économétriques ne considèrent pas les effets intermédiaires de la publicité dans leurs modèles, ni le rôle de la publicité dans le choix de la marque et la réaction du marché. Les variations comportementales, si elles existent, ne peuvent provenir que des choix individuels et rationnels du consommateur⁴².» De nombreuses études, dont les nôtres⁴³, montrent pourtant que les consommateurs n'étaient pas du tout informés des implications collectives de leurs choix numériques, notamment en matière d'environnement. Et quand nous les en informions, l'option de ne pas acheter était très vite mise en avant... à l'époque où le smartphone ne s'était pas encore «imposé».

Le secteur audiovisuel s'internationalise dans les années 2000 avec l'arrivée de fonds étrangers et des stratégies à l'étranger (pensons à Luc Besson). Un scénario semblable à celui des télécoms est partiellement mis en œuvre: une internationalisation ouverte à tous – et que le meilleur gagne. Après avoir cru pouvoir saisir leur chance (l'aventure Vivendi avec Jean-Marie Messier), les acteurs français s'inquiètent désormais de l'arrivée d'acteurs surpuissants: les GAFAM. En 2019, la capitalisation boursière de TF1 se situe autour de 2 milliards de dollars, contre 1400 milliards pour Apple, quand Google réalise 30 milliards de recettes nettes annuelles⁴⁴. Les budgets publicitaires se déplacent vers le Web, puisque c'est là que migre l'attention⁴⁵. Et ils augmentent fortement. À l'échelle mondiale, la publicité représente environ 600 milliards de dollars, soit environ le budget étatsunien de la défense, contre 400 milliards en 2011⁴⁶. En France, le secteur pèse 45 milliards et se considère comme l'«un des tout premiers moteurs de l'économie», avec un chiffre d'affaires consolidé qui dépasse celui de l'aéronautique et du spatial. Ce sont 700 000 personnes qui travaillent chaque jour à promouvoir tel ou tel bien ou service⁴⁷. Les États-Unis caracolent en tête: 245 milliards de dollars à eux seuls, devant la Chine, la France étant en sixième position⁴⁸. Le média Internet rafle désormais la mise,

notamment aux États-Unis, où il capte déjà 100 milliards de dollars sur les 245. La part du lion revient à Google (à l'échelle mondiale, 125 milliards⁴⁹!), mais les médias sociaux ne sont pas loin derrière – et la crise de la covid accélère le mouvement, *via* l'usage massif du «distanciel» pour communiquer. L'inégalité règne en maître: tout le monde ne peut pas se payer de la publicité. Certains acteurs sont omniprésents dans les architectures de choix et d'autres sont invisibles. La menace américaine est réelle et crédible. Les États-Unis pratiquent la politique du «*free flow of information*⁵⁰», avec une puissance culturelle considérable: ils dépensent dans les divertissements deux fois plus que la Chine (en deuxième position) et près de dix fois plus que la France (en sixième position)⁵¹. La France, quoique volontiers critique des États-Unis, consomme plus de fictions américaines que tous ses voisins européens. Pour résister, les chaînes hexagonales ont cherché à se démultiplier pour capter un maximum d'audience: le groupe TF1 possède aussi TMC, GD1 et NT1. Mais les réseaux comme Netflix continuent de pénétrer.

L'audiovisuel inclut de plus en plus le jeu vidéo. Le secteur se décrit volontiers comme un «10^e art⁵²» et comme une discipline sportive à part entière (avec le «e-sport»). Dans son rapport annuel, le syndicat des éditeurs de logiciels de loisirs se présente comme une «industrie responsable⁵³», arguant que le jeu rend tout le monde heureux, malgré toutes les études qui prouvent le contraire. Dominique Pasquier souligne notamment les difficultés que rencontrent les familles modestes dans le contrôle collectif des écrans, en particulier auprès des plus jeunes, dont l'énergie paraît sans limites pour obtenir ce qu'ils veulent⁵⁴. Si l'on élargit encore le périmètre, l'«audiovisuel» inclut l'éducation nationale ainsi que la recherche et le développement – et c'est bien en ce sens élargi que Fritz Machlup théorisa les «industries du savoir⁵⁵» et de la connaissance en 1971. Les programmes scolaires sont aussi une manière de structurer l'attention des nouveaux arrivants dans

la société, c'est-à-dire de programmer leurs esprits, de leur fournir le contexte ou le cadre à partir duquel ils vont exercer leur réflexivité (ou pas...). L'école et la recherche ont un rôle de mise à l'agenda et de définition des «bons» problèmes et de ceux dont il faut savoir se tenir à distance. L'arrivée d'Internet est une ressource (Wikipédia, etc.) mais crée en parallèle une diversion majeure dans les salles de classe. Une étude approfondie montre qu'avec l'iPad, les étudiants passent de 10 à 15 minutes à écouter un cours d'une heure trente. Le reste du temps, ils s'adonnent à d'autres activités, comme jouer en ligne pour les garçons et aller sur Facebook pour les filles⁵⁶. Des études complémentaires révèlent qu'écrire sur une feuille de papier permet de mieux mémoriser les informations, la faible vitesse de saisie favorisant la synthétisation⁵⁷. Comment contrôler les écrans? Soit en les bannissant des salles de classe, soit en «verrouillant» leur contenu, ce qui suppose le développement de stratégies spécifiques, impliquant souvent la conception de logiciels complexes, tels que Google Family Link pour les familles.

L'ACCÉLÉRATION ASYMÉTRIQUE DES CIRCULATIONS

Au niveau européen, le Digital Economy and Society Index 2020⁵⁸ (DESI) prétend cerner l'essentiel des enjeux du numérique. Les six dimensions qu'il considère comme centrales sont la connectivité (plus de transit); le «capital humain» (mieux utiliser le numérique); les services de l'Internet (davantage utiliser): l'intégration des technologies digitales dans toutes les activités privées, ainsi que dans les services publics; la dynamique industrielle du secteur lui-même; et enfin la recherche et le développement. Les opérateurs télécom européens représentent une activité de 200 milliards de dollars environ, contre 300 aux États-Unis et 189 en Chine, ce qui donne

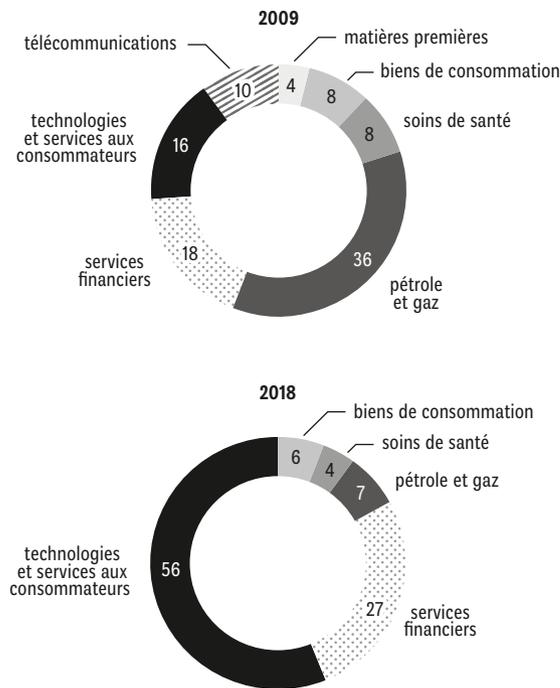
une bonne idée de la répartition géographique du numérique. La couverture 4G est à peu près uniforme sur tout le territoire européen, avec un décalage en zone rurale. Équipements et usages ne vont pas forcément de pair: la Roumanie est très bien équipée en fibre optique mais utilise peu les services internet. Pour le DESI, le non-recours à Internet s'explique, dans l'ordre, par l'absence de besoin (raison citée dans 50% des cas, stable depuis 2013), le manque de compétences et le coût. Toujours selon le DESI, la trajectoire des pays développés montre que la baisse des coûts devrait résoudre le troisième obstacle et que la généralisation du numérique créera le besoin qui abolira le premier obstacle. Le deuxième, quant à lui, semble donc être le seul défi réel à relever, raison pour laquelle l'UE a mis en place un indicateur de «compétence digitale⁵⁹» intégrant 21 dimensions⁶⁰ réparties en cinq domaines: la littératie en matière d'information et de données (chercher sur Internet, filtrer les données, les évaluer, les organiser), la communication et la collaboration (interagir au travers du numérique, gérer son identité digitale), la création de contenus digitaux (créer, éditer, connaître le droit de propriété, la programmation), la sécurité et la résolution de problèmes (savoir résoudre les problèmes techniques et utiliser les technologies de manière créative). Sans surprise, les priorités du Body European Regulators for Electronic Communications (Berec), l'équivalent européen de l'Arcep, sont d'améliorer la connectivité, d'identifier les obstacles à la diffusion des services numériques, de favoriser le déploiement de la 5G, de garantir la neutralité du Net et d'explorer de nouvelles manières de renforcer les capacités du consommateur⁶¹. La fibre est évidemment au cœur des attentes: «Les réseaux à très haute capacité sont devenus vitaux pour que les usagers finaux réalisent le potentiel de l'écosystème digital, et accéder à ces réseaux est devenu essentiel pour que la compétition continue au bénéfice des consommateurs et du commerce⁶².» Les réseaux à très haute capacité, hier

simples démonstrateurs de laboratoire, sont donc désormais devenus «vitaux».

Au niveau mondial, si les sommets sur le numérique se sont succédé de manière erratique⁶³ en continuant à se focaliser sur la dimension informationnelle et cognitive («société de l'information»), les effets de la digitalisation ont commencé à être mieux compris et davantage pris au sérieux. En 2019, la CNUCED publie son premier rapport sur l'«économie digitale⁶⁴». L'organisation, d'origine tiers-mondiste, expose en introduction les raisons d'une publication aussi tardive. Le problème est de nouveau celui des définitions et du périmètre. La CNUCED a pris conscience que «le numérique» ne se réduit ni à une analogie avec la presse à imprimer de Gutenberg, ni au seul marché des consommateurs finaux (tablettes, smartphones, électronique domestique, etc.). La «*digitalization*» désigne une transformation profonde de l'économie⁶⁵, dans la lignée des analyses de Manuel Castells qui évoque une troisième ou quatrième révolution industrielle. En fonction des définitions, l'économie digitale représente 5 à 15% du PIB mondial; si l'on étend la définition du e-commerce à l'usage de moyens dématérialisés de paiement, alors sa part est de 36% du PIB mondial, soit 29000 milliards de dollars.

Le numérique bénéficie d'une réputation extraordinaire et croule sous les offres de financement. D'où son expansion rapide, mais aussi des «bulles» telles que celle qui a explosé en mars 2000 autour des portails de l'information. Il attire les investissements privés en masse, bien plus que tous les autres secteurs, comme le souligne la CNUCED. En 2017, la capitalisation des sociétés numériques représentant un marché de plus de 100 millions de dollars s'élevait en effet à 7000 milliards de dollars –67% de plus qu'en 2015⁶⁶! Le retour sur investissement digital est plus important que dans tous les autres secteurs⁶⁷: 20 dollars gagnés pour 1 dollar investi, contre 1 à 3 dollars ailleurs –toujours d'après la CNUCED. Cet engouement est facile à comprendre. Le «jeu» n'est pas seulement spéculatif

au sens de l'économie de casino: l'argent finance concrètement des infrastructures, des changements de mode de vie. Il ne s'agit pas d'une économie purement boursière. L'émergence des «*tech companies*» dans le paysage mondial des affaires est spectaculaire. Il se caractérise, entre autres, par le fait que quatre des dix plus grandes capitalisations en 2018 ne faisaient pas partie du top 100 en 2009: Amazon, Alibaba, Facebook et Tencent⁶⁸. Du point de vue de la rentabilité à moyen terme, le numérique apparaît bien comme le pétrole du XXI^e siècle.



**LES VINGT PREMIÈRES ENTREPRISES MONDIALES
PAR CAPITALISATION ET PAR SECTEUR EN %.**
[Source: CNUCED, *Digital Economy Report 2019*, p. 18]

Et les projections sont sidérantes. Cisco, équipementier qui publie depuis quelques années un livre blanc sur l'état du trafic et des données⁶⁹, prévoit le triplement du trafic mondial entre 2017 et 2022, passant de 1,5 à 5 ZB⁷⁰. Au rythme actuel, la vitesse des réseaux doublerait également en moyenne tous les cinq ans. Le nombre d'objets connectés augmente lui aussi de manière vertigineuse. En 2022, la moitié des connexions viendront de l'Internet des objets (machine à machine), avec 28,5 milliards d'objets connectés en 2022, contre 18 milliards en 2017. Le mobile connaît une croissance explosive. En 2022, il représentera 71% du trafic, d'après Cisco, ce qui veut dire une multiplication par 7 (augmentation de 46% par an), soit deux fois plus vite que le trafic par ligne fixe, qu'il finira par dépasser. La vidéo sera l'application dominante, représentant jusqu'à 80% du trafic (une augmentation de 33% par an), dont 17% en *live*, et 2 à 3% de vidéosurveillance. Le jeu en ligne est l'usage qui connaît la plus forte croissance: sa part va passer de 1 à 4% du trafic mondial entre 2017 et 2022. Cisco souligne que le trafic restera fortement asymétrique, avec beaucoup plus de téléchargement que de production côté consommateur. Les cyberattaques continueront d'augmenter, touchant des segments toujours plus divers. Le *cloud* concentrera 94% des calculs (*workload*) et accueillera 65% des données stockées (contre 51% en 2016), lesquelles devraient quintupler d'ici 2021. Pour l'équipementier américain, la puissance numérique repassera du côté des entreprises, après avoir brièvement été du côté des consommateurs. Elle sera à 75% le fait des entreprises en 2022, répartie entre les domaines suivants: le calcul, l'ERP (ou PGI – progiciel de gestion intégré) et les applications *business*, le collaboratif et les bases de données. Côté consommateur, l'appel viendra surtout du *streaming* vidéo, des réseaux sociaux et de la recherche sur Internet; les deux premiers étant ceux qui se développent le plus vite. Le refrain est donc toujours le même: le secteur des entreprises va prendre le relais du marché de la grande consommation, qui tend à s'essouffler en raison de sa saturation.

Pour la CNUCED, les perspectives de croissance se trouvent du côté de la «*blockchain*», un système de sécurisation des opérations sur Internet (de 1 à 3 milliards de dollars de chiffre d'affaires d'ici 2030); de l'impression 3D (ou «fabrication additive»); de l'Internet des objets (capteurs, traçabilité RFID, 150 milliards en 2018); du *cloud computing* («l'informatique en nuage»); de la robotique et de l'automatisation; de l'analyse des données massives et de l'intelligence artificielle (marché possible de 13000 milliards de dollars en 2030). Nous constatons de nouveau que ce n'est plus le consommateur final qui est au centre de l'attention, même si c'est toujours lui qui paiera en dernier lieu. Le Forum économique mondial estime que les plates-formes seront à l'origine de 70% de la valeur créée dans la prochaine décennie⁷¹. Les investisseurs sont partout à la recherche des «licornes», ces jeunes entreprises qui promettent des taux de profit affolants.

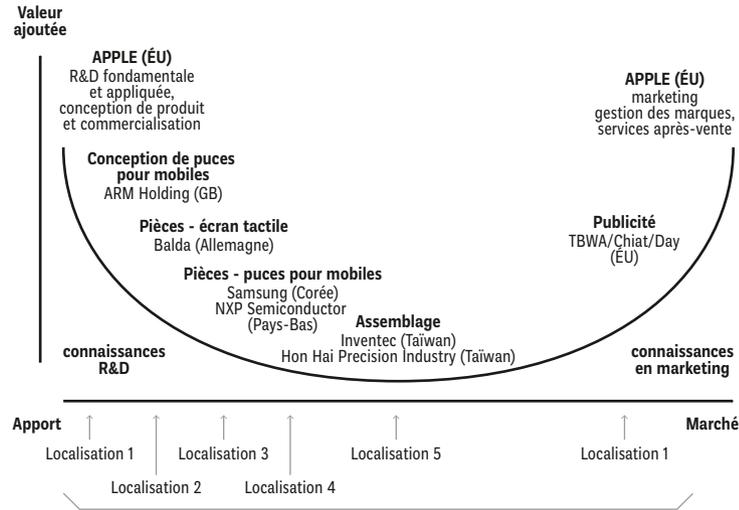
Dans ce contexte de forte demande, la 5G est attendue comme le Messie. Et après la 5G, la 6G, déjà à l'étude. Le coût de la 5G paraît élevé: deux fois plus que la 4G, notamment parce que les antennes sont très nombreuses, les fréquences utilisées ayant un faible rayon d'action⁷². L'enjeu est donc d'arriver à obtenir un nombre critique d'utilisateurs suffisamment riches pour commencer à rentabiliser l'infrastructure. Comment faire? Par où commencer? Les opérateurs télécoms vont-ils réorganiser les prix en interne, en surtarifiant les offres «*triple play*» pour favoriser la pénétration à bas coût, comme ils l'ont fait pour le smartphone? Vont-ils s'allier aux fournisseurs de contenus (*infotainment* Google dans la voiture autonome, etc.) pour partager les frais? Vont-ils compter sur l'aide de l'État, *via* les impôts? Et qui mettra la main sur ces réseaux? Le fait que la 5G soit considérée comme potentiellement cancérigène par l'OMS ne tempère pas les ardeurs⁷³. Un problème «d'acceptabilité» pourrait certes se poser, mais quels obstacles n'a-t-on pas déjà surmontés par le passé? La 5G promet tellement! Tous les moyens sont bons pour discréditer ses opposants,

en les présentant par exemple comme les apôtres du «modèle Amish⁷⁴».

La CNUCED relève enfin que, dans cette aventure incertaine et risquée, les deux leaders sont un pays développé (États-Unis) et un pays en développement (Chine). L'observation pourrait être fortement nuancée, car quel «retard» la Chine a-t-elle encore sur le monde «développé»? Quelles que soient les incertitudes sur les définitions, les pays développés restent les mieux équipés, comme le montrent les cartes mondiales de connectivité, par exemple, tandis que les moins développés sont loin derrière en matière d'équipement comme de régulation, notamment dans les zones rurales. La moitié de la population mondiale n'a pas accès à Internet, dont la progression n'est plus aussi rapide qu'avant⁷⁵. Le téléphone portable a pu donner l'illusion d'un rattrapage, du fait de son faible coût de déploiement: les pays en développement pouvaient ainsi «sauter» l'étape du téléphone, si l'on formule l'évolution dans ce langage développementaliste et «étapiste» qui a été critiqué par Gilbert Rist voici déjà plusieurs années⁷⁶. La réalité est simplement économique et non «étapiste»: les pays en développement étaient dans la même situation que les petits budgets dans les pays développés: le mobile leur a permis de faire l'économie du fixe.

De manière plus générale, la CNUCED pointe le risque que les pays en développement soient confinés dans des tâches à faible valeur ajoutée, telles que labelliser des images pour l'intelligence artificielle. Ils seraient exportateurs de données brutes, à faible valeur ajoutée, et importateurs de données à forte valeur ajoutée (telles que les logiciels construits sur la base des intelligences artificielles). Bref, ils subiraient une nouvelle fois les «termes de l'échange». En fait, le risque est bien plus grave que cela. Car que veut dire «exportateur de données»? Le numérique peut permettre aux pays développés d'avoir accès aux marchés intérieurs des pays en développement, tout en les reléguant dans les secteurs à faible valeur

ajoutée, comme l'illustre cette décomposition de la chaîne de valeur globale de l'iPhone. Bien qu'un peu datée, elle montre comment sont localisées les activités. La valeur ajoutée, les profits et les hauts salaires se trouvent dans les pays développés, tandis que les bas salaires sont concentrés dans les pays en développement.



CHAÎNE DE VALEUR GLOBALE DE L'IPHONE.

[Source: Ram Mudambi, «Location, control and innovation in knowledge-intensive industries», *Journal of Economic Geography*, vol. 8, n° 5, juillet 2008, p. 699-725]

Les pays de la «tech» possèdent les logiciels et les infrastructures, créant une barrière à l'entrée. Étant en position de monopole et de rente, ils peuvent imposer les prix, bénéficier de salaires élevés et contourner les taxes grâce aux paradis fiscaux. La capitalisation des géants du numérique est sans rapport avec leur poids dans l'emploi: Walmart a deux fois plus d'employés qu'Amazon (2,2 millions contre 1 million), un

chiffre d'affaires deux fois supérieur (520 milliards de dollars contre 280 milliards), mais les deux entreprises ont la même valeur en Bourse. Le montant de la valorisation boursière des GAFAM donne également une idée de l'ampleur attendue par les investisseurs de la numérisation du monde: alors qu'un employé de Google est valorisé en moyenne près de 10 millions de dollars⁷⁷, celui du groupe pharmaceutique Novartis, œuvrant dans un secteur pourtant peu en difficulté (qu'on s'en réjouisse ou qu'on le déplore) n'en «vaut» «que» 1,6 million. Dans l'automobile, alors que les investisseurs n'attendent de PSA que 85000 dollars par salarié, un employé de Tesla est valorisé environ 4,5 millions de dollars⁷⁸. Et ce, alors même que l'entreprise n'a pas encore connu de bilan annuel bénéficiaire, après pas moins de seize ans d'existence –ce qui bat d'ailleurs en brèche l'idée simpliste selon laquelle le capitalisme ne serait qu'une affaire de bénéfices à court terme. En dépit de cette avalanche d'argent, le marché du travail digital est très polarisé. Il se compose en grande partie des «travailleurs du clic», un prolétariat numérique⁷⁹. Le modèle est moins celui des employés de Google, bien payés, travaillant peu et jouissant de conditions de travail exceptionnelles, que celui d'une entreprise telle que Zara: la moindre variation de stocks à la suite d'une vente dans l'un de ses magasins, fût-ce à l'autre bout du monde, est connue de la maison-mère qui ajuste en conséquence la production dans ses multiples usines, ce qui lui permet de sortir des nouveautés en continu et de réduire ainsi la durée de vie des produits⁸⁰.

Chapitre 4

Une trajectoire incompatible avec les équilibres vitaux de la biosphère

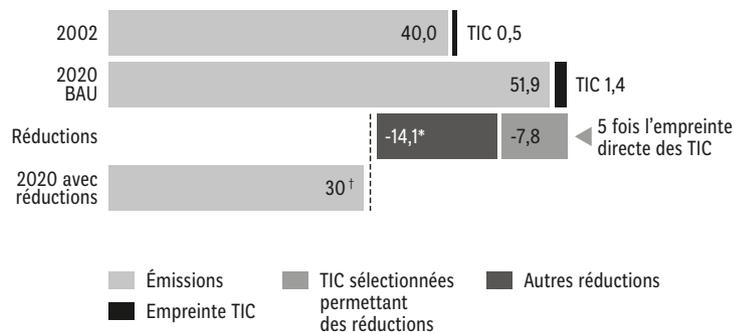
«Nous nous sommes enrichis de l'utilisation prodigue de nos ressources naturelles et nous avons de justes raisons d'être fiers de notre progrès. Mais le temps est venu d'envisager ce qui arrivera quand nos forêts ne seront plus, quand le charbon, le fer et le pétrole seront épuisés, quand les sols auront été appauvris et lessivés vers les fleuves, polluant leurs eaux, dénudant les champs et faisant obstacle à la navigation¹.»

LE NUMÉRIQUE EST UNE INDUSTRIE qui a toujours consommé beaucoup de ressources. L'ENIAC, construit en 1945, qui passe pour être le premier ordinateur², utilisait 17000 tubes à vide, 70000 résistances, 10000 condensateurs, couvrait une surface de 167 m², pesait 30 tonnes et consommait 150 kW. Il tombait souvent en panne à cause des insectes («bugs») qui grillaient dans la chaleur³. C'était certes un modèle produit à très peu d'exemplaires. Le système SAGE, réseau précurseur d'Internet utilisé par l'armée américaine pour suivre simultanément les trajectoires de 48 avions, mobilisait 50 machines consommant chacune 750 kW d'électricité⁴. Les «mini-ordinateurs» commercialisés dans les années 1960 par DEC, IBM, HP ou encore Texas Instruments étaient des machines de la taille d'une armoire à vêtements, pesant une centaine de kilos et

consommant près de 500 W⁵. Un bon PC fixe actuel consomme environ 100 W; un portable, deux fois moins. Quand Pierre Nora et Alain Minc encouragent l'informatisation de la société en 1978, les enjeux énergétiques d'une généralisation des machines numériques sont donc largement perceptibles⁶, même si les conséquences immédiates sont limitées, en raison d'un coût élevé et d'une diffusion encore peu importante – quelques centaines de milliers d'appareils⁷. Mais l'informatique connaît immédiatement une croissance spectaculaire en matière d'efficacité énergétique, ce qui va contribuer à faire miroiter – encore aujourd'hui – des gains illimités. Ainsi, un PC équipé d'une carte Nvidia Titan à 2750€, par exemple, dispose de 576 cœurs et de 130 Tflops (flop: *floating-point operations per second*) de puissance de calcul, pour une consommation de 200 à 300 W: cette puissance était celle du meilleur supercalculateur de 2003⁸, qui consommait 1,5 MW! Époustouflant. Sauf que les derniers jeux vidéo actuels absorbent facilement cette puissance. Et que la limite physique théorique a été pointée dès 1961 par un chercheur d'IBM, Rolf Landauer⁹. Elle est certes très lointaine, à ce moment-là, mais le fait est établi. Il a récemment été vérifié¹⁰. Et nous nous approchons assez rapidement de cette limite.

Ces faits n'ont guère attiré l'attention, en 40 ou 70 ans de développement du numérique, suivant l'origine retenue du Web (Tim Berners-Lee, 1989¹¹), de l'Internet (Leonard Kleinrock, 1961¹²) ou de la machine de von Neumann (1945). Le rapport emblématique Nora-Minc ne s'intéresse pas à ces questions. Il se focalise sur la révolution technologique et sur ses possibles implications: la décentralisation, le contrôle des réseaux, la compétitivité, l'omniprésence d'IBM, au travers de ses machines et du protocole X25. Philippe Breton ne relève pas l'enjeu non plus, dans son *Histoire de l'informatique*¹³. L'historien des techniques Bertrand Gille, pas davantage: l'enjeu écologique n'est guère présent ni dans les parties consacrées au numérique ni dans celles s'intéressant

à l'énergie¹⁴. À la fin des années 1990, le sociologue Dominique Wolton, qui joue un rôle central dans l'étude de la montée du numérique, le décrit comme transparent, léger, immatériel, *soft*, instantané, propre et sans nuisances; de là peut-être, selon lui, un lien avec l'écologie¹⁵. Cet auteur parle pourtant de 30 à 40 millions de PC connectés¹⁶, ce qui, à 500 W l'unité, fait déjà 15 à 20 tWh – soit presque 10% de la consommation électrique française de l'époque¹⁷. Manuel Castells évoque en 1998 un post-industrialisme caractérisé par l'«information», sans aucune référence aux enjeux écologiques ou matériels du numérique¹⁸. Et l'on pourrait multiplier les exemples du même type. Un an plus tôt, André Gorz lui-même estimait que la connaissance était désormais le moteur du capitalisme, mettant fin à son «ère énergétique¹⁹». À un interlocuteur qui soulignait la consommation du numérique, Gorz répondit que le *silicium est abondant*²⁰. Cependant, les calculs étaient faisables et, dès 2001, le Wuppertal Institut mettait en garde: de 2% à cette époque, la consommation énergétique du numérique pourrait s'élever à 10% d'ici 2010²¹. Ils ont vu juste. En 2007, le consultant Gartner suscite l'émoi dans le milieu en publiant un chiffre alarmant: le numérique est déjà à l'origine de 2% des émissions de gaz à effet de serre globales, autant que l'aviation²². C'est à ce moment-là que la GeSI publie les rapports, déjà évoqués en introduction²³, qui soutiennent que le poids éventuellement croissant de l'infrastructure numérique peut être plus que compensé par les réductions permises (*enabled*) par le numérique dans les autres secteurs – «*smart motor systems*», «*smart logistics*», «*smart buildings*», «*smart grids*», etc. Le rapport 2008 table sur 15% de réduction, soit cinq fois l'empreinte du numérique; en 2015 le GeSI porte cette estimation à 20%, soit dix fois l'empreinte du secteur²⁴ – rien que ça! Que de promesses mirifiques! Et qui sont encore réitérées en 2019 par le Global System for Mobile Communications (GSMA), un consortium d'entreprises dans le domaine du mobile²⁵.

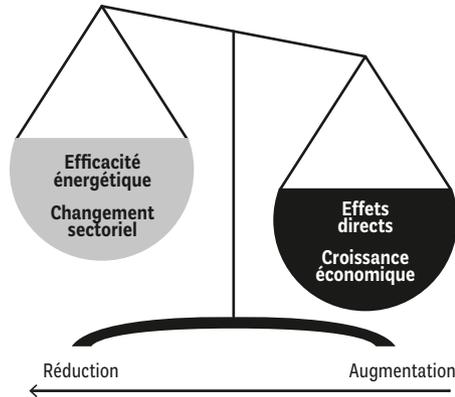


* Par exemple, réduction des déforestations, énergie éolienne, biocarburants
 † 21,9 Gt CO₂e (e : abréviation pour « équivalent CO₂ ») de réductions ont été identifiées dans la courbe de coûts McKinsey et des estimations de cette étude.
 Source : Per-Anders Enkvist, Tomas Naucler et Jerker Rosander, « A cost curve for greenhouse gas reduction », The McKinsey Quarterly, n°1, février 2007.
[\[www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/a-cost-curve-for-areenhouse-gas-reduction\]](http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/a-cost-curve-for-areenhouse-gas-reduction)

RÉDUCTIONS D'ÉMISSIONS PROMISES PAR LE GESI EN 2008. [Source: Rapport SMART2020, 2008]

Qu'en est-il aujourd'hui? Nous pouvons constater que l'évolution des émissions du secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC) a été assez bien anticipée par SMART2020: elles s'élèvent à 1,5 milliard de tonnes de carbone, soit 3% des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial²⁶. C'est 50% de plus qu'en 2007. Et les gains espérés dans les autres secteurs n'ont pas été réalisés. Au contraire, 2020 a été une année record pour les émissions de gaz à effet de serre, sans qu'un «effet numérique» soit perceptible. Pourtant, les solutions avancées par SMART2020 ont en partie été mises en œuvre: les moteurs «intelligents», ou du moins pilotés numériquement, ont progressé²⁷; la logistique a massivement recours au numérique, et bientôt à l'intelligence artificielle, sans parler de l'usage courant de la vidéoconférence; les réseaux énergétiques sont contrôlés électroniquement; seul le secteur des bâtiments, représentant un quart des gains

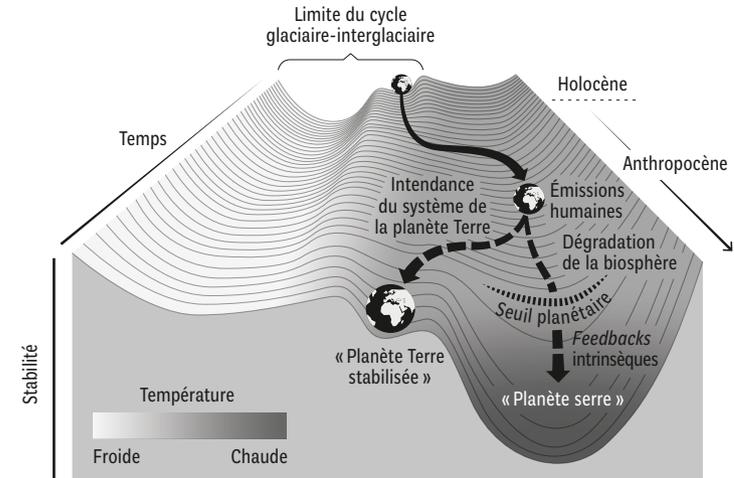
espérés dans le rapport, peut être considéré comme ayant été peu «digitalisé». La digitalisation du monde est incontestable. Or les réductions ne se sont pas produites. Pire, les émissions ont augmenté. Aucun «découplage» des émissions avec la croissance économique n'est en vue, ni sous l'angle des gaz à effet de serre ni sous celui d'autres paramètres tels que la consommation de matériaux²⁸. L'épisode de la covid est quant à lui ambigu: baisse du transport, baisse des émissions et hausse des usages numériques, certes, mais avec quel effet pérenne à l'arrivée? Jusque-là, quatre dynamiques étaient à l'œuvre: la consommation croissante du secteur numérique; son efficacité énergétique, qui réduit sa consommation relative mais alimente l'effet rebond, puisque ces gains sont rentables et dégagent des profits à investir ailleurs; l'effet globalement positif du numérique sur la croissance économique mondiale, d'où une consommation d'énergie en hausse; et, enfin, des effets ambivalents sur les autres secteurs mais qui vont généralement de pair avec des gains économiques, à nouveau, et donc avec des consommations croissantes. Que ces dynamiques aient partiellement été ralenties par l'épisode covid n'indique pas qu'elles aient faibli. Elles peuvent, par conséquent, repartir de plus belle. D'autant plus que les grands acteurs du numérique ont déjà indiqué leur intention de tout faire pour que le «monde d'après» soit aussi peu différent que possible du «monde d'avant».



LE BILAN ÉCOLOGIQUE DU DÉPLOIEMENT DU NUMÉRIQUE.

[Source: Steffen Lange, Johanna Pohl et Tilman Santarius, « Digitalization and Energy Consumption. Does ICT Reduce Energy Demand? », Ecological Economics, vol. 176, octobre 2020, p. 106760]

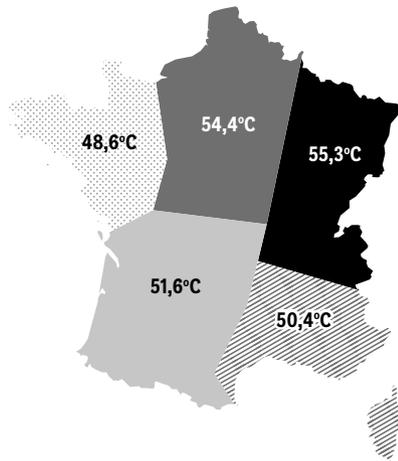
En voulant croire aux promesses des industriels ou en refusant de prendre toute la mesure d'un tel enjeu, nous avons incontestablement laissé filer les émissions et perdu dix ans, alors que le GIEC se montre chaque fois plus alarmant dans ses rapports et que deux chercheurs en écologie, Will Steffen et Johan Rockstrom²⁹, montrent que nous nous approchons d'un basculement global (« *tipping point* ») qui sera meurtrier.



**LE BASCULEMENT POSSIBLE DE LA PLANÈTE
DANS UNE PÉRIODE CHAUDE.**

[Source: Steffen, Will et al., « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 115, n°33, août 2018, p. 8252]

La France pourrait ainsi connaître des pics de chaleur dépassant 54 °C, dès 2050, c'est-à-dire quand les jeunes âgés de 20 ans aujourd'hui n'auront que 50 ans. 54 °C, c'est la température maximale enregistrée dans la vallée de la Mort, aux États-Unis. On imagine sans peine l'état du reste du monde quand l'Hexagone en sera là. Il n'y aura certainement plus de numérique ni aucune chaîne de valeur globale. L'économie se sera massivement relocalisée.



La France pourrait connaître des températures supérieures à 54°C d'ici 30 ans.

[Source de l'illustration: Journal du dimanche, 14 août 2017. Source scientifique: Margot Bador et al., « Future Summer Mega-heatwave and Record-breaking Temperatures in a Warmer France Climate », *Environmental Research Letters*, vol. 12, n° 7, juillet 2017, p. 74025]

La Food and Agriculture Organization of the United Nations indique un besoin de croissance de la production alimentaire mondiale de 60%, alors qu'un changement climatique, même de faible intensité, aura pour conséquence de réduire les ressources disponibles au lieu de les augmenter³⁰. Une rupture ou même une tension sur l'alimentation aura des répercussions dans tous les secteurs, étant donné que l'alimentation n'est pas un besoin dont on peut se passer, à la différence de la voiture et de l'ordinateur.

Pourquoi une telle erreur? Les rapports du GeSI sont symptomatiques du discours standard tenu jusqu'à présent sur le sujet. Il consiste toujours à mettre en avant des solutions techniques qui semblent relever du bon sens pour le lecteur et à affirmer que leur large diffusion réduirait l'empreinte

écologique de l'activité concernée – ainsi le télétravail ou la visioconférence, la communication, le monitoring ou encore l'automatisation. Le problème est que les scénarios d'usage sont peu fiables, comme le montrait déjà un rapport contemporain de SMART2020, réalisé par BIO Intelligence Service. En 2009, ce rapport, qui se donnait la peine de reposer sur un appui sociologique, indiquait que les gains espérés étaient aussi douteux que les scénarios d'usage sous-jacents³¹. Le GeSI n'était pas tout à fait inconscient de son irréalisme: SMART2020 conditionnait les promesses de réduction à la maîtrise de l'effet rebond, fauteur de troubles tout aussi fameux que mystérieux. Ainsi: « Les technologies numériques, en améliorant l'efficacité, peuvent conduire à une réduction des émissions. Mais empêcher l'effet rebond implique de mettre en place un cadre permettant de contenir les émissions (tel que des quotas d'émissions liés à un prix global du carbone), qui encourage la transition vers une économie bas carbone. En l'absence de telles contraintes, il n'y a aucune garantie que les gains en efficacité ne vont pas conduire à des émissions croissantes³². » Oui, vous avez bien lu: en l'absence d'un tel cadre contraignant, rien ne garantissait que les gains promis ou espérés seraient obtenus, bien au contraire.

Le cadre proposé (les quotas d'émissions) avait-il la moindre chance d'être suffisamment « contraignant »? Une étude, même superficielle, des enjeux politiques liés à la réduction des gaz à effet de serre serait facilement arrivée à la conclusion qu'aucune société n'a jamais décarboné son économie uniquement à coups de permis ou de taxes, ni même avec les solutions proposées par les acteurs du numérique. L'exemple de la Suède, souvent mis en avant, le montre bien: le pays a adopté une stratégie cohérente et lisible, reprise tant par l'État que par les différents partis politiques, organisée sur une longue durée et répondant aux enjeux concrets de la décarbonation³³. Une taxe carbone a bien été instaurée, mais pour accompagner la transition; nul n'en a attendu qu'elle la déclenche à elle toute seule.

En France, la taxe a provoqué les Bonnets rouges puis les Gilets jaunes, et encore la liste est-elle incomplète³⁴. S'agissait-il de mouvements anti-écologistes? Selon une enquête, les Gilets jaunes, en moyenne statistique, ont jugé cette taxe injuste (car touchant d'abord les faibles revenus dépendants d'un contexte spatial, «périphérique»), inefficace (aucun effet sur les comportements, puisque la taxe ne levait pas la contrainte territoriale) et douteuse, puisque l'argent collecté n'était pas explicitement destiné à l'écologie³⁵. Et les «permis de polluer»? Las, le mécanisme européen est à la dérive, entre fraude à la TVA et spéculation financière³⁶...

L'analyse développée jusqu'ici le montre bien: la cause principale de la croissance des émissions de gaz à effet de serre, y compris numériques, réside dans l'action conjointe des entreprises et de l'État. Celle-ci n'est nullement «contrainte» par les mesures que le GeSI promouvait. Les promesses bruyamment mises en avant, et reprises dans de nombreux cercles de décision, non seulement ne reposaient donc sur aucune analyse sérieuse, mais permettaient à l'industrie de se donner une bonne image, tout en reportant la responsabilité sur le consommateur, ou sur le législateur. Le GSMA réitère cette arnaque intellectuelle en 2020: il consacre des pages et des pages à faire des promesses mirifiques, en occultant les politiques industrielles en cours, notamment celles de ses membres, alors qu'elles vont en sens contraire. Il préfère renvoyer l'incertitude à cet «effet rebond» qu'il juge hors de son périmètre de responsabilité³⁷. Quel tour de passe-passe! Le rapport SMARTer 2030 (2019) du GeSI prend en quelque sorte acte de la critique, quoique bien tardivement, constatant que la trajectoire n'est pas la bonne; le *motto* est désormais celui du numérique avec un but («*digital with purpose*»), sous-entendu: un but différent de celui qui a été poursuivi jusqu'ici... Malgré cela, rien n'est réellement dit des tensions qui existent entre le but qu'il faudrait établir, et celui qui est déjà bien en place et qui va à l'opposé. Le rapport aligne à nouveau des études de cas

anecdotiques et affiche ses bonnes intentions, sans proposer une analyse sérieuse des forces déterminées à poursuivre le déploiement du numérique sans considération pour la planète. L'agriculture, menacée par des changements climatiques, peut bien trépasser, écrasée sous le poids de contraintes de toutes sortes, pourvu qu'on ait du numérique: telle est la hiérarchie des besoins, du côté de la Bourse, des banques et des États. Les investisseurs, qui n'ont pas un centime pour l'agriculture ou la planète, ni même d'ailleurs pour les mines nécessaires au fonctionnement de l'informatique, comme nous le verrons, signent chèque en blanc sur chèque en blanc pour le numérique. Et ils feront évidemment tout pour récupérer leur mise par la suite. Si l'objectif réel est d'entrer dans le club très fermé des 500 personnes les plus riches du monde, alors ces 20 dernières années leur donnent raison. Bill Gates, Jeff Bezos, Mark Zuckerberg: les dirigeants des GAFAM ont clairement pris le pouvoir.

Le déploiement du numérique, tel qu'il se joue en ce moment et depuis plusieurs années, est donc triplement incompatible avec le développement de la vie sur Terre: par ses implications écologiques directes, notamment en matière d'émissions de gaz à effet de serre; par les ressources qu'il monopolise et qu'il empêche d'être investies ailleurs, en matière de techniques ou de main-d'œuvre («coût d'opportunité»); par son action «fluidifiante» sur la croissance des autres secteurs. Le numérique facture, fait payer, mais il ne crée guère de valeur pour la planète: c'est une autre manière d'apprécier le «paradoxe de Solow», qui posait le problème de la contribution réelle des ordinateurs à l'économie³⁸. Pas tout à fait inconscient de la situation, Elon Musk évoque la nécessité de se réfugier sur Mars pour sauver l'espèce³⁹. Adam Musk et Ève (Paris Hilton? Kim Kardashian?) embarquant dans la Tesla Rocket? Telle semble être la vision des industries du «progrès», pétries d'égoïsme et gavées de science-fiction –fuyant leurs responsabilités. Elles ont en outre l'argent et l'attention des gouvernements: le Green New Deal européen reprend

largement ce discours pro-numérique et propose un scénario certes ambitieux mais peu réaliste, car éloigné des dynamiques réelles des acteurs, et se souciant peu de l'effet rebond, puisque celui-ci est en premier lieu le résultat de la croissance économique, comme l'Europe le reconnaît elle-même, dans un rapport qui s'interroge sur le ralentissement des résultats en termes de réduction des gaz à effet de serre⁴⁰. Le sujet n'est pas nouveau puisqu'il remonte à Stanley Jevons (1865)⁴¹. Dans un article déjà ancien (1992) du *Energy Journal*, l'économiste Harty D. Saunders montre que, dans le cadre de l'économie néoclassique, des acteurs cherchant leur intérêt économique vont *toujours* convertir les gains en efficacité énergétique ou matérielle en une augmentation de la consommation, et donc *toujours* générer un effet rebond⁴².

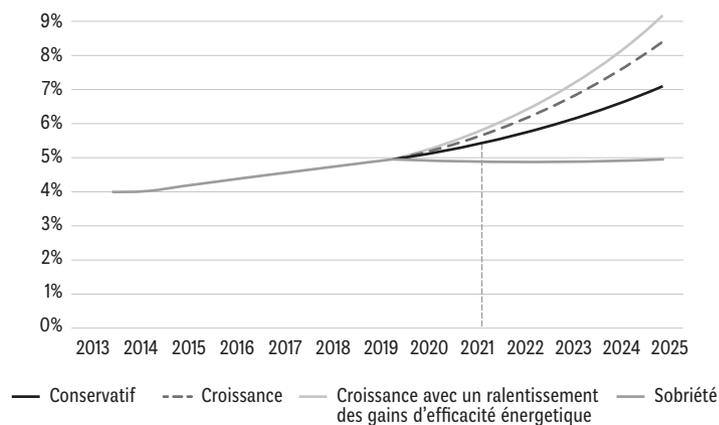
Les rapports du GeSI semblent être frappés d'ignorance sélective: des promesses infondées, des objections classiques ignorées, la réalité des stratégies industrielles occultée. Tous les ingrédients du *greenwashing* sont présents, tels que le définit le Code de communication de la Chambre de commerce internationale: «Toute allégation dans laquelle il est fait référence, de façon explicite ou implicite, à des aspects environnementaux ou écologiques relatifs à la production, à l'emballage, à la distribution, à l'utilisation/consommation ou à l'élimination des produits [...] doit être conçue de manière à ne pas profiter abusivement de l'intérêt des consommateurs pour l'environnement ou exploiter leur éventuel manque de connaissance sur l'environnement⁴³.» À voir comment les rapports du GeSI ont été repris, entre 2008 et 2020, à la différence de nos propres travaux ou du rapport de Bio Intelligence service (2008), la stratégie a bien fonctionné.

L'ILLUSION DE L'ABONDANCE INFINIE

L'étude récemment proposée par le Shift Project⁴⁴ précise les enjeux. Le périmètre retenu comprend cinq éléments: les réseaux de communication, les centres de données, les terminaux (téléphones, smartphones, PC portables, PC fixes, box, tablettes, équipements audiovisuels dont les télévisions), les capteurs IoT («Internet of Things» ou Internet des objets) et les évaluations de consommation de données tirées des rapports de Cisco. Le Shift Project estime la consommation énergétique du numérique à 3% du total mondial, avec une augmentation d'environ 9% par an, soit un doublement tous les 9 ans: c'est davantage que la croissance de la demande d'électricité et d'énergie, déjà catastrophique pour le climat. Du fait du mix énergétique mondial, les émissions de gaz à effet de serre du numérique sont évaluées entre 3 et 4% du total. C'est davantage que l'aviation, avec une croissance également plus rapide (plus de 7% par an): la comparaison faite par le consultant Gartner en 2007 reste valide. Et le Shift Project souligne que Cisco a été prudent jusqu'ici, malgré des chiffres de croissance affolants: chaque année, l'équipementier a sous-estimé la croissance du trafic⁴⁵. La croissance vient pour l'instant des usages domestiques, dont nous avons vu à quel point le choix a été éclairé. Demain, ce sera le «BtoB», les usages industriels; mais aussi le jeu vidéo et les univers immersifs.

Le Shift Project a récemment mis à jour les scénarios prospectifs proposés dans l'étude de 2018⁴⁶. Trois variables les structurent: le rythme du progrès de l'efficacité énergétique, du trafic de données et de la production d'équipements. Le scénario «tendanciel» (dénommé «conservatif») fait l'hypothèse d'un maintien du tempo historique sur les trois variables évoquées; en d'autres termes l'avenir serait identique au passé. Dans ce cas, la consommation électrique du numérique progresse de 6,5% par an, aboutissant en 2025

à 7% de la consommation d'énergie primaire dans le monde, et 5,5% des émissions de GES globales. Le scénario «sobriété» fait l'hypothèse d'un ralentissement de la production et du trafic de données. Les émissions croissent malgré tout très légèrement, passant de 3,5 à près de 4%. Mais si la production s'intensifie, de même que le trafic de données, et que l'efficacité énergétique ralentit «légèrement», alors la consommation énergétique s'envole (+10%/an), dépassant les 9% dès 2025, soit 7% des émissions de GES globales. Les quatre sources principales de croissance de la consommation sont le smartphone et notamment son rythme de renouvellement (coût énergétique de fabrication), les périphériques, l'Internet des objets industriels (IIoT) et l'explosion du trafic de données (plus de 25% par an d'après Cisco), qui se répercute sur la croissance des réseaux et des centres de données.



ÉVOLUTION 2013-2025 DE LA PART DU NUMÉRIQUE DANS LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE MONDIALE
 [Source: *The Shift Project - Forecast Model 2021*]

L'évolution des consommations dépend essentiellement de deux facteurs, qui jouent l'un contre l'autre: d'un côté, la croissance du trafic et du calcul, et de l'autre, l'amélioration de l'efficacité énergétique. Au niveau d'un centre de données, par exemple, les améliorations possibles sont l'efficacité des matériaux (SSD, fibre optique), l'optimisation des systèmes de gestion de l'énergie, des veilles, etc., leur implantation dans des régions froides (climatisation naturelle) ou, au contraire, la réutilisation de la chaleur à des fins de chauffage (maisons ou piscines)⁴⁷. L'efficacité peut aussi passer par une amélioration du taux d'usage des serveurs (*via* la virtualisation)⁴⁸. Toutes ces initiatives se heurteront toutefois à une limite absolue: la barrière de Landauer⁴⁹. En 2015, l'industrie des semi-conducteurs avertissait qu'au rythme d'appel de puissance de calcul numérique, la totalité de l'énergie consommée dans le monde en 2010 serait absorbée par le numérique d'ici 2040. Une amélioration de l'efficacité énergétique des transistors d'un facteur 1000 ne décalerait cette échéance que d'une décennie (2050)⁵⁰. Parier sur l'efficacité énergétique pour compenser la hausse des usages est donc risqué. Lorsque le Shift Project affirme qu'en l'absence d'un changement de cap important, le numérique pourrait annihiler à lui seul au moins 20% des réductions d'émissions nécessaires pour respecter la trajectoire de l'Accord de Paris, il se montre donc plutôt prudent. À l'opposé, en ne se focalisant que sur les consommations domestiques, et sans prendre en compte la dynamique réelle du secteur numérique, le rapport du Conseil général de l'économie⁵¹ est très imprudent. D'autant qu'à notre connaissance, aucune autre étude ne change significativement la donne⁵². L'Agence internationale de l'énergie a tenté de prendre le rapport du Shift Project en défaut, étant liée aux intérêts numériques que ces chiffres contrarient, mais elle n'y est pas parvenue.

DES USAGES VORACES ANCRÉS DANS LE QUOTIDIEN

Le Shift Project n'explore pas n'importe quel avenir, mais celui dans lequel la vision du GSMA se réaliserait⁵³. Il importe en effet de se tenir au plus près des stratégies du secteur, afin d'éclairer ce qu'elles sont en train de produire, et dont elles portent la responsabilité, à rebours de ce qu'elles voudraient laisser croire.

2012	2017	2022
2 smartphones	4 smartphones	4 smartphones
2 PC	2 PC portables	2 PC portables
1 tablette	2 tablettes	2 tablettes
1 DSL/câble/fibre/ Wi-Fi + 3G	2 box + 4G	3 box + 5G
1 imprimante et scanner	1 imprimante et scanner	1 imprimante et scanner
1 console de jeux	1 console de jeux	2 consoles de jeux
	1 télévision connectée	3 télévisions connectées
	1 voiture connectée	1 caméra numérique
	1 paire de chaus- sures de sport connectée	2 voitures connectées
		3 terminaux de sport (e-watch)
		7 ampoules intelligentes
		1 terminal de santé connecté
		4 capteurs domestiques

Équipement d'une famille typique composée
de quatre personnes, 2012, 2017, 2022, adapté de GSMA,
The Impact of the Internet of Things: The Connected Home, 2015.

Chiffrons les consommations. Les données proposées ici incluent toutes les consommations induites par l'usage d'un produit: la fabrication des objets, leur consommation en usage, mais aussi les infrastructures qu'il a fallu mettre en place et alimenter pour que le service attendu soit fonctionnel, etc. L'«analyse de cycle de vie» est un outil qui intègre par définition la totalité des consommations nécessaires pour que la fonctionnalité et donc l'usage soient disponibles.

- L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) nous apprend que le smartphone consomme 55 kWh par produit par année d'utilisation⁵⁴. Le parc est actuellement de 5,5 milliards de smartphones (2020) et les ventes annuelles sont estimées à 1,5 milliard (Statista). Près de 90% de l'énergie est consommée durant la phase de production: le renouvellement a donc un impact très important. Le Shift Project note aussi que si le contenu CO₂ des iPad tend à se stabiliser après avoir fortement augmenté, ce n'est pas le cas des iPhone: l'iPhone X est à 93 g contre 80 g pour l'iPhone 6 (chiffres Apple). Apple a certes développé une alimentation en énergie 100% renouvelable, mais cela ne concerne que le siège de l'entreprise aux États-Unis: la fabrication s'effectue en Chine et les usagers utilisent l'électricité du réseau local, sachant que le contenu du kWh en carbone aux États-Unis tourne autour de 500 g (Chine: 700 g). En ce qui concerne la télévision, l'Ademe annonce 333 kWh par produit par année d'utilisation: six fois plus qu'un smartphone. Le poids de la fabrication n'est ici que de 15%. Ce chiffre tient au fait que l'appareil consomme beaucoup plus en fonctionnement, comparativement, mais aussi à ce qu'il dure huit à dix ans, voire davantage. La télévision se transforme (elle a grandi, etc.), mais elle ne tend pas à consommer plus, ni moins, unitairement, dans la mesure où l'efficacité énergétique (LED, etc.) a été compensée par l'augmentation de la taille des écrans⁵⁵ –on se souvient des démonstrations de force de Samsung en la matière au CES

de Las Vegas. Le parc mondial (environ 1,5 milliard d'appareils) diminue, ce qui n'est pas forcément une bonne nouvelle si la vidéo se déplace sur le mobile, plus énergivore. Du côté de l'ordinateur, l'Ademe donne un chiffre à peu près égal pour les fixes et pour les portables: autour de 280 kWh par produit par année d'utilisation, un peu moins qu'une télévision. Le poids de la fabrication est un peu plus important pour le portable. Le PC fixe doit cependant s'adjoindre un écran, qui vaut trois smartphones: autour de 140 kWh par produit par année d'utilisation. La part de la fabrication est de 30%. Le parc mondial est de 3 milliards de PC, un chiffre stable. Le portable est plus économe, donc, à condition de ne pas s'équiper d'écrans d'appoint et que le multi-équipement ne s'impose pas. Or ce n'est pas la tendance, ni dans les entreprises ni chez les CSP+, l'utilisation prolongée d'un ordinateur portable générant des troubles musculo-squelettiques importants.

- La consommation des tablettes est évaluée à un peu plus 110 kWh par produit par année d'utilisation, soit l'équivalent de deux smartphones: ce n'est pas négligeable. Mais leur usage reste plus limité: Statista annonce 1,3 milliard d'utilisateurs, en nombre stabilisé. Leur rôle dans l'équation générale paraît assez faible et devrait le rester.
- C'est également le cas de l'imprimante domestique: 220 kWh par produit par année, dont plus de 50% à la fabrication. L'objet vaut une centaine d'euros à l'achat. En France, les ventes sont en baisse, avec un peu plus d'un million d'unités écoulées chaque année. 2% de la population en est équipée. On peut estimer que cette baisse va se poursuivre, même si la population mondiale est encore largement sous-équipée.
- Le modem (ou «box») consomme plus de 260 kWh par an par unité, dont près de 20% à la fabrication. La planète compte «seulement» 1,1 milliard de connexions fixes (contre 6,6 milliards en mobile): la marge de progression est énorme. La croissance est actuellement de près de 10%

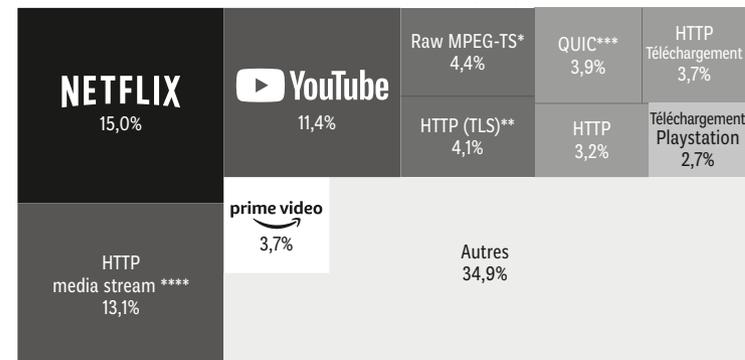
par an. Le smartphone va-t-il arrêter cette croissance? Remplacera-t-il la box? Outre la question des ondes électromagnétiques, le fait est que les installations fixes sont plus efficaces que le mobile sur le plan énergétique.

Attardons-nous sur les jeux vidéo, dont nous avons vu qu'ils sont en forte croissance, passant de 1 à 4% du trafic mondial entre 2017 et 2022, selon Cisco. Les objectifs sont clairs: pour Microsoft, «des entreprises comme Amazon et Google s'efforcent de voir comment attirer 7 milliards de personnes vers le jeu⁵⁶». Apple se lance à son tour avec Apple Arcade. Bref, il est clair que le secteur va investir massivement pour séduire le consommateur et le prendre dans ses filets. Avec quelles conséquences? Là encore, elles sont calculables. Les consommations domestiques des consoles sont faibles ou comparables à un PC. Nintendo est particulièrement à la pointe dans le domaine énergétique: une console Switch consomme entre 10 W et 15 W (en fonctionnement), quand les autres se situent entre 40 W et 200 W⁵⁷. Mais les choses se compliquent rapidement. Un joueur «extrême» peut consommer jusqu'à 2500 kWh par an, tout compris (soit la consommation d'un foyer): trois écrans en 4K, deux PC «gonflés»... Le jeu sur *cloud* s'avère être de loin le plus consommateur de ressources. En *streaming*, un terminal de 10 W peut provoquer jusqu'à 520 W de consommation en amont («*upstream*») dans les centres de données. Le *cloud gaming* consomme en moyenne trois à quatre fois plus du côté des centres de données, en moyenne, d'après l'étude conduite par le chercheur Evan Mills, rattaché au célèbre Lawrence Berkeley National Laboratory. En Californie, le jeu consomme à peu près autant que la climatisation ou la télévision⁵⁸. Cisco avertit: «Si le *cloud gaming* devient populaire, il peut rapidement devenir l'une des catégories principales de trafic sur Internet⁵⁹.»

Le jeu attire l'attention sur un autre angle mort de la comparaison insistante du numérique avec l'imprimerie: l'image. Les éditeurs savent bien qu'imprimer une image revient plus cher qu'un texte, dans la mesure où elle n'est pas une simple

combinaison de signes préexistants sur le modèle de la presse de Gutenberg. L'image numérique gomme un peu la différence, puisqu'un texte est désormais une image sur un écran: ce qui s'affiche est la résultante d'algorithmes qui commandent l'allumage ou l'extinction de pixels. Mais plus le nombre de pixels est élevé (donc plus l'écran est grand), plus les pixels sont complexes (noir et blanc, couleur, etc.), plus la consommation de calcul et donc d'énergie augmente, nonobstant les progrès de l'efficacité énergétique. Une image animée consomme évidemment plus qu'une image fixe. Les joueurs expérimentés demandent 60 images par seconde et même davantage pour faire des ralentis. Et une image peut avoir trois dimensions. Le monde est profond, opaque⁶⁰. Restituer cette épaisseur et cette pluralité de perspectives implique une consommation de calcul bien plus importante que celle d'un simple texte. Dans un rapport de 2009⁶¹, nous citions déjà cette étude de Nicholas Carr, abondamment commentée, selon laquelle un avatar sur Second Life, un monde persistant très à la mode à l'époque, consommait autant d'électricité qu'un Brésilien moyen⁶². Or ce monde numérique n'était pas encore très grand, et la qualité de l'immersion était faible...

L'image engendre donc de gros fichiers. Et ils peuvent grossir quasiment à l'infini, puisqu'il n'y a pas de bornes au monde visible. Il n'est pas surprenant que la vidéo arrive en tête du trafic mondial. Netflix représente aujourd'hui 15% du trafic global sur Internet, YouTube 11,4%, Amazon Prime Video 3,7%. Le téléchargement sur PlayStation représente à lui seul le chiffre incroyable de 2,7% du trafic total⁶³. Le Web (HTTP) classique atteint moins de 10%, ce qui inclut donc, entre autres choses, les requêtes Google. Sur mobile, YouTube représente 37% du trafic. Les réseaux sociaux occupent eux aussi une place prépondérante, car ils sont riches en images: Snapchat draine 8,3% du trafic, Instagram 5,7%, Facebook 8,4% et WhatsApp 3,7%⁶⁴. Quoi de plus simple que de poster une vidéo ou une image en ligne? Tout est fait pour.



- * Fichier RAW MPEG Transport Stream (flux de transport MPEG)
- ** HTTP Transport Layer Security (protocole de sécurisation des échanges par réseau)
- *** QUIC est un protocole de réseau de couche de transport à usage général initialement conçu par Jim Roskind chez Google
- **** HTTP media stream: protocole de streaming basé sur le protocole HTTP, le plus couramment utilisé pour transférer des médias à la demande ou en stream.

**DISTRIBUTION DU TRAFIC DESCENDANT MONDIAL,
PAR APPLICATION WEB.
[Source: Statista]**

Et ce n'est pas fini, si l'on observe la tendance esquissée par les produits mis sur le marché. L'équipement en haute définition augmente de près de 50% par an, et la ultra-haute définition (4K) ne cesse de prendre de l'ampleur. Un certain modèle de caméra 64 Mp (mégapixels: millions de pixels) peut enchaîner les images de 1 Go les unes à la suite des autres⁶⁵, au rythme de 10 à 60 par seconde. On objectera que l'appareil est encore cher et cet exemple un peu extrême. Mais une caméra de surveillance 0,3 Mp coûte 100€, voire 200€ pour une caméra HD (1 à 2 Mp). À raison d'une fréquence ordinaire de 8 à 15 images par seconde, elle produit facilement 50 Mo par seconde, sans compression, soit 300 Go par heure, et peut équiper plusieurs millions ou milliards de bâtiments. Certes, l'image peut rester sur place, ne pas être conservée, être compressée (aujourd'hui la compression conduit à des débits de 1 Mo par seconde), etc.

Encore faut-il que ce souci soit à l'ordre du jour. Et si c'est le cas, alors la meilleure solution peut aussi bien être de ne pas utiliser de caméra du tout. D'autres usages incroyablement voraces se profilent sans le moindre souci écologique. Citons la « vidéo volumétrique », à base de caméras 5K, qui génère un flux de 3 To... par minute ! Soit 50 Go par seconde. Un film « volumétrique » de 2 heures « pèserait » donc pas moins de 180 To : l'équivalent de 180 000 films en HD ! Et Intel estime sans sourciller que ce format est le « futur d'Hollywood⁶⁶ ». Les écrans plats et indéfiniment extensibles présentent en outre l'intérêt de pouvoir être disposés partout, pas seulement à la maison ou en usage mobile. Les célèbres écrans de Times Square, bien qu'étant désormais équipés de LED, consomment malgré tout 160 MW : près de 20 % de l'énergie produite par une centrale nucléaire⁶⁷. Un panneau numérique urbain à deux faces consomme douze fois plus que son équivalent déroulant papier⁶⁸, soit autant que trois foyers (12 000 kWh par an) – et encore la facture semble-t-elle sous-estimée, car le document de JCDecaux n'envisage pas un fonctionnement 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, alors que tel est souvent le cas⁶⁹.

Peut-on réguler la situation ? Comment ? Les usages des images sont extrêmement divers. Le Shift Project pointe du doigt les vidéos porno⁷⁰ : à tort ou à raison ? Dans tous les cas, ni la capture vidéo ni le copier-coller des fichiers ainsi générés n'ont de limite discernable en matière d'usages. L'image, en effet, correspond à la totalité de ce qui est non seulement visible, mais aussi imaginable. Les applications « immersives » peuvent très bien aller jusqu'à créer des communautés entièrement virtuelles, incluant à la fois l'image (« volumétrique ») et les données tactiles. La science-fiction l'a anticipé, avec par exemple *Virtual Revolution*, *Matrix* ou *Assassin's Creed*. Quelle sera la quantité de calcul ou de trafic nécessaire ? Elle se chiffrera sans doute en unités encore inconnues, sachant qu'il n'existe actuellement rien au-delà du yottabyte (= 1 000 000 d'exabytes) dans le système international de mesure.

Le GSMA évoquait aussi le fait que deux voitures « connectées » seraient à disposition des foyers. Or, en 2016, Intel annonçait que ce type de véhicule consommait 4 pétaoctets... par jour⁷¹. En 2020, une personne génère ou fait transiter 2 GB par jour, ce qui veut dire que ces voitures consomment deux millions de fois plus. Le PDG d'Atos, Thierry Breton, réévaluait récemment ce chiffre à 30 pétaoctets de données par jour⁷². Les principales sources de consommation sont les caméras (20 à 60 Mo par seconde) et le système de télédétection par laser (entre 10 et 70 Mo par seconde).

La voiture autonome n'est finalement qu'un cas particulier de l'« intelligence artificielle » et du « Big Data » (données massives ou mégadonnées). Avec la machine de von Neumann, toute information peut être traitée par une machine à traiter l'information : la récursivité ou « feed-back » est potentiellement illimitée. L'intelligence artificielle et le Big Data sont donc sans limites perceptibles, à nouveau, et ce pour une raison bien simple : le numérique est un monomédia, qui permet l'interconnexion de toutes les productions d'information entre elles, offrant la possibilité de les intégrer dans un seul calcul gigantesque. Rien de tel n'est possible avec le papier, la télévision ou la photo, car ces supports ne sont pas connectés entre eux. Strubell, Ganesh et McCallum ont montré, à partir d'un réseau de neurones courant utilisé pour traiter le langage naturel, qu'une séance d'entraînement consommait 350 tonnes de CO₂⁷³, soit 300 allers-retours entre New York et San Francisco. Sait-on que la reconnaissance par smartphone est traitée par les centres de données, et non par l'appareil, pour ne pas grever son autonomie ? Et il ne s'agit que de mots : là encore, l'usage d'images voire de vidéos est déterminant dans la consommation énergétique de l'opération⁷⁴.

L'ordinateur quantique peut-il prendre le relais ? Sa consommation semble actuellement insensible à la puissance de calcul appelée, mais celle-ci est très faible, relativement à la puissance de refroidissement nécessaire, dans la mesure où ce type d'ordinateur fonctionne à une température proche

du zéro absolu: - 273°C. Plusieurs publications, qui s'appuient notamment sur des considérations de physique fondamentale, suggèrent que la consommation d'énergie pourrait augmenter fortement lorsque ces machines deviendront plus puissantes⁷⁵. De plus, le quantique, c'est l'invention, là encore, pas l'innovation: combien de temps faudra-t-il pour qu'il joue un rôle significatif dans l'«écosystème» de calcul global? Et s'il joue un rôle, fera-t-il autre chose que d'accélérer les tendances existantes? Rien ne l'indique, car c'est bien ainsi que son avenir est présenté par les industriels qui en font la promotion: un «accélérateur digital⁷⁶».

LA MATÉRIALITÉ DU DÉFERLEMENT NUMÉRIQUE

D'après l'OCDE, la poursuite de la trajectoire tendancielle dans le monde, tous secteurs confondus, amènerait la consommation de matériaux à doubler d'ici 2060, passant de 89 milliards de tonnes (Gt) en 2017 à 167 Gt⁷⁷. Elle avait déjà augmenté de 27 Gt en 1970 à 89 Gt en 2017. Le rapport du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE ou UNEP en anglais) conclut à des prélèvements plus importants encore: 183 Gt en 2050⁷⁸. Les quantités commercialisées ne représentent certes que 15% des quantités extraites: le reste, ce sont les déchets d'extraction. Ainsi, 96% du minerai de cuivre demeure sur place⁷⁹. Mais les flux de matière commercialisée s'élèveraient tout de même à 27 milliards de tonnes dans 30 ans⁸⁰. Les minéraux non métalliques tels que le sable, le gravier et le calcaire représentent la moitié du flux mondial de matière. Les trois sont utilisés pour produire du béton. Dans le scénario tendanciel de l'OCDE, ils devraient croître de 95% sur la période indiquée, passant de 44 à 86 Gt. La croissance la plus forte serait celle des métaux: de 9 à 20 Gt (+ 122%). Ils ne représentent que 10% du volume extrait, mais leur importance

est majeure sur le plan de la valeur. Les sept «métaux clés», en raison de leur importance en volume (aluminium, cuivre, fer, manganèse, nickel, plomb, zinc), voient leur empreinte carbone augmenter sans cesse, jusqu'à représenter 9% des gaz à effet de serre en 2060; leurs émissions auront alors quadruplé par rapport à 2017. Les deux autres catégories principales sont les combustibles fossiles (de 15 à 24 Gt, soit une augmentation de 60%) et la biomasse (de 22 à 37 Gt, soit une augmentation de 70%). Un tel scénario entre évidemment en contradiction totale avec l'Accord de Paris, selon lequel les deux tiers des réserves fossiles devraient être laissées dans le sol.

Quel est le moteur principal de cette évolution délétère? L'OCDE le dit clairement: la convergence des niveaux de vie est la variable principale, et non la démographie. Au niveau européen, le fait est également facile à constater⁸¹: la consommation matérielle brute (corrigée des effets aux frontières) ne cesse de croître, contrairement à ce qu'affirment les discours sur la dématérialisation de la croissance⁸². Ces moyennes recouvrent certes de vastes différences entre régions et habitants. Un habitant d'Amérique du Nord consomme 30 tonnes par an, un Européen 20, tandis qu'un Africain mobilise en moyenne moins de 3 tonnes⁸³. Mais l'important est la dynamique et le modèle de réussite que les plus riches offrent ou imposent au reste du monde – ainsi Boris Johnson vantant les vertus de l'envie et des inégalités comme moteur de la performance économique et du progrès⁸⁴. Ce scénario tendanciel suppose que les politiques restent inchangées, ce qui paraît peu probable, ne serait-ce qu'en raison des effets délétères du dérèglement climatique sur l'économie mondiale. Nous l'avons indiqué plus haut: la dégradation du climat entre directement en conflit avec la croissance de la demande alimentaire⁸⁵. Les famines et l'instabilité des prix changeront inévitablement les priorités dans tous les pays. Le scénario tendanciel sert plutôt d'indicateur pour mesurer l'ampleur des changements de trajectoire à effectuer.

Le poids du numérique dans les flux mondiaux de matière ne fait pas l'objet de statistiques dédiées. Le numérique représente toutefois de 10 à 15 millions de tonnes de déchets par an, sur un total de 45 millions de tonnes de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)⁸⁶. C'est deux mille fois le poids de la tour Eiffel. Et la quantité totale de matière extraite pour parvenir à ce chiffre est bien plus élevée, puisque le poids de l'appareil final ne représente qu'une fraction de la matière déplacée: pas plus de 2% dans le cas du smartphone. Le Shift Project retient un facteur 40 entre le volume total de matière déplacée et le produit final⁸⁷, ce qui nous amène à environ 2 milliards de tonnes de matière, soit 4% du flux global extrait. Et ces 4% ne sont que la matière mobilisée par le numérique lui-même. D'une certaine manière, les 96% restants sont commandés et accélérés par le numérique. La dimension logistique de l'Internet prend donc deux sens: celui des volumes de matière déplacés *par* le déploiement et l'entretien de l'infrastructure numérique elle-même, en plus des volumes déplacés *grâce à elle*.

Par ailleurs, le numérique se caractérise par la très grande diversité des matériaux qu'il mobilise: fer, cuivre, aluminium, argent, or, palladium, indium, gallium, tantale, etc., et bien sûr les fameuses «terres rares». Un rapport du PNUE dénombre 36 matériaux différents⁸⁸, une étude de Nokia recense 43 éléments, soit pratiquement la moitié du tableau de Mendeleïev. Les métaux représentent 44% du poids, devant les plastiques, la batterie et le verre (écran)⁸⁹. Le poids dans la demande mondiale de métaux est significatif: 21% de l'argent mondial (contacts), 42% du cuivre (principalement les câbles), 44% de l'étain (soudures), plus de 50% de l'indium (écrans LCD, soudures sans plomb), 48% du gallium (LED et opto-électronique, CD), 15% du germanium (Wi-Fi), 20% du lithium (batteries), 5% du nickel (batteries), 9% de l'or (contacts), 6% du platine (disques durs, fibre optique), 17% du palladium (condensateurs), 4% du silicium mondial (puces électroniques),

Élément	Usage	Production 2013 (t)	Usage 2013 pour les technologies émergentes (t)	Usage anticipé 2035 pour les technologies émergentes (t)	Croissance de la demande pour les technologies émergentes (t)	Nombre de fois la production actuelle (s'ajoutant aux autres usages)	Recyclage (UNEP 2011)
Lithium	Batteries (mais aussi verres et céramiques)	30000	610	110000	x 180	4	< 1%
HSE/ Dysprosium Terbium	Aimants	2400	2000	7400	x 4	3	< 1%
Tantale	Condensateurs	1300	500	2100	x 4	1,5	< 1%
Cobalt	Batteries	130000	5000	120000	x 24	1	> 50%
Germanium	Fibre optique	140	60	120	x 2	1	< 1%
Palladium	Catalyseur	200	20	100	x 5	50%	> 50%
Indium	Écrans, Photovoltaïque	800	230	360	+ 50%	+ 20%	< 1%
Gallium	Écrans, circuits intégrés	350	90	130	+ 50%	+ 20%	< 1%
Cuivre	Moteurs électriques	18000000	120000	5300000	x 44	+ 25%	> 50%

66 % du tantale (condensateurs, écrans à cristaux liquides) et 18% des terres rares ou lanthanides⁹⁰ (aimants des disques durs, écrans LCD)⁹¹.

Le numérique a une troisième caractéristique: la très grande dispersion des matériaux utilisés. En effet, l'extraction de métaux consiste essentiellement à densifier de la matière dispersée dans du minerai, de manière à obtenir des lingots de matière pure (or, argent, lithium, etc.). Or, non seulement les produits numériques utilisent chacun très peu de matière, mais ils sont eux-mêmes petits et dispersés, tendance qui va se renforcer si l'avenir anticipé par les entreprises du numérique se réalise, puisqu'elles souhaitent insérer du numérique partout: vêtements, frigos, maisons, etc. Matériellement et physiquement, cela revient à disperser ce que l'industrie extractive a rassemblé avec beaucoup d'efforts, puisque cette activité absorbe pas moins de 10% de l'énergie mondiale au total⁹². L'effort à fournir pour recycler la matière sera donc conséquent. L'ingénieur Philippe Bihoux note à juste titre que c'est l'une des incohérences des discours dominants sur la transition écologique: vouloir développer le recyclage en dispersant la matière (par exemple, dans des alliages complexes), alors qu'il faudrait plutôt faciliter la collecte.

Importance des flux, faible densité des ressources et complexité sont donc trois caractéristiques distinctives du numérique sur le plan de la matière. Une quatrième spécificité réside en ceci que les matériaux sont peu substituables.

Pour le Shift Project, les consommations principales, selon les critères de criticité et de leur implication dans le numérique, sont le gallium, l'indium, le tantale, le cuivre, le cobalt et le palladium⁹³. Suivant le scénario tendanciel, la criticité va croître du fait de l'expansion de l'économie numérique: ci-dessous figurent quelques estimations produites par le Fraunhofer Institute à l'horizon 2035⁹⁴. Cette demande est également tirée par les énergies renouvelables, comme l'a souligné le journaliste d'enquête Guillaume Pitron⁹⁵.

La production suivra-t-elle? À quel prix au niveau social, environnemental? Et si elle ne suit pas, le numérique s'arrêtera-t-il tout bonnement de fonctionner? En mars 2021, en raison de la perturbation des chaînes logistiques globales, l'usine Audi de Bruxelles s'est arrêtée, faute de composants électroniques⁹⁶. Une pénurie relative est également provoquée par une sécheresse exceptionnelle à Taïwan⁹⁷.

Un coup de semonce? Répondre à ces questions est difficile, car les déterminants sont très nombreux et globalisés. Le risque n'est pas immédiat, semble-t-il. Mais l'industrie du numérique l'accélère, notamment en asséchant la finance mondiale, qui n'investit plus dans le secteur de l'extraction, comme si elle adhérait aux discours sur la dématérialisation de l'économie. Pourtant c'est l'inverse qui se produit: la «tech» tire la demande de ressources, de sorte que l'un finira par se répercuter sur l'autre, car le numérique ne remplace pas le pétrole et n'est donc pas, à ce titre, «le pétrole» du XXI^e siècle. Le décalage sera d'autant plus important, notamment sur les prix, que la réactivité du domaine minier est faible. Enfin, si les réserves des grands métaux (fer, aluminium, cuivre, manganèse, zinc, titane, plomb, nickel, étain) sont bien réparties, ce n'est pas le cas des petits utilisés par le numérique: la Chine occupe une place centrale, à quelques exceptions près. Le président Deng Xiaoping déclara, au printemps 1992, que «le Moyen-Orient a le pétrole, la Chine a les terres rares», et il mit en place des quotas sur les métaux⁹⁸. En septembre 2010, à la suite d'un incident maritime, la Chine a suspendu ses exportations au Japon, mettant le pays à l'arrêt. Puis la tension est redescendue, dans la mesure où les Chinois ont compris qu'ils avaient besoin du matériel japonais. C'est ainsi que la notion de «réserves critiques» ou de «métaux critiques» ou «stratégiques» a émergé en Europe. La Chine a-t-elle encore besoin du Japon aujourd'hui? On peut en douter.

Le recyclage est-il une solution? Oui, mais partielle. Il désigne plusieurs opérations qui sont souvent confondues:

la collecte des objets ou produits; la part qui peut être réemployée en l'état (usage identique); la part qui doit être renouvelée (usage identique mais avec réparation); la part qui ne peut servir qu'à récupérer la matière (donc destruction des produits – de la matière peut aussi être récupérée au moment de la fabrication); les opérations de tri des matériaux (quel pourcentage est réellement récupéré) dans ce qui peut être récupéré (ce qui peut donner de la matière première de qualité équivalente à la matière première initiale, mais ce n'est pas le cas du papier, ni des plastiques, ni du verre bien souvent). À partir de là, il est possible de calculer le taux de matière première secondaire dans la matière première⁹⁹. Chacune des opérations devrait être décrite pour tous les métaux, avec leurs spécificités, d'où la notion industrielle de « filière ». Sans entrer dans les détails, il importe de retenir que si les grands métaux sont bien recyclés, notamment en France¹⁰⁰, ce n'est pas le cas des petits. En cause, un faible taux de collecte (en France, 40% des déchets électroniques se perdent¹⁰¹), un manque d'installations de démantèlement pour des produits qui ne sont pas faciles à démonter ou à traiter, et des techniques de récupération qui ne sont pas à l'échelle industrielle.

Pour ce qui est de la France, en 2019, les chiffres ont bondi, sous l'effet de la covid. 13 appareils ménagers ont été achetés contre 11 en 2018. Le tonnage collecté a représenté 1,7 million de tonnes, soit + 7%, ce qui s'explique aussi par l'entrée dans la collecte de petits appareils professionnels (prises, etc.), jusque-là négligés. En 2019, le taux de collecte des DEEE est passé de 45% (2018) à 47%¹⁰². Dans ce total, 75% sont « recyclés », ce qui désigne presque exclusivement la récupération d'une partie des matières évoquées: principalement les grands métaux et certains plastiques. On est très loin de l'ordre de priorité mis en avant par l'Ademe et par la réglementation européenne¹⁰³, qui fait de la réutilisation l'objectif numéro un: celle-ci ne représente que 1,5%. 8% sont « valorisés énergétiquement », ce qui veut dire incinérés, et 17% éliminés (mise en décharge

ou incinération sans valorisation)¹⁰⁴. On note des différences importantes entre les particuliers et les entreprises¹⁰⁵. Ces dernières produisent moins de déchets en poids total de DEEE, mais beaucoup plus en quantité, car elles utilisent proportionnellement plus de produits légers. En dynamique, ce sont elles qui tirent la demande: 229 millions de produits acquis en 2018, soit une hausse de 36% par rapport à 2017! Celle de 2019 est moins mesurable. À nouveau, cette observation est cohérente avec le constat de « digitalisation » de l'économie.

Le recyclage frappe par la grossièreté des procédés, proches de l'extraction minière, contrastant avec la finesse de la mise en œuvre dans la fabrication du produit. Les filières en sont souvent au stade expérimental, avec de multiples acteurs et tout autant de techniques. Elles dépendent de flux entrants instables. Des entrepreneurs se lancent ici ou là, avec des risques relativement importants. Dans les cartes électroniques, ce qui intéresse est l'or, l'argent et le cuivre. Un rapport récent de l'Ademe fait le point sur le recyclage des métaux critiques en France¹⁰⁶. Il montre les efforts importants qui ont été réalisés dans le monde industrialisé à la suite de la découverte de la dépendance évoquée vis-à-vis la Chine. Mais le niveau d'avancement ou de maturité technologique (*technological readiness level* ou « TRL ») des projets est bas: en règle générale, les solutions n'en sont qu'au stade de la recherche et développement ou du prototype. Les capacités industrielles ne sont pas à portée de main. À l'échelle mondiale, trois grands acteurs mondiaux issus de l'industrie minière se sont spécialisés dans l'affinage de métaux non ferreux, à partir de déchets: Umicore (Belgique), Boliden (Suède) et X-Strata (Canada). Umicore récupère l'or, l'argent, le platine, le palladium, le rhodium, l'iridium, le sélénium, le tellure, le bismuth, le nickel, l'antimoine et l'étain, dans des quantités et à un coût difficiles à établir, mais qui ne remettent pas en cause la dynamique extractiviste existant au niveau des matières premières.

PLASTIQUES ET TOXIQUES

Un dernier enjeu concerne les toxiques, c'est-à-dire les substances dont les conséquences sur le vivant sont délétères. Ceux-ci sont produits tout au long du cycle de vie, à commencer par l'extraction de matières premières : usage d'explosifs, de solvants pour extraire le minerai de la roche (cyanure, mercure ou acide sulfurique), effets des coproduits tels que le thorium ou l'arsenic, car les solvants ne sont pas forcément très discriminants¹⁰⁷. Les conséquences peuvent s'étendre sur des milliers d'années. Reconnaissons toutefois que la filière numérique a beaucoup évolué. Des métaux toxiques comme le chrome VI, le cadmium ou le plomb ont quasiment disparu. La problématique des toxiques n'est même plus abordée dans le rapport annuel de l'équipe du sociologue Ruediger Kuehr, qui suit la thématique à l'échelle mondiale, sinon sous l'angle des plastiques diffusés dans la nature et des fumées toxiques issues de la combustion des retardateurs de flamme bromés qui sont encore présents dans ces plastiques¹⁰⁸.

L'INSOUTENABLE CROISSANCE ENTROPIQUE DE L'INFORMATION

Contrairement aux discours sur l'immatérialité du numérique, celui-ci a des implications écologiques majeures. Et tout indique qu'elles vont aller croissant. Ce constat donne en partie raison à Joseph Tainter: l'acquisition d'information n'est pas une activité gratuite et sans conséquences matérielles, elle participe à l'inverse de cette complexité croissante, à rendement décroissant, qu'il pose comme étant à l'origine de l'effondrement des sociétés complexes¹⁰⁹. Retenons également le manque de clairvoyance du rapport du Conseil général de l'économie français (CGE), qui laisse de côté la dynamique du secteur numérique, les milliards investis, la stratégie des

acteurs du numérique, et qui ne scrute que le présent, dans les foyers, sans anticiper l'avenir¹¹⁰. Qui s'en tient à ce rapport se condamne à avoir un train de retard et à ne se réveiller que lorsque l'avalanche de nouveaux usages se produira. Les recommandations sont donc très faibles: le CGE appelle l'Arcep à travailler avec l'Ademe pour suivre la dimension écologique du numérique, à réduire les usages très énergivores (4K, 8K, jeux en ligne, etc.), à écoconcevoir les matériels, logiciels et services, enfin, à constituer un État exemplaire. Comme si l'Ademe, petite agence sans moyens, pouvait arrêter Microsoft. Soyons sérieux... Le véritable enjeu est stratégique: c'est la «digitalisation de l'économie», suivant l'expression de la CNUCED. Et c'est là que va l'argent. Le déploiement actuel du numérique est incompatible avec les équilibres de la biosphère tels qu'entérinés par la COP21 et par les accords sur la biodiversité. Ce résultat est calculable et prévisible; s'il le voulait, le GSMA pourrait connaître le monde que ses membres cherchent à produire *via* leurs investissements et les tentatives répétées de capture de consommateurs désinformés auxquelles ils se livrent avec succès.

Qui devrait se mobiliser pour changer de trajectoire? Un sondage réalisé en 2019 par le cabinet BVA pour Orange, dans le cadre du Forum international de la météo et du climat, montre que les consommateurs-citoyens attendent en premier lieu un engagement des GAFAM, grands acteurs du numérique (62%), puis des grands opérateurs de télécommunications (56%), d'eux-mêmes en tant que citoyens (54%), du gouvernement (52%), devant les entreprises privées en général (39%), les organisations internationales (34%), les collectivités locales (30%) et les associations engagées dans le domaine environnemental (29%). Ce sondage confirme également la faible information sur le sujet: «Moins d'un Français sur trois a le sentiment d'être bien informé sur l'impact du numérique sur l'environnement et son rôle dans la transition écologique¹¹¹.» Ce qui montre une nouvelle fois que les consommateurs achètent en

méconnaissance de cause. L'étude de l'Ademe sur la perception des changements climatiques souligne en outre des éléments importants. Moins de 15% des Français estiment que le problème du changement climatique peut être résolu par des solutions technologiques, et plus de 50% pensent qu'un changement des modes de vie est nécessaire. Et pour les sondés, la condition principale pour s'engager dans un tel changement n'est pas son ampleur ni les renoncements qu'il implique, mais l'équité avec laquelle il est engagé¹¹².

Cela suffit amplement à révéler l'inanité des solutions qui seraient exclusivement fondées sur le « marché », tout comme celles qui se réclament des « nudges », lesquels s'en tiennent à une lecture behavioriste du concept d'architecture de choix¹¹³. L'ouvrage d'Eric Singler en est la preuve¹¹⁴: en dépit d'un titre tapageur, rien, dans son contenu, ne démontre un potentiel d'action des *nudges* à la hauteur du défi annoncé. Ce constat congédie aussi toute la littérature dite du « *attitude-behaviour gap*¹¹⁵ », qui passionne une partie des sociologues. Le « problème » auquel cette littérature s'attaque est que le consommateur, qui achète beaucoup et à bas prix, semble agir de façon contradictoire avec le citoyen, qui veut sauver la planète¹¹⁶. La faiblesse de ces analyses réside en ceci qu'elles font abstraction de tous les jeux d'acteur, mettant l'individu seul face à l'État, ou face au produit, comme si les normes étaient entièrement collectives (État) ou exclusivement individuelles (individu). Tout l'un ou tout l'autre, ce qui explique peut-être pourquoi les camps du « petit geste » et de la « révolution » sont plus proches l'un de l'autre qu'ils ne le croient. Tous deux font fi du niveau mésoscopique.

Cette vision manichéenne du changement social et politique néglige ce que les biens ont de collectif. Elle passe à côté du réseau et de « l'effet de réseau ». En effet, comme on l'a vu, être seul à posséder un smartphone n'a guère d'intérêt; à l'opposé, plus l'appareil est répandu, plus il contraint les architectures de choix individuelles jusqu'à « s'imposer », c'est-à-dire

constituer un *lock-in*, un « monopole radical » au sens d'Ivan Illich. Il est toujours loisible d'éviter le smartphone, mais cela devient de plus en plus difficile. Le fait est encore plus évident avec les infrastructures de transport: dans une ville conçue pour les voitures, utiliser le vélo est risqué, peu commode. « L'effet de club » se renforce avec le nombre d'utilisateurs. Plus les voitures sont nombreuses, plus elles disposent de toutes les facilités nécessaires, qui rendent dans le même temps le cyclisme impraticable: routes, distances à parcourir pour répondre à des besoins ordinaires (se divertir, voir ses amis, etc.), places de parking, code de la route, signalisation, etc. Cette complexité ne se décrète pas depuis l'Assemblée nationale. Elle dépend du succès de minorités actives qui, porteuses de genres de vie nouveaux, vont peu à peu changer le milieu, avec des « effets de réseau » parfois très lents (des pistes cyclables sans cyclistes, des cyclistes sur des routes conçues pour les voitures), mais aussi une accélération à la faveur d'événements dépendants partiellement de décisions individuelles et collectives (« coronaroutes » cyclables parisiennes ou Vélib').

Les étatistes (« léninistes ») risquent soit de tomber dans l'autoritarisme (imposer des choix), soit de confondre égalité et uniformité, à la manière des « socialismes réels » (« tous une Trabant »). Autrement dit, ils risquent de tuer les styles de vie et toute opposition à l'État, peut-être pour longtemps, ainsi que la liberté politique. À l'opposé, les partisans du marché occultent le fait que les choix ne sont jamais individuels: si ce ne sont pas des styles de vie, alors ce sont des genres de vie, qui sont collectifs. Demander au consommateur de choisir seul, isolé, sans maîtrise des effets collectifs, c'est lui refuser la socialité des modes de vie. Quand il est question de « socialisation », donc, c'est aussi de cela qu'il s'agit.

Chapitre 5 *Que faire?* *État des rapports de force*

TOUT NOUS REPORTE donc vers la nécessité d'une lecture plus fine de la situation, en examinant la position des acteurs clés au regard de l'enjeu: autorités publiques, entreprises, ONG, syndicats, acteurs charnières et consommateurs. Car c'est à partir du réel des acteurs qu'il faut raisonner, et non dans un cadre trop théorique, qui ne verrait que «le système», ni à partir des seuls «petits gestes».

AUTORITÉS PUBLIQUES: VERS LA CROISSANCE VERTE

Trois grandes directives européennes cherchent à limiter les implications écologiques du numérique: Ecodesign (sur la conception des produits), DEEE (sur les déchets d'équipements électriques et électroniques) et RoHS (Restriction of hazardous substances in electrical and electronic equipment, qui limite les substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques). Dans leurs grandes lignes, elles n'ont pas changé depuis dix ans et depuis notre première étude¹. Elles débouchent conceptuellement sur l'institution d'un «marché unique vert²», dont le Green New Deal s'inspire.

La directive EuP (Energy using products – 2005/32/EC), devenue la directive Ecodesign (2009/125/EC)³, vise à intégrer les dimensions écologiques dans la conception d'une liste de produits, dont une partie est numérique⁴. Elle adopte deux grandes stratégies: imposer des limites maximales de consommation des produits et normaliser les meilleures pratiques, c'est-à-dire les schèmes les plus efficaces pour un usage donné. L'effet le plus spectaculaire s'est produit dans le domaine de l'électroménager, avec l'étiquette-énergie: en quelques années, les pires produits (D, E ou F) ont cédé la place à d'autres plus efficaces (A, A+, A++). À l'échelle de l'Union européenne, la baisse des consommations serait au total de l'ordre de 19%⁵, soit 100 milliards d'euros ou 500 euros par foyer au total⁶. L'étude Ecofys estime pouvoir économiser le double, en guidant les investissements et les achats vers les produits «verts» et européens, faisant ainsi d'une pierre deux coups. Consultées, les parties prenantes (entreprises, ONG, États) soutiennent plutôt ce processus, en dépit de difficultés mineures⁷, même si la directive s'oriente principalement vers l'efficacité énergétique, l'économie de matière et le recyclage, et non vers la sobriété ou le réemploi⁸. Et pourtant, ce n'est pas un petit problème. À quoi ont été employés les 100 milliards d'économies réalisées? Rien n'indique qu'ils sont allés dans la «transition écologique», qui est toujours à la recherche de financements. C'est donc qu'ils ont alimenté la trajectoire actuelle, d'où le constat déjà évoqué d'un arrêt de la baisse de la consommation de l'énergie en Europe en raison (par ordre d'importance) de la croissance économique, de la fin momentanée des hivers chauds, de la décroissance tendancielle des gains en efficacité énergétique, notamment dans le transport aérien, de la forte croissance des SUV et de l'ajustement réalisé à la suite de la fraude aux normes d'émissions sur les véhicules (+ 30%!)⁹.

La directive DEEE¹⁰ instaure une responsabilité élargie du producteur (REP), qui oblige le «metteur sur le marché» (le fabricant) à éliminer son produit dans les règles; dans ce

but, il peut mettre en place des éco-organismes structurant les filières de récupération et d'élimination. C'est le cas par exemple de Recyclum pour les lampes ou d'Ecologic pour les DEEE. L'éco-organisme est censé mettre en place les schèmes organisationnels de récupération (bennes, cartons, etc.) et de recyclage au sens large, y compris le réemploi. Ce schème étatique généralisé en Europe pour toutes sortes de produits (véhicules, etc.) est présenté comme vertueux et sans réelle alternative. L'idée, portée par une vision «de marché», est «d'internaliser les externalités», d'organiser une concurrence entre entreprises vers des produits plus verts. Celui qui traitera au coût le plus bas l'emportera. Mais le dispositif fonctionne mal, pour des raisons que nous avons déjà pointées en 2006¹¹ et qui sont aujourd'hui corroborées par le PNUE¹². Ainsi, seuls 35% des déchets arrivent dans les registres, les autres 65% étant recyclés de manière non conforme, non triés ou exportés¹³, contrevenant à la convention de Bâle qui interdit l'exportation de déchets toxiques. En Europe, où la législation est la plus stricte, le téléphone portable n'est recyclé de manière convenable qu'à hauteur de 10 ou 15%¹⁴. Peut-être parce que les solutions illégales réduisent le coût d'élimination de l'ordre de 70%¹⁵? Le conflit d'intérêts est patent: les fabricants ont intérêt à minimiser les dépenses consenties pour le traitement, d'autant que le consommateur a moins à dépenser aujourd'hui qu'hier. Ils ont aussi intérêt à favoriser le recyclage plutôt que le réemploi, contrairement à la hiérarchie mise en avant par l'Ademe et l'Europe, dans la mesure où il ne perturbe pas l'obsolescence commerciale. Le smartphone fait exception à la règle, étant devenu le produit reconditionné le plus courant¹⁶, mais la motivation économique est évidente en raison du coût élevé du produit.

Allonger la durée de vie ou réemployer n'est pas une simple affaire, comme en témoigne la diversité des causes de l'obsolescence, entendue comme le fait d'écourter la vie d'un produit: réparation impossible faute de pièces détachées ou de service

après-vente accessible; incompatibilité de l'objet avec le système technique dans lequel il s'insère; obsolescence esthétique («ringardisation»); usure; produit devenu non conforme d'un point de vue réglementaire¹⁷; réseau de réemployeurs insuffisant; frontière floue entre déchet et produit réutilisé ou réutilisable, entraînant des difficultés juridiques; concurrence des produits neufs bas de gamme¹⁸; coût de la réparation, etc. Cette multitude de raisons rend presque superflu le fait de vouloir «programmer» l'obsolescence, au sens condamné par la loi, soit la réduction délibérée de la durée de vie d'un produit pour en augmenter le taux de remplacement¹⁹. Il suffit de pousser à un usage éphémère, *via* l'une des nombreuses raisons légales existantes. C'est le rôle des promotions et autres subventions croisées, du marketing, des précurseurs CSP+, etc., bref de toutes les techniques ordinaires dont l'ART, ou son successeur l'Arcep, reconnaissent entièrement l'efficacité. Parler d'«économie circulaire» ou d'«écoconception» ne suffit donc pas, tout dépend de ce que l'on entend par là: s'il s'agit d'un «simple» recyclage matière ou d'un allongement de la durée de vie, etc. La directive DEEE ne distingue même pas le réemploi du recyclage matière. La Feuille de route française sur l'économie circulaire (2018) est également orientée vers le recyclage matière, même si un strapontin est réservé au réemploi. Fairphone a écoulé moins de 100000 appareils en quatre ans, autant dire presque rien. Comment passer à la vitesse supérieure? Comment faire circuler des téléphones réparables et que l'on pourrait mettre à jour, en évitant de multiplier l'usage de l'appareil? De plus, Fairphone est modulable, pas «*upgradable*»: on peut changer les pièces, mais pas le re-concevoir à proprement parler. Encore une fois, le choix d'un produit révèle ses dimensions collectives.

Les déchets sont par ailleurs fortement marqués par la classe et le statut social²⁰, comme le montre la trajectoire des produits d'occasion: les plus chers sont achetés neufs par les classes supérieures et récupérés, usés, par les classes

populaires – qui, à défaut, achètent des copies bon marché²¹. Aux États-Unis, où le recyclage ne concerne pas plus de 25% des DEEE, 500 conteneurs partent chaque mois à Lagos²², où les traitements par les classes défavorisées sont peu écologiques: combustion à l'air libre, ce qui relâche les métaux lourds, même si les directives RoHS et RoHS II²³ ont atténué ce problème, en réduisant ou en interdisant les éléments les plus toxiques. On se souvient des propos de Lawrence Summers, lorsqu'il était secrétaire au Trésor des États-Unis, sur les «havres de pollution»: il expliquait que les pays en développement étaient sous-pollués, et qu'ils étaient de ce fait tout désignés pour recevoir les déchets des pays développés²⁴... Les pays en développement ne se laissent pas toujours faire: la Chine a mis en place des mesures luttant contre l'entrée des déchets (règlement «national sword»), ce qui a poussé la majorité des détenteurs de ces déchets à s'orienter vers les opérateurs français compétents pour ce traitement, saturant ainsi la capacité de certaines unités de tri²⁵...

La situation est similaire dans d'autres pays européens, aux États-Unis ou en Chine, à peu de choses près. Les autorités publiques favorisent donc la diffusion du numérique, avec les ressources publiques. Elles tentent toutefois d'en réduire certains effets négatifs, tant sur le plan social qu'écologique, les deux étant peu dissociables, bien que n'allant pas forcément de pair. Récemment, le législateur a pris acte des tendances inquiétantes: rapport d'information du Sénat visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique, proposition de loi en cours de rédaction²⁶, Feuille de route du Conseil national du numérique²⁷, propositions de l'Arcep²⁸. Le rapport du Shift Project a joué un rôle déterminant, paraissant tomber à point nommé, quand d'autres n'ont pas été entendus avant. Mais il n'y a globalement rien de très consistant sur l'avalanche prévisible de services voraces tels que la voiture autonome, l'intelligence artificielle ou la vidéo. Pas d'affirmations fortes de limites à poser à la numérisation du monde.

ENTREPRISES : VERS LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ?

Que font les entreprises? Les investigations menées jusqu'ici nous ont déjà donné quelques repères. Dix ans en arrière, au terme d'une enquête incluant des entretiens avec des entreprises jouant un rôle-clé dans la structuration institutionnelle des enjeux écologiques et numériques, nous notions que le respect de la réglementation était l'horizon principal, avec une faible volonté de prendre de l'avance sur le plan écologique²⁹. L'écoconception était considérée comme un objectif ambitieux et lointain. La réduction de l'énergie consommée constituait la voie de progrès la plus évidente, car découlant déjà de considérations financières ou fonctionnelles, telles que l'autonomie (pour la mobilité) ou l'évacuation de la chaleur, que l'on pouvait avantageusement parer de vertus écologiques: «Tant qu'on peut conjuguer l'efficacité environnementale avec le *business*, il n'y aura aucun frein» (entretien multinationale informatique et électronique)³⁰. Les recommandations de l'Ademe étaient ignorées, ainsi de l'allongement de la durée de vie des appareils ou de la réduction de la taille des écrans. Les entreprises s'étaient montrées éventuellement intéressées par le recyclage, mais pas par le réemploi, qui avait été le parent pauvre de la directive DEEE, malgré les efforts des associations. Les toxiques avaient été réduits sans pour autant toucher aux éléments jugés indispensables à l'innovation, c'est-à-dire à une numérisation continue. Enfin, les entreprises globalisées avaient fortement insisté pour que la réglementation soit harmonisée, afin de préserver la standardisation de leur production. La directive DEEE était jugée menacer la compétitivité. Les entreprises mettaient également en avant les rapports SMART2020 (2008) puis SMARTer 2030 (2015), confiantes dans le potentiel du numérique. Ceux qui se focalisaient sur les 2% du numérique étaient les tristes sires, «refusant de voir» les merveilleuses promesses faites

aux autres secteurs. Le Green Manifesto du GSMA (2012) vantait les mérites de la téléphonie mobile en matière de transports, logistique, etc., «intelligents» – à condition toutefois de faire attention aux effets rebonds, lesquels, bien sûr, ne pouvaient relever que de «mauvais comportements» des consommateurs³¹.

Aujourd'hui, un premier point remarquable est que «les entreprises du numérique» sont devenues des «industries de transformation digitale», comme l'énonce leur syndicat, Digital Europe, et comme le confirme la liste des membres: d'Airbus à Amazon, en passant par Bosch, HSBC, Johnson & Johnson, METRO (grossiste agroalimentaire et restauration), Schneider Electric, ou encore Visa. Le syndicat prend acte de la «digitalisation de l'économie». Par ailleurs, les entreprises soutiennent désormais les directives qu'elles critiquaient. Elles sont même devenues critiques à l'égard des ecolabels et autres initiatives volontaires qu'elles poussaient autrefois avec beaucoup de ferveur contre des ONG jugées beaucoup trop «étatistes» et interventionnistes. Elles se sont rendu compte que les directives ont fait école dans le monde, et qu'elles ont renforcé la compétitivité de ceux qui s'y sont lancés les premiers. La «compétitivité», en matière de mode de vie, désigne surtout la capacité à maîtriser un réseau, à exprimer une souveraineté. Digital Europe prétend même que ses membres ont été les précurseurs des meilleures pratiques³², ce qui n'est pas faux mais passe sous silence le fait que ces «meilleures pratiques» ont longtemps été méprisées par l'écrasante majorité de ces mêmes membres, et qu'elles se réduisent en grande partie au recyclage du plastique³³. DELL s'est par exemple fixé un objectif de 10% de plastique effectivement réutilisé dans ses machines, avec un gain en CO₂ estimé à 11%; l'entreprise met également en avant une meilleure modularité, un désassemblage simplifié, des colles plus faciles à dissoudre, des peintures qui ne «polluent» pas le plastique, lequel peut alors être récupéré³⁴. Et DELL est effectivement plutôt bien noté

par des sites spécialisés, de même qu'ASUS, HP et Samsung, à la différence d'Apple ou de Microsoft qui n'obtiennent en général que de piètres notes: le Surface est le plus mauvais élève³⁵. Sony, qui a obtenu le prix de l'entreprise la plus éthique en 2020, pour la seconde année consécutive³⁶, a réduit le poids et le coût énergétiques de ses produits de 51 %³⁷, utilisé du plastique recyclé, affiché un souci de la biodiversité, etc. ASUS a un discours comparable, alignant les trophées et les bonnes pratiques: conception pour le recyclage, efficacité énergétique, réduction des toxiques, etc. HP insiste sur les prix obtenus pour l'efficacité de ses serveurs, la présence de ses supercalculateurs sur la liste Green 500³⁸, tout en annonçant jusqu'à 99% de réutilisation pour un PC fixe ou portable (!)³⁹, etc. Le changement est donc tangible, depuis notre précédente étude.

Les entreprises se sont même rendu compte que la multiplication des promesses invérifiables tendait à les décrédibiliser. Elles s'adjoignent de plus en plus souvent la garantie de tierces parties jugées fiables, tel le programme Science Based Targets⁴⁰, même si l'ensemble reste timide et n'affecte pas les grandes orientations stratégiques, on l'a vu avec les promesses du GeSI ou du GSMA. Un effort important a également été fait pour investir les énergies renouvelables. Facebook affiche en 2019 un taux de 86% d'énergie renouvelable, contre 21% en 2014⁴¹, ce qui est un beau résultat au pays du charbon et du gaz de schiste. L'entreprise de Menlo Park a créé l'Open Computer Project (OCP), une série d'événements autour de l'efficacité énergétique, poussant à la publication des données et à la comparaison. Le monde de l'informatique reconnaît et salue ce genre d'initiative⁴², qui aboutit à la dissémination de référentiels incontournables. Google a également amélioré l'efficacité énergétique de ses serveurs et investi dans les énergies renouvelables, pour atteindre 100% en 2018. Microsoft a affiché son ambition d'avoir un bilan carbone neutre en 2030, voire négatif⁴³, en investissant un milliard de dollars. Cependant, la stratégie repose sur une maîtrise inexplicée

de la logistique, ainsi que sur des technologies contestables et contestées, telles que la reforestation (à l'extrême, couper les forêts tropicales, qui stockent peu voire pas de carbone, pour les remplacer par des eucalyptus à croissance rapide) ou la capture directe de carbone dans l'air – technique incertaine, onéreuse et probablement peu efficace⁴⁴. Microsoft teste aussi des centres de données immergés pour utiliser la température de l'eau comme source de refroidissement.

L'évolution marquante est donc la montée en puissance du souci climatique et de l'économie circulaire, principalement à base de recyclage matière. Les parents pauvres sont donc la sobriété (puisqu'il n'est pas question de remettre en cause la numérisation accélérée du monde), la durée de vie et le réemploi (moins de téléphones, moins renouvelés, etc.). Cette évolution a été facilitée par le rôle des gros acheteurs tels que le gouvernement des États-Unis⁴⁵, qui s'est mis à exiger des certifications telles qu'EPEAT (Electronic Product Environmental Assessment Tool), émergente en 2009 et dont les bases accueillent désormais 10000 références d'ordinateurs et d'écrans⁴⁶. Mais ne soyons pas dupes: si l'économie circulaire séduit, c'est aussi par la perspective de contrôle étendu de la chaîne de valeur qu'elle permet, ou promet, notamment via l'«économie de la fonctionnalité». En ne vendant plus de PC mais un service tout compris, HP prétend faire durer plus longtemps ses serveurs tout en se présentant comme un gestionnaire numérique d'aéroports, par exemple⁴⁷, voire de villes (*smart cities*). La régulation passe alors entre les mains de l'entreprise. L'engagement des entreprises est donc limité, au mieux, si ce n'est opportuniste, par rapport aux dimensions les plus importantes du problème. Il est également assez variable dans le temps, dépendant de l'agenda politico-médiatique. Au niveau français, le Syntec (syndicat du numérique) s'engageait solennellement en 2011 sur l'enjeu de l'énergie⁴⁸ – thème qui a depuis disparu de son site web, au profit d'une défense étroite des intérêts du secteur⁴⁹. Contraint de se positionner

sur le Pacte productif proposé par Emmanuel Macron, le 25 avril 2019⁵⁰, le Syntec souligne l'importance de l'économie circulaire, la main sur le cœur, mais ses 30 propositions ne contiennent strictement rien à ce sujet⁵¹: il n'est question que de favoriser les start-up. Le plan de relance post-covid diffère à peine du « monde d'avant », sans un mot sur la sobriété numérique⁵². Au niveau de Digital Europe également, l'équivalent bruxellois du Syntec, les enjeux sectoriels tiennent le haut du pavé; et dans le domaine écologique rien n'est sourcé ou vérifié, le syndicat reprenant les promesses de type SMART2020⁵³: c'est-à-dire une opération de *greenwashing*.

En 2010, la Fédération française des télécoms (FFT) avait élaboré une charte d'engagement volontaire du secteur des télécoms pour le développement durable, dans le cadre du Grenelle de l'environnement. Le document n'est plus accessible sur le site de la FFT, mais il peut être retrouvé chez des ONG⁵⁴. La fédération s'engageait à stabiliser la consommation électrique du secteur: elle a doublé. Elle s'engageait également à construire des indicateurs de réduction des gaz à effet de serre liés à l'utilisation des « TIC »: rien n'est disponible. En 2013, lors du troisième et dernier « bilan d'application » de la charte d'engagement, constatant la croissance de la consommation, la Fédération change d'objectif pour se rassurer: l'augmentation est moins rapide que celle des usages, un découplage relatif aurait donc lieu⁵⁵. La FFT attire l'attention sur les gains réalisés en efficacité et sur les potentiels énormes qui seraient à portée de main, en s'appuyant sur une étude BCG (2010) devenue introuvable, qui ne prenait pas en compte l'effet rebond. Aucun lien n'est fait entre l'augmentation des usages et les infrastructures déployées pour leur permettre de prendre place. En 2020 encore, la FFT estime ne faire « qu'accompagner » « l'explosion des usages », considérant qu'elle n'est évidemment pour rien dans la production de cette trajectoire⁵⁶. Le site web de l'Union internationale des télécommunications (UIT) est à l'avenant: rien de sérieux sur le sujet, pas même de

greenwashing, seulement les activités ordinaires de promotion du numérique, comme si les enjeux écologiques n'existaient pas. Au niveau des opérateurs, le sujet principal est la reprise des terminaux, comme la loi oblige à le faire, et les gains en efficacité énergétique du réseau, ne serait-ce que parce qu'il s'agit d'un poste de coût important. On peut noter qu'Orange propose le Fairphone à la vente, mais rien n'est mis en avant au sujet de ce téléphone et de ses enjeux. Le site web d'Orange est d'abord une vitrine commerciale standard.

Si les entreprises sont désormais plus favorables aux directives écologiques, elles n'en continuent pas moins à mettre en évidence les bénéfices du numérique pour la planète, à l'image d'Ericsson vantant les mérites de la 5G pour optimiser la logistique dans les ports⁵⁷. HP souligne également les services que le numérique rend au monde, ou plus exactement, ceux qu'il pourrait rendre: mettre fin à la faim, coordonner les énergies renouvelables, développer des villes intelligentes, l'industrie 4.0, la e-santé, etc. Rien que ça! HP se réjouit: « L'univers digital double tous les deux ans et devrait atteindre 20 milliards d'objets mobiles et un milliard d'applications en 2020⁵⁸ » – soit des chiffres encore plus affolants que ceux de Cisco. Et, encore une fois, aucune preuve n'est avancée de la supériorité des solutions envisagées en matière de soutenabilité agricole ou citadine. Le concept de « *smart city* » mélange une diversité de promesses, notamment économiques, sans démontrer de gain écologique⁵⁹. Quand elle est évoquée, la sobriété est toujours au service de la croissance. Le « Guide des technologies de l'industrie du futur » le proclame: « sobriété » en carbone et en ressources renouvelables, oui, mais avec « un impact positif sur la performance économique globale⁶⁰ » et donc sur la croissance. De même, General Electric, qui annonce une réduction de 20% des émissions de CO₂, avec des gains financiers à la clé⁶¹. Les exemples de ce type sont légion. La CNUCED évoque le cas d'UPS qui a optimisé ses déplacements grâce au GPS, d'où 20 MtC évitées; mais aussi 350000 livraisons de plus par an,

à coût égal: les gains sur le carburant ont été réinvestis dans des trajets supplémentaires. Grâce au numérique, essentiel au modèle de la «*fast fashion*» exemplifié par Zara, une personne achète en moyenne 60% de vêtements en plus qu'il y a 15 ans et les conserve moitié moins longtemps⁶². Le secteur représente 4% des émissions planétaires. Et la FEVAD se réjouit de l'accélération des achats sur mobile⁶³...

Pourtant, les techniques les plus efficaces pour réduire l'empreinte écologique ne mettent que rarement l'accent sur le numérique. Dans l'agriculture, par exemple, la piste de l'agro-écologie la plus performante ne nécessite guère ce moyen, surtout en circuits courts. Dans la construction, le numérique n'est guère requis pour bâtir avec le matériau le plus écologique: la terre⁶⁴. Les gadgets domotiques sont sans résultats convaincants; ils complexifient la déconstruction, provoquent une énergie grise plus élevée, etc. Les automobiles *low-tech* sont plus faciles à recycler et moins compliquées à concevoir que les Tesla. Quand Darty lance un «comptoir service» pour la réparation, ce qui compte est la proximité et la disponibilité des réparateurs.

En ce qui concerne l'audiovisuel, il est difficile de trouver le moindre engagement concret. Le site web de TF1, au 25 mars 2021, est représentatif: l'annonce d'un rapport de responsabilité sociale d'entreprise (RSE) débouche sur une page vide («erreur 404») ⁶⁵. Le rôle des médias est cependant essentiel sur le plan de la structuration du texte public, au sens de Scott; ils sont un élément majeur de l'espace public habermassien, défini comme le lieu où s'échangent les arguments en matière de régulation des trajectoires des sociétés⁶⁶. Les ONG, l'Europe, les entreprises et les études spécialisées ne cessent de pointer le manque d'information du consommateur; pourtant, aucune politique claire de TF1 ne va dans ce sens. Le service public est-il mieux placé? La page vide et délaissée, observée en août 2020, a cédé la place à un ensemble d'engagements: plan vélo, économies d'énergie⁶⁷, participation au collectif

Ecoprod qui était jusqu'alors relativement inactif et qui fournit par exemple un calculateur carbone, des fiches-métier, etc. Le secteur public insiste également sur son rôle éditorial, mais sans argument plus précis. De manière surprenante, et peut-être courageuse, l'Autorité de régulation professionnelle de la publicité (ARPP, anciennement Bureau de vérification de la publicité, BVP) a publié son bilan «Publicité et environnement» de 2006 jusqu'à aujourd'hui. Selon Valérie Martin, de l'Ademe, 94% des communications de l'ARPP sont conformes aux règles déontologiques. Le problème est que l'on ne voit pas ce que ça change: dire qu'adopter l'Audi A3 est «écopositive» est jugé abusif, mais montrer des gens se levant «pour défendre une société plus respectueuse de l'environnement», et acheter une A3, est jugé conforme. La différence sémiologique semble des plus minces. On peut douter d'une quelconque répercussion sur les architectures de choix des consommateurs.

Les travaux sur le positionnement des médias en matière écologique sont rares, pour ne rien dire de la question spécifique du numérique⁶⁸. Dans l'un d'entre eux, centré sur les États-Unis, les sociologues Maxwell T. Boykoff et J. Timmons Roberts s'intéressent à trois variables jugées déterminantes⁶⁹: le «cycle de l'attention» des éditeurs et producteurs de nouvelles (leur propension à s'intéresser au sujet); les «arènes publiques» dans lesquelles les récits climatiques entrent en compétition avec d'autres enjeux pour l'attention du public (la propension d'un récit à ne pas être invisibilisé par un autre); et les variations de l'engagement des citoyens, consécutivement à l'exposition à ces récits. Les auteurs montrent que l'activité médiatique sur le changement climatique est ancienne, comme l'attestent des articles parus dans le *New York Times* en 1932, dans le *Christian Science Monitor* en 1957; et nous avons nous-même retrouvé une une de *L'Express* de 1979 et un numéro de *Science & Vie* de 1959⁷⁰. Mais l'intérêt est plutôt faible et fluctuant jusqu'aux années 1990. Les médias ont aussi

tendance à traiter les controverses scientifiques comme des opinions: la parole est donnée autant aux climatosceptiques qu'aux autres. Dans l'espace public, le climat est difficile à vendre, car les effets ne sont pas clairement tangibles. Une médiatisation plus large implique également une dramatisation des responsabilités, évitant de tomber dans une langue de bois neutralisante, évacuant les enjeux⁷¹. Boykoff et Roberts montrent enfin que le profil type du climatosceptique est un homme, «blanc», républicain, individualiste, hiérarchique et religieux... ce qui n'est pas sans rappeler les électeurs de Trump. Constatons un faible engagement des médias sur ces sujets et un faible engagement aussi des chercheurs sur les médias... Et si les choses ont quelque peu changé en France, les effets ne sont guère mesurés.

ONG, SYNDICATS DE SALARIÉS ET AUTRES ACTEURS CHARNIÈRES

Les années 1980 voient évoluer profondément le terme de «société civile», qui en vient peu à peu, dans la pratique et chez un nombre croissant d'auteurs, à désigner le secteur non lucratif – et en particulier la «société civile globale». Si elle peut organiser des actions telles que des manifestations, elle a aussi un rôle-clé en matière de contextualisation et de dramatisation, comme le soulignent Boykoff et Rogers. Une énorme littérature existe sur ce vaste ensemble hétéroclite d'associations, fondations, réseaux religieux, etc. Suivant notre méthode, nous avons choisi les associations les plus visibles, dans le texte public, celles qui ont une action au niveau national et international, argumentée au moyen de rapports étayés.

Greenpeace se saisit du numérique en 2005 par la campagne en ligne Green my Apple (site web désactivé), en jouant sur le slogan de la marque, «*think different*». L'organisation prend l'entreprise au mot et montre que contrairement à ce

que clame sa communication, Apple est une industrie comme les autres. L'ONG met ensuite en place un classement des marques, selon un ensemble de critères tirant le secteur approximativement dans le même sens que les directives européennes et les labels tels qu'EPEAT, et en les durcissant petit à petit, d'année en année. Greenpeace s'appuie sur des données publiques, avec l'argument que les promesses ne doivent pas être faites à l'ONG mais au public⁷². L'organisation enquête également sur le devenir des déchets électroniques, implantant un GPS dans une télévision usagée et la suivant jusqu'au Nigéria. En 2009, Greenpeace appelle à passer à l'«électronique verte», démontrant l'existence d'une marge considérable de progression vers de «bonnes pratiques⁷³». Elle fait pression sur les directives européennes qui sont alors en révision. Elle contribue à orienter le secteur vers une élimination des produits dangereux, une meilleure efficacité énergétique, une économie plus circulaire, une énergie d'origine renouvelable et un effort dans la transparence des données. En 2014, l'ONG ajoute des critères sur l'obsolescence et la modularité, mettant en lumière les modèles Fairphone et Phonebloks⁷⁴. Elle reprend le classement A/B/C/D/E/F de l'étiquette énergie⁷⁵ et l'étend aux entreprises numériques telles qu'Amazon, Google et Microsoft. Une comparaison fait mouche et sera largement reprise: le secteur du numérique, s'il était un pays, serait le troisième consommateur mondial d'électricité, derrière la Chine et les États-Unis. L'ONG note également l'attitude des entreprises, suivant qu'elles proposent des solutions pour le climat, une réduction de leur empreinte, et qu'elles exercent un lobbying pro-climat; Cisco arrive ainsi en tête devant Ericsson, puis HP et IBM⁷⁶.

Le WWF (World Wide Fund for Nature, anciennement « World Wildlife Fund ») s'engage autour de 2004-2005 sous l'angle des toxiques, comme Greenpeace. L'organisation met aussi en avant une liste de bonnes pratiques, des produits jugés «efficaces»: le «TopTen⁷⁷». Elle noue un partenariat avec

Orange pour la notation environnementale des produits, sans grand effet. L'ONG se distingue par le soutien fervent qu'elle apporte au rapport SMART2020⁷⁸. En 2009, un entretien avec WWF montre que l'association se perçoit comme complémentaire à Greenpeace⁷⁹, avec le souci d'être crédible: «On a voulu enfermer les ONG dans la décroissance, le retour à l'âge de pierre; en fait, on veut le progrès mais avec des critères environnementaux. On veut une consommation plus raisonnée, sortir de la "société de consolation", l'illusion d'être plus heureux avec des biens de consommation. Nous ne sommes pas avec des manteaux en poil de chèvre et des tongs comme on a voulu le faire croire parfois.» L'important est aussi d'être positif: «Il ne faut pas tomber dans la morosité, on doit rendre notre engagement désirable, plaisant, positif, sinon nos concitoyens vont fuir devant un discours anxiogène.» France Nature Environnement a joué un rôle essentiel dans la transposition de la directive DEEE. Actuellement, l'association se mobilise contre les écrans publicitaires numériques et pour la feuille de route du gouvernement sur l'économie circulaire, le principal acquis étant la promesse d'un indice de réparabilité⁸⁰. ECOS (European Environmental Citizens Organisation for Standardisation), plate-forme d'ONG spécialisée dans la normalisation, estime que les ordinateurs pourraient durer deux fois plus longtemps (10 ans) et qu'un grand nombre de pièces pourrait être normalisées afin de réduire l'empreinte écologique⁸¹. Les pannes les plus fréquentes sont répertoriées (dans l'ordre): l'écran, le clavier, la mémoire, la batterie, le chargeur, les ports de connexion, le châssis, l'interface tactile («pad»), l'électronique arrivant dans les derniers. Le classement Ifixit⁸² sert de repère. L'ONG souligne l'importance de la surveillance des marchés: accessibilité et fiabilité de l'information, certitude du cadre légal, amendes, «*name and shame*» et compensation du consommateur en cas de non-conformité des produits⁸³. Le site Ifixit pointe la résistance des fabricants à la réparabilité de leurs produits. La certification EPEAT est

dénoncée par l'un de ses fondateurs comme étant désormais un facteur de «*greenwashing*», avec des critères trop peu contraignants⁸⁴, notamment sur la durée de vie.

Le Bureau européen de l'environnement (BEE), plate-forme des associations écologistes au niveau européen, salue le plan d'action pour l'économie circulaire de l'Europe, mais critique le fait qu'il se contente de viser un découplage relatif, prétendant concilier croissance et réduction de l'empreinte écologique. Il souligne le caractère illusoire de la «croissance verte» tant espérée⁸⁵: non-prise en compte de l'effet rebond, solutions qui ne font que déplacer une pression écologique sur une autre pression, empreinte écologique des services largement sous-estimée (le numérique est cité comme exemple par excellence), potentiel surestimé du recyclage, hypothèses irréalistes sur le changement technologique, pressions écologiques tenues pour décroissantes alors qu'elles sont seulement délocalisées, etc. Le BEE demande une évaluation de l'efficacité des politiques publiques et des informations claires et incontestables sur les produits. Les marchés doivent être étroitement surveillés; l'achat public doit favoriser l'évolution des marchés; les associations (notamment de consommateurs) doivent jouer un rôle pour éclairer les choix. L'ONG théorise une fonction «*push and pull*» du marché⁸⁶: bannir les mauvais produits, diffuser les nouveaux produits par les labels et l'achat public.

La coalition Cool Products, qui rassemble ces différentes ONG, s'appuie encore une fois sur le modèle de l'étiquette énergie⁸⁷. L'idée est d'utiliser le marché européen pour avoir une influence mondiale. L'outil principal est un site web qui entend apporter des informations impartiales⁸⁸ sur les produits. Les ordinateurs sont critiqués en raison d'une évolution générale vers des modèles légers et peu démontables. L'association Les Amis de la Terre, membre de Cool Products, a attiré l'attention sur l'obsolescence programmée dès 2010⁸⁹. Elle met en évidence le fait que les constructeurs et les distributeurs se renvoient la faute les uns sur les autres, comme nous l'avions

d'ailleurs signalé en 2009, alors que tous deux cherchent la nouveauté pour attirer le client. Les subventions internes, largement utilisées à ce moment-là, sont pointées du doigt. La campagne de Bouygues Telecom est dénoncée: «Bouygues Telecom : le seul opérateur qui vous permet de changer de smartphone tous les ans.» La propension des logiciels à réduire la durée de vie des objets est mise en cause. En 2018, l'association lance le «Guide écocitoyen de la réparation», qui note les grands distributeurs (Amazon, Carrefour, etc.) en fonction de la réparabilité de leurs produits électriques et électroniques; Darty obtient un score plutôt élevé, aux côtés d'Auchan, de la FNAC et de Boulanger⁹⁰. Les Amis de la Terre ciblent ensuite Amazon, qui exploite les travailleurs, encourage le gaspillage et la guerre des prix, tirant la qualité vers le bas⁹¹. En 2020, l'association publie un rapport sur les dangers de l'agriculture «4.0», faisant ressortir les pressions exercées par les grandes entreprises du secteur⁹². Les Amis de la Terre Europe ont également publié un livret sur la sobriété (*sufficiency*)⁹³, qui fait écho à l'étude «Europe soutenable» publiée en 1995⁹⁴, dont le concept clé était «l'espace écologique» (*environmental space*), défini par deux limites: le minimum dont chacun a besoin pour vivre, et même vivre bien, et le maximum déterminé par le rapport entre les besoins minimaux et l'espace écologique disponible (par exemple, les émissions maximales de gaz à effet de serre, compatibles avec l'équilibre du climat). Avec Les Amis de la Terre, l'association HOP (Halte à l'obsolescence programmée) porte une proposition de loi visant à généraliser la garantie de cinq ans et l'obligation de rendre disponibles les pièces détachées pendant dix ans⁹⁵.

Du côté des associations de consommateurs, l'UFC-Que Choisir se contente en général de tester les produits selon leur conformité et leurs performances, à la manière de la FNAC, sans aller plus loin. Les téléphones reconditionnés ou basiques («*non-smart*») ne sont pas problématisés sous l'angle de la consommation durable. Les critères sont l'autonomie, la

qualité de l'écran ou des photos; l'UFC devrait donc se réjouir de voir arriver la 5G et la 8K⁹⁶. Même son de cloche du côté de l'Institut national de la consommation, ce qui n'empêche pas quelques excursions hors du périmètre habituel, comme ce hors-série «Antigaspi» (n°131S), dont le souci premier reste le porte-monnaie. Le Bureau européen des unions de consommateurs (BEUC) est nettement plus soucieux de l'écologie, avec des positions assez en phase avec celle du Bureau européen de l'environnement (BEE). Le Green New Deal européen, qui mise sur la consommation verte, est très bien accueilli.

Les ONG ne sont pas les seuls acteurs à intervenir dans la mise à l'ordre du jour des problèmes publics; citons notamment le réseau «Green It» (électronique verte) autour du site GreenIt.fr en France, et d'autres organisations similaires à l'échelle européenne⁹⁷, ou encore la Fondation Internet nouvelle génération (FING). L'écoconception est fortement valorisée: ainsi ce livre blanc sur l'écoconception des services numériques⁹⁸ qui donne des exemples spectaculaires, comme un site web dont le poids a été divisé par onze. L'utilité des objets analysés (dont une chaussette connectée) n'est pas questionnée, l'effet rebond n'est pas non plus abordé. Des compromis différents sont trouvés, selon l'échelle et le poids respectif accordé à l'environnement et à l'économie. EcoInfo est un acteur ancré dans le monde académique mais ayant vocation à formuler des expertises, à des fins de transformation du numérique.

Les syndicats se positionnent peu sur l'écologie, encore moins sur l'écologie du numérique: nous n'avons rien trouvé à ce sujet. L'environnement est une entrée secondaire sur le site de la CGT, et plus encore sur celui de FO. Le service consommateurs de la CGT, l'Indecosa, joue un rôle très subalterne dans l'organisation, redirigeant vers les sites de 60 millions de consommateurs et de l'UFC-Que Choisir. En 2019, l'Indecosa a organisé un séminaire sur la consommation et le climat, comptant parmi ses invités la navigatrice Isabelle Autissier,

présidente du WWF. Le document général de cadrage au sujet du «développement humain durable» privilégie les enjeux de la propriété publique et de la réindustrialisation, sans plus de précision⁹⁹, tandis que les ONG écologistes alignent des pages de détails, allant jusqu'au modèle de lampe à utiliser dans les écrans. Pourtant, le type de propriété n'a guère de lien avec l'écologie, ni même avec le niveau de salaire: le numérique au sens de la statistique (le schème étatique) est un secteur globalement très qualifié et très bien payé. Sur le plan syndical, il pose d'abord un problème lié au contrat de travail: ce sont les «travailleurs du clic» ou les salariés «ubérisés», ramenés au «tâcheronnage» qui était en vigueur au XIX^e siècle; ou encore l'extra-territorialité des plates-formes¹⁰⁰. Les syndicats voient la question écologique comme un moyen de culpabiliser le consommateur, c'est-à-dire le travailleur – et ce, alors que les modes de vie des plus riches ne sont pas remis en cause. Et c'est en effet souvent le discours des industries, comme nous avons pu le voir. Mais c'est un peu injuste pour les ONG écologistes qui s'adressent au consommateur pour le mobiliser plus que pour le stigmatiser, étant donné qu'elles n'ont pas beaucoup d'autres leviers à disposition, hormis le plaidoyer auprès des élus. Et c'est également une erreur de tout attendre de l'État, ou d'une propriété collective des seules entreprises, aussi bien que de penser que les «petits gestes» en sont réellement.

LES CONSOMMATEURS: CIBLES D'INJONCTIONS CONTRADICTOIRES

«Les consommateurs» sont une catégorie étrange, partout invoquée et jamais présente en tant que telle, à la différence de l'État, des entreprises ou des ONG qui ont au moins des organisations structurées et des représentants légaux; ils sont en quelque sorte «ventriloqués» par tous ces acteurs, sous des angles différents – y compris les associations «de

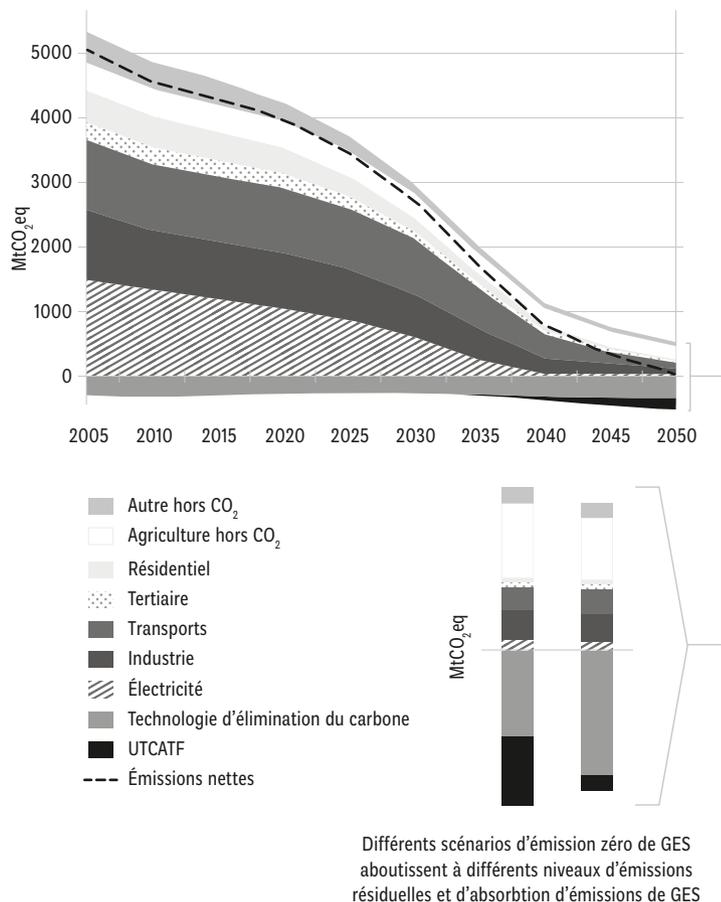
consommateurs» – et entretenant une relation plutôt floue avec la catégorie de citoyen. En matière d'écologie, le thème central de tous les discours sur le consommateur ou à destination du consommateur est le «bon usage». Il a ceci de remarquable qu'il désigne des pratiques très différentes, selon l'acteur considéré: usage «sobre» (écologistes); bien ou service produit dans de bonnes conditions de travail (syndicats); usage permettant à l'organisation productive de perdurer, voire de s'étendre (entreprises); usage permettant au pays de s'équiper sans détruire la planète (autorités publiques, qui sont le lieu de la synthèse des différentes exigences, au travers de la loi, qui est générale), car les consommateurs sont aussi le peuple souverain. Tous ces acteurs s'appuient sur les schèmes étatiques, du fait des catégories qu'ils utilisent («consommateur», «entreprise», smartphones, catégories NAF, etc.) ou des actions qu'ils engagent (sur la législation, dans l'espace public, etc.). Ces discours et actions se font inégalement entendre. Par exemple, le Crédoc ne questionne-t-il pas la légitimité de la distribution des revenus, enjeu qui n'apparaît que sous la forme de segments de marché à conquérir – des modes de vie partiellement distincts mais également susceptibles de laisser voir une «classe moyenne» partageant l'essentiel, qui s'exprime dans le «taux d'équipement» (voiture, maison, école, télévision, machine à laver). Revendications syndicales ou écologistes sont le plus souvent renvoyées à l'infra-texte, aux interstices (Scott). Les modes de vie sont donc principalement pilotés par les grandes entreprises, avec l'appui constant de l'État, quelles que soient les alternances. Les agences de régulation telles que l'Arcep ou EPEAT se tiennent certes à égale distance de chacune des entreprises, suivant le principe d'impartialité qu'elles revendiquent, mais elles n'intègrent pas le point de vue syndical ou écologiste, ce qui relativise et limite cette impartialité. Elles défendent l'expansion des réseaux qu'elles régulent, et ne cherchent pas à équilibrer les chances des acteurs sur ces réseaux – «laissez-faire». Ces réseaux sont sociotechniques, matériels et idéels.

Ils sont l'infrastructure des modes de vie, entendus comme pratiques répétitives et standardisées. Les 24000 versions d'Android masquent l'existence d'une large part commune. Ces versions sont personnalisables (fonds d'écran, sonnerie, émoticônes, etc.), permettant au style de vie de s'exprimer. Les genres de vie, quant à eux, sont conflictuels et reprennent la diversité évoquée: les membres ou sympathisants des associations écologistes cherchent à pousser des usages plus sobres; les syndicats défendent les salaires; les entreprises sont en quête de clients pour leurs modèles différenciés; les autorités publiques soutiennent certains genres de vie pour qu'ils fassent évoluer les modes de vie, avec le Crédoc comme agence marketing, pour augmenter la «compétitivité» des territoires, c'est-à-dire leur souveraineté.

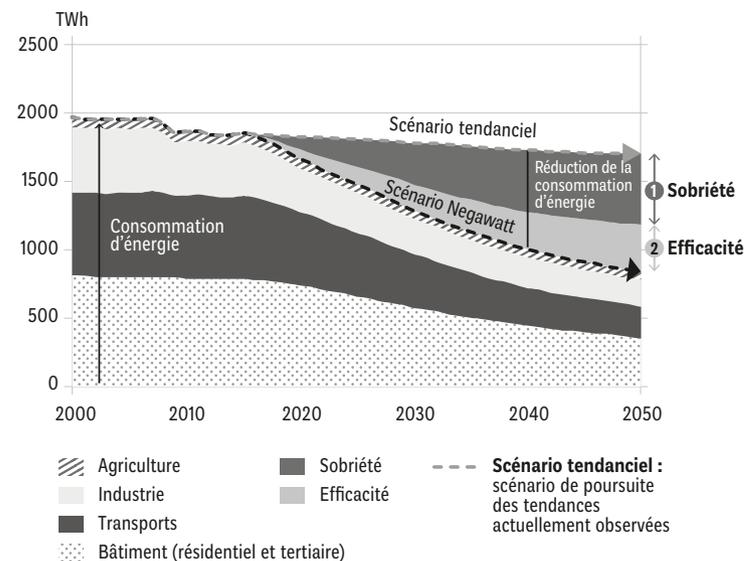
Conclusion

Contre la foi dans la technologie: reprendre le contrôle de l'historicité

EN 2019, la Commission européenne propose un «Pacte vert pour l'Europe¹», ou Green New Deal, dont l'objectif est d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 tout en inversant la tendance sur le plan de la biodiversité, en mobilisant les citoyens, les entreprises et les budgets nationaux. Elle vise notamment 50% de réduction d'émissions en 2030, par rapport à 1990. Les raisons avancées sont d'ordre économique: coût climatique, dépendance aux énergies fossiles et effets de la pollution sur la santé. Le Pacte vert voit également le potentiel d'un «marché vert». L'UE se félicite des progrès qu'elle a déjà accomplis dans cette direction: croissance du PIB de 54%, depuis 1990, avec une réduction de la consommation d'énergie de 2% et une baisse des émissions de gaz à effet de serre de 22%²: le «découplage» tant espéré est au rendez-vous. Les progrès sont imputés au jeu de rôles identifié jusqu'ici: l'articulation entre la production et l'achat «propre» (ou en tout cas: plus propre), les différentes directives permettant de sortir de la situation «d'attente» évoquée par l'Eurobaromètre³. Jouer sur son marché intérieur pour changer le monde. L'allure générale de la courbe espérée est très proche de celle proposée depuis des années par le scénario Negawatt –élaboré par une association qui défend une trajectoire sobre et ancrée à 100% dans les énergies renouvelables.

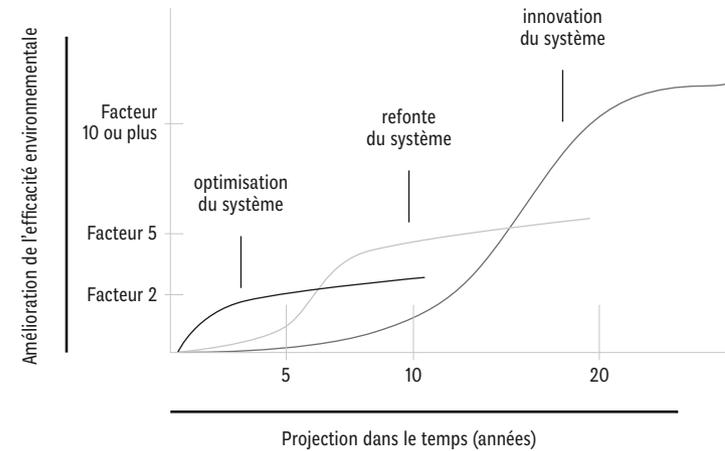


LES OBJECTIFS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (GES) DU GREEN NEW DEAL.
 [Source: Commission européenne, COM 2018/773]



Cette stratégie présente quatre difficultés de taille, en partie synthétisées dans le rapport «Debunked» du Bureau européen de l'environnement⁴. Tout d'abord, le discours victorieux néglige les émissions provoquées hors du territoire européen par le mode de vie du continent: avec ce paramètre, on aboutit non pas à une réduction mais à une croissance de 8% des émissions sur la période 1990-2010, pourtant très favorable – en raison notamment de la crise de 2008 et de la chute du PIB des pays d'Europe centrale et orientale, liée à la chute de l'URSS⁵. Ensuite, la dynamique positive est de l'ordre de l'efficacité, et non de la sobriété, ce qui masque une dépendance croissante à des systèmes techniques dont il sera difficile de se passer, puisqu'ils se seront «imposés». Troisièmement, le Pacte vert

parie sur des ruptures technologiques dont nul ne peut garantir avec certitude qu'elles seront disponibles, généralisables et généralisées dans la temporalité impartie (30 ans); c'est en particulier le cas du numérique, partout évoqué sans être jamais pris pour ce qu'il est réellement. D'autres formules magiques sont disséminées dans le document, qui n'évoque même pas l'effet rebond⁶. Enfin, la question du système (capitaliste, productiviste) est évacuée. L'enjeu de la cohérence des politiques entre elles est présent, mais il ne cible que les directives liées à l'écologie (efficacité énergétique, économie circulaire –éco-conception incluse– et énergie), délaissant les directives sur la presse, l'information, la politique industrielle, le droit social⁷, etc. Le rôle du marketing, de la publicité, de la motivation économique, des réseaux, des modes de vie, qui se sont révélés cruciaux jusqu'ici, sont donc jugés non problématiques, alors qu'ils sont fortement contradictoires avec les politiques écologiques. Tout repose donc, à nouveau, sur la foi dans la technologie: à elle de résoudre les contradictions, moyennant que les consommateurs fassent les «bons» arbitrages. Ce n'est pas crédible, comme on l'a vu. Les citoyens ne croient ni à la solution technique ni à la possibilité de réduire les émissions sans changer de mode de vie, comme le montrent les sondages annuels de l'Ademe en matière de changement climatique. Et pour changer de mode de vie, l'enjeu principal est la répartition équitable des efforts. À cet égard, le Green New Deal est bien trop timide. Dans le schéma des chercheurs Arnold Tukker et Maurits Butter, nous sommes plus proches d'une optimisation du système que de sa reconception. Or ceux-ci montrent que l'optimisation ne dépasse pas un facteur 2, soit une division par deux des gaz à effet de serre. Aller plus loin impliquerait de rompre avec le système, autrement dit avec la croissance. Sans rupture de système, c'est-à-dire de réseau, les réseaux existants s'en trouveront renforcés, puisque les optimiser suppose de continuer à compter sur eux. L'optimisation rigidifie le système existant, en le validant.



OPTIMISATION DU SYSTÈME, RECONCEPTION ET INNOVATION.
 [Source: Arnold Tukker et Maurits Butter, «Governance of Sustainable Transitions: about the 4(o) Ways to Change the World», *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, n° 1, janvier 2007, p. 95]

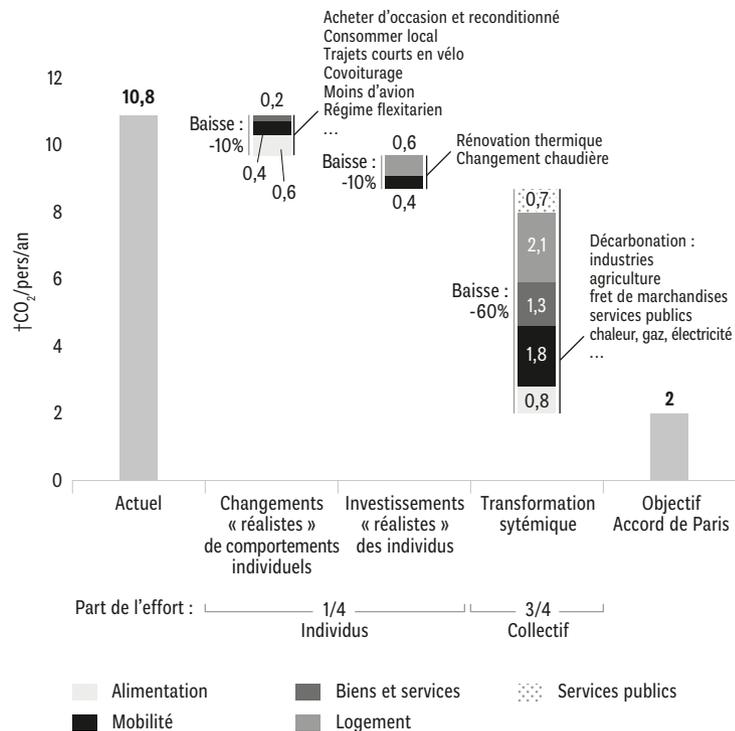
Que serait une rupture de système? Elle exige d'aller au-delà de cette sobriété qui, dans le fond, se ramène globalement à de l'efficacité. Le schéma du Green New Deal reste intéressant et pertinent, à condition d'aller beaucoup plus loin, vers une politique alternative des réseaux et des communs, une socialisation de la consommation qui ne soit pas une étatisation et une planification dirigiste. Ceci implique notamment d'interroger ouvertement les choix quotidiens, les «petits gestes», en ce qu'ils impliquent un mode de vie, ou un genre de vie. Et, dans ce but, changer les architectures de choix, de manière à insérer les informations et les éléments matériels qui permettent à d'autres d'exister et d'être choisis. Nous avons notamment proposé de rendre obligatoire, avant commercialisation, une autorisation de mise sur le marché comportant un exercice de prospective du type de celui réalisé par le Shift Project, aux frais de l'entreprise, mais vérifié par un tiers.

L'objectif est de rendre visible l'avenir que l'on fait advenir, quand on choisit tel ou tel objet. À l'heure actuelle la liberté du consommateur est un marché de dupes, du fait d'architectures de choix très contraintes. Faire retomber la responsabilité exclusivement sur le choix individuel n'a pas de sens: c'est une culpabilisation inutile et inefficace. La bonne perspective est celle des filières et des réseaux que l'on encourage ou que l'on bloque en choisissant telle politique ou tel objet au quotidien.

Notre thèse est que la question de la sobriété engage un contrôle des modes de vie, c'est-à-dire des réseaux, dans un monde fini; ce qui veut dire qu'encourager tel ou tel mode de vie a des implications sur tous les autres, par contiguïté. Il faut donc chaque fois ramener un mode de vie à un indicateur absolu, tel que l'empreinte écologique, et non un indicateur relatif, tel que les émissions de CO₂ par usage: car l'effet pertinent dépend du nombre d'usagers. La formule est connue: «si tous les Terriens vivaient comme les Français...» ou même si 1% des Terriens vivaient comme Bernard Arnault, alors les autres ne pourraient plus vivre. Dire cela c'est remettre en cause le modèle libéral de réussite vanté par Boris Johnson, reposant sur l'envie et l'inégalité poussant les individus vers la performance économique⁸. Ce point était évident dans les conceptions anciennes de la sobriété. Dans l'Antiquité, le lien entre sobriété et régime politique démocratique est clair. Aristote montre qu'une importance excessive accordée à la richesse mène à l'oligarchie⁹. Rousseau est évidemment encore plus sévère, que ce soit envers le luxe, le commerce ou les arts, tous suspectés d'atteindre à la démocratie¹⁰. L'égalité stricte n'est pas forcément l'objectif: les styles de vie sont légitimes, et une différenciation limitée des modes de vie suivant le statut (diplôme, expérience, etc.) peut exister, du moment qu'elle intègre la perspective de la sobriété.

En évacuant les modes de vie, le libéralisme et l'étatisme sont complices. Les deux visions excluent le niveau mésosociologique et ce qu'on appelle «l'économie de réseau». Chez les

économistes, celle-ci désigne une classe particulière de biens, qui sont d'autant plus utiles qu'ils sont largement consommés. Les économistes réservent l'économie de réseau au seul cas extrême de monopole naturel, comme les infrastructures routières ou de télécom: des biens que les entreprises privées ne peuvent pas produire. Le cas est bien plus répandu, à condition de ne pas postuler que les biens privés ne sont que privés. La propriété est une institution sociale, ce qui est «privé» n'est jamais que partiellement. Prenons le cas des vélos, par exemple: plus le cyclisme est répandu, plus faire du vélo devient aisé, puisque tout est prévu pour cela. À l'opposé, faire du vélo dans un cadre conçu pour les voitures relève de l'héroïsme. Carbone 4 a quantifié cela: un quart des réductions de gaz à effet de serre est possible, moyennant des choix raisonnablement accessibles au niveau individuel, le reste dépend notamment de choix collectifs au niveau des infrastructures (routes, etc.).



**LEVIE DE RÉDUCTION DE L'EMPREINTE CARBONNE MOYENNE:
LA PART DE L'INDIVIDU ET LA PART DU SYSTÈME.**

[Source: *Carbone 4, Faire sa part? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'État face à l'urgence climatique, juin 2019, p. 5*]

Les deux niveaux sont du ressort du consommateur-citoyen. Aucun n'est strictement «privé», ni strictement «public». Le même raisonnement vaudrait pour tous les biens et explique en grande partie la logique sous-jacente au marché réel, dont le fonctionnement est éloigné des représentations néoclassiques ou néolibérales. Celles-ci partent du principe que l'individu qui choisit un bien le fait uniquement pour satisfaire

ses «préférences» individuelles. Et qu'il en porte l'entière responsabilité, puisqu'il est réputé «libre». Les biens sont soit privés, soit collectifs, communs ou publics: ils ne peuvent pas être l'un et l'autre en même temps. Un individu qui achète un téléphone n'achète pas l'infrastructure téléphonique. Il n'est responsable que du choix du téléphone. Pourtant, la distinction est artificielle. Les fabricants automobiles ne construisent pas les routes, mais ils ont un intérêt évident à ce que d'autres le fassent. Cet effet de réseau est encouragé par toutes sortes de petites mesures, au nombre desquelles figure l'achat individuel. Acheter un téléphone ou une automobile, c'est faire partie d'un club, qui est d'ailleurs souvent doté de divers représentants qui parlent en votre nom: l'Automobile-Club de France, l'Association des constructeurs automobiles, la Fédération des télécommunications. Ceci a des effets tangibles sur la législation et la configuration matérielle du milieu. On pourrait même considérer à l'extrême qu'il n'existe pas de bien strictement «privé», au sens des sciences économiques, même si tout bien possède une dimension privée. L'enjeu de réseau se révèle alors omniprésent: il est la règle et non l'exception.

Le marché est donc toujours «encastré», pour reprendre l'expression de Karl Polanyi¹¹. Le choix n'est jamais totalement libre: le consommateur, réputé libre d'acheter son téléphone, est ensuite jugé responsable des implications écologiques de son acte. La liberté de choix implique que celui-ci soit possible, compossible et éclairé. Être libre de choisir le vélo alors qu'il n'y a que des autoroutes? Nous retrouvons Scott et Marx, autour de l'enjeu de domination véhiculé par le texte public. Marx parlait plus volontiers «d'idéologie», mais l'idée est la même. Les individus sont guidés par des structures collectives qui se défont de leur responsabilité en l'imputant à l'individu. C'est cela qui doit changer, et les mesures proposées (planification, conseil ouvrier, etc.) doivent être évaluées à l'aune de ce critère. La perspective ouverte par les communs pose également problème en ce qu'elle est trop statique. Le commun est défini par une égalité

dans la production et le bénéfice de l'activité¹². L'approche par les réseaux suggérée ici n'entre pas en opposition avec cette idée: elle la complète en fournissant une vision dynamique. Elle éclaire aussi la face cachée des communs, qui peuvent être des clubs trop exclusifs. La participation à un commun vaut appartenance à une communauté. Celle-ci est d'autant plus bénéfique à l'utilisateur qu'elle est forte et donc nombreuse. Cette réflexion n'est pas nouvelle: elle renvoie à la question de l'appartenance ou de la conscience de classe, par exemple. En la matière, Marx insiste beaucoup sur l'importance de communauté de mode de vie. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle l'extrême droite a pu si facilement qualifier une partie des écologistes de «bobos», pour les discréditer¹³: parce que leurs choix de mode de vie trahissent visuellement un ancrage dans une architecture de choix qui n'est pas celle des ouvriers et des employés. Le commun est à double tranchant: appartenir à une communauté forte, c'est aussi risquer d'écraser les autres. C'est aussi risquer de nier la liberté individuelle, notamment sous la forme des styles de vie, et confondre égalité et uniformité.

Déterminer à quelle communauté ou à quel «club» nous appartenons est donc un choix redoutable, lourd d'implications politiques. La nature collective des biens que nous utilisons explique aussi pourquoi les minorités actives cherchent à se rencontrer, à organiser leurs propres foires, leurs échanges, comme le souligne Serge Moscovici. Théoriser la construction de ces réseaux est aussi important que d'en construire la forme idéale. Diverses explications ont été avancées puis largement reprises par les théoriciens de l'innovation tels qu'Everett Rogers: le mimétisme (à la suite des travaux de Gabriel Tarde¹⁴); le rôle des canaux de communication (sciences de l'information et de la communication¹⁵); différentes institutions dédiées à l'apprentissage telles que l'école; l'effort que font les innovateurs pour connaître leur public et ses goûts (c'est la raison d'être première du marketing¹⁶); l'enrôlement des objets dans l'effort de distinction sociale¹⁷ ou, au contraire, l'appartenance de classe;

la recommandation par des pairs, etc. Les facteurs sont très nombreux et l'ouvrage de Rogers n'a cessé de s'enrichir au fil des années, l'auteur puisant peu à peu dans toutes les disciplines.

Rogers montre en outre que l'individu qui achète le premier téléphone n'a pas les mêmes motivations que le dernier usager encore non équipé, dans le contexte d'un marché saturé. Il propose une typologie extrêmement populaire dans les études sur l'innovation¹⁸. La première catégorie est «l'innovateur», expression qui désigne chez Rogers la figure de l'entrepreneur capitaliste (*innovators*). Il serait caractérisé par un esprit d'entreprise obsessionnel, une attitude cosmopolite, cherchant toujours à sortir des réseaux de pairs, des ressources financières importantes, qui lui permettent de surmonter un éventuel échec, une capacité à faire face à l'incertitude, un amour du risque. Les «primo-adoptants» (*early adopters*) sont plus ancrés dans les réseaux locaux, mais ce sont des leaders d'opinion auprès des autres. La «majorité précoce» (*early majority*) se trouve dans une attitude plus délibérative. Elle dispose d'un réseau social étendu. La «majorité tardive» (*late majority*) est sceptique vis-à-vis de l'innovation. Elle représente un tiers de la population, autant que la majorité précoce. La pression des pairs est requise pour qu'elle adopte l'innovation. Viennent enfin les «traînants» (*laggards*), qui sont dans une attitude jugée «traditionnelle». Ils n'ont aucun *leadership*. Ils sont lents, isolés dans le système social, et ont une faible compréhension des innovations. En l'occurrence, Rogers cite l'exemple des Amish.

Ces différentes catégories font partie du «texte public» au sens de Scott. Nous avons vu comment les «traînants» sont stigmatisés par des institutions telles que le Crédoc, car ils «n'adoptent» pas assez vite les «bonnes» innovations. Pour autant, les «innovateurs», que l'on qualifierait plutôt de «minorités actives» à la suite de Serge Moscovici¹⁹, sont bel et bien dotés de qualités spécifiques, notamment le courage et l'héroïsme. Et la lecture de réseau proposée ici peut infléchir celle de Rogers. Ainsi pouvons-nous saisir comment quelques

paysans héroïques défendant le bio abaissent progressivement le «coût d'entrée» pour des individus moins courageux ou ayant des difficultés plus importantes. Les «innovateurs» ou minorités actives étendent le réseau, augmentent l'effet de club, changent la situation, la perception des consommateurs, l'attitude des banques, des institutions, des financeurs, etc. Petit à petit, il devient plus utile (plus facile, moins stigmatisant, plus valorisant) de cultiver en bio; à l'opposé, continuer en «conventionnel» devient difficile. Le choix des mots est important: l'attitude «traditionnelle», désormais, est celle des «innovateurs» d'autrefois, quand «l'agriculture chimique» était triomphante. Les partisans de cette approche ne se laissent pas apposer ces catégories sans réagir et ils tentent aussi d'apparaître comme ceux qui sont porteurs de progrès, d'avenir. À nouveau, nous voyons à quel point la dimension collective est omniprésente, à rebours des représentations néo-classiques, même si le privé est également là, puisque cultiver ou se nourrir en bio c'est aussi satisfaire un besoin d'emploi ou d'alimentation de qualité.

Le conflit entre réseaux peut durer longtemps. Il met en jeu un *lock-in* contre un autre. Il peut s'écouler des années voire des décennies entre le pionnier qui lutte seul contre tous et le dernier «converti» qui n'avait plus vraiment le choix. Les entreprises utilisent ce genre de technique pour «innover» c'est-à-dire tisser des réseaux qu'elles contrôlent –ainsi Apple et sa «fan-base», ou le fait d'utiliser les enfants ou la distinction («*think different*») voire l'identité («venez comme vous êtes») comme levier de l'achat ou plus exactement de «l'expérience consommateur», comme disent les marketeurs. Mais les associations et les partis politiques aussi. D'abord quelques individus héroïques, puis des collectifs, qui s'installent dans une niche, qu'ils élargissent, trouvent de nouveaux alliés, etc. La lecture des réseaux est proche de celle proposée par Michel Callon²⁰, mais elle s'en éloigne sur un point décisif: l'importance accordée au politique, *via* le texte

public et les schèmes étatiques (Scott) ou la prise en compte large du contexte d'action.

La question stratégique est de savoir comment renforcer un réseau face à un autre, ce que les entreprises ont bien compris. Il serait temps que les militants le comprennent à leur tour. Naomi Klein n'est pas très loin du compte quand elle évoque la stratégie «blockadia²¹»: bloquer ce que les francophones appellent les «grands projets inutiles et imposés» (mines, infrastructures etc.) et favoriser les alternatives. Mais elle ne théorise pas de réseau à proprement parler. Bloquer oui mais bloquer au regard d'un réseau que l'on veut pousser, comme partie d'un mode de vie: c'est cela qui est décisif. Le réseau redonne son importance au géographique, là où le récit dominant de l'innovation et du changement social enferme dans la vision linéaire et historique du «développement».

L'économie des réseaux souligne en outre l'existence d'un «effet de réseau»: après un investissement long et sans retombées immédiates du côté de l'État ou des individus (des pistes cyclables sans cyclistes, ou des cyclistes isolés luttant héroïquement dans le flot de voitures), qui poussent chacun un genre de vie encore minoritaire, il se produit une «avalanche de demandes» une fois dépassé un certain «seuil critique». Cette avalanche est provoquée par l'abaissement du «coût d'entrée» pour les individus les moins «héroïques» (vélos plus adaptés, distances raccourcies, réparations facilitées, sécurité mieux garantie, etc.) ou par l'abaissement du coût marginal de production (apprentissage, etc.), et par une situation de *lock-in* (blocage) relatif, avec une quasi-obligation pour tous de se servir de l'infrastructure, devenue incontournable. À la base du problème du réseau, que rencontrent tous les types de production et pas uniquement les réseaux, il y a cette question de «la poule ou de l'œuf» pour laquelle Jean Tirole a obtenu le prix Nobel d'économie, décerné par la Banque de Suède²². La poule et l'œuf, c'est le «petit geste» et l'État, ou *vice versa*, ce qui montre à nouveau que le «petit geste» n'en est pas un: c'est un genre de vie.

Le genre de vie, c'est l'innovation, le mouvement, le changement social et politique. L'État peut accompagner, susciter, écouter, encourager tel ou tel genre de vie, mais il ne peut pas le décréter à la place des individus eux-mêmes; c'est la même chose pour le mode de vie. À l'heure actuelle, l'État favorise les genres de vie poussés par les industries du numérique. Des résistances existent, l'enjeu est de les renforcer, dans une perspective de réseau qui est aussi celle de la souveraineté.

L'innovation sobre, c'est-à-dire décroissante, implique une écologie populaire, ancrée dans des territoires, en quelque sorte celle des Gilets jaunes, qui se débattent contre la publicité et des architectures de choix subies; qui ont conscience de leur dépendance à la voiture; qui veulent vivre dignement, loin de l'*hybris*. C'est avec leur appui et contre l'*hybris* oligarchique qu'il faut agir: conformément aux vœux de la Convention citoyenne sur le climat, il s'agit de brider drastiquement la publicité, de placer un jury de citoyens au pouvoir pour la contrôler. De mettre l'accent sur les architectures de choix, qui sont socio-techniques – et non pas seulement «étatiques», ni étroitement «individuels». Dans le domaine numérique, il pourrait être intéressant de favoriser Framasoft ou le logiciel libre qui, s'ils ne sont pas encore sobres, peuvent le devenir, puisqu'ils sont ouverts et transformables. Avec une meilleure information, des choix plus ouverts, la numérisation en cours peut être freinée, bloquée; une dénumérisation partielle est possible. Pourquoi autoriser la vidéo en 4K? Sans autorisation, le marché français voire européen sera réservé à la simple haute définition²³. De même, pourquoi accepter la voiture autonome? Pourquoi ne pas développer la voiture *low-tech*? Bien sûr, les entreprises «leader» sur ces marchés protesteront contre les obstacles mis à «l'innovation» – comme si leur vision de l'innovation devait être adoptée par tout le monde, sans discussion; mais elles seront contraintes d'investir leurs milliards dans d'autres secteurs, et c'est précisément le but. Ce n'est pas «l'innovation» qui sera affectée, mais un certain type, non sobre, d'innovation.

ET POUR FINIR PROGRAMME POUR UNE SOBRIÉTÉ NUMÉRIQUE

Une mesure phare: organiser la visibilité des grandes tendances (ou réseaux) aujourd'hui invisibles: usages de la vidéo, croissance de la puissance de calcul, etc., en regard des enjeux écologiques. Obliger les entreprises qui mettent un nouveau produit sur le marché à *émettre* un document certifié par un tiers de confiance (une association de consommateur) évaluant les effets écologiques et sociaux de la généralisation du produit, sur le marché considéré, de manière à socialiser les usages, suivant le modèle mis en place par les classes populaires au niveau de la cellule familiale. Organiser la même visibilité pour les lois et réglementations, telles que les directives européennes.

Autres mesures ciblant différents paramètres clés de l'évolution du numérique:

Trafic/transit. Ne pas développer la 5G et encore moins la 6G. Chaque nouveau réseau a pour but de faire transiter plus de données et donc de pousser l'ensemble du système numérique vers plus de consommation. On peut faire une analogie avec la circulation automobile: chaque nouvelle génération de réseau revient à agrandir le réseau autoroutier, en nombre de kilomètres et en largeur de voies (deux voies, quatre voies, six voies). Stopper l'expansion routière a pour conséquence de limiter tout le reste: le nombre de voitures en circulation, etc. On nous répondra évidemment que nous risquons l'embouteillage. Mais c'est précisément le but. L'engorgement est une manière de réguler, c'est-à-dire d'établir des priorités. Comme pour la circulation, le trafic numérique doit être priorisé: des voies de circulation pour les transports en commun doivent

être garanties, et les usages privatifs ou égoïstes devront être découragés voire interdits.

Stockage. La réponse est moins évidente. Mais il est important de comprendre qu'on ne dispose pas plus de serveurs en quantité illimitée qu'on ne dispose de bibliothèques ou de papier, tout ne peut donc pas être stocké. Il doit y avoir une politique du stockage, qui tienne compte de la question écologique. Peut-être organiser des Assises écologiques du numérique, dont le programme serait guidé par une conférence de citoyens, avec le concours des médias, dans leur diversité. Faire événement, de manière à attirer l'attention de la population. Impliquer les parties prenantes dans l'événement : industries du numérique, secteurs usagers du numérique, enseignement, associations, ONG, syndicats, collectivités territoriales, et les médias eux-mêmes, qui ne seraient pas simplement là comme médiateurs, mais comme acteurs. Placer des citoyens tirés au sort en position d'arbitre : ils incarneront la norme d'impartialité, bien mieux que l'Arcep ou EPEAT, qui ne sont impartiaux que de manière partielle, si l'on peut dire, notamment quand un marché évince un autre (le numérique écartant l'analogique). Les citoyens se font l'écho de la « généralité sociale », *que ne détiennent aucun des corps intermédiaires. Ils font contrepoids à la tendance de ceux-ci à prendre leur agenda pour la généralité sociale. Élargir les parties prenantes à des représentants des pays du Sud, puisqu'il est question de mondialisation et de planète.*

Calcul. Qui dit calcul dit dépense d'énergie. Les usages les plus voraces, et dont l'utilité est questionnable, doivent être évités. Ainsi : la voiture autonome, l'e-sport, une bonne partie des usages de l'IA, etc. Comme le suggère le Shift Project, décourager les activités dont le moteur est de produire et vendre toujours plus de données. Dénumériser les secteurs qui peuvent l'être, par exemple les véhicules automobiles.

Matériel. Les trois catégories de mesures susmentionnées n'affectent guère la dimension matérielle du numérique. Il faut donc ajouter une garantie de dix ans sur tous les appareils, et une compatibilité software de vingt ans.

Notes

Introduction

1. The Shift Project, «Lean ICT. Pour une sobriété numérique», 2018 [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/05/2018-05-17_Rapport-interm%C3%A9diaire_Lean-ICT-Pour-une-sobri%C3%A9t%C3%A9-num%C3%A9rique.pdf].
2. Calculs personnels. L'Eniac consommait 150 kW et réalisait 5000 opérations par seconde; l'IBM Summit se situe entre 200 et 2000 pétaflops, selon les sources, pour 15 MW.
3. Yochai Benkler, *The Wealth of Networks. How Social Production Transforms Market and Freedom*, Yale University Press, 2006, p. 4. «The removal of the physical constraints on effective information production has made human creativity and the economics of information itself the core structuring facts in the new networked information economy.» Notre traduction.
4. Dominique Cardon, *Culture numérique*, Presses de Sciences Po, 2019.
5. Semiconductor Industry Association, Semiconductor Research Corporation, «Rebooting the IT revolution: A Call to Action», 2015 [<https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/RITR-WEB-version-FINAL.pdf>].
6. Steffen Lange, Johanna Pohl et Tilman Santarius, «Digitalization and Energy Consumption. Does ICT Reduce Energy Demand?», *Ecological Economics*, vol. 176, octobre 2020, p. 106760.
7. Rolf Landauer, «Irreversibility and Heat Generation in the Computing Process», *IBM Journal of Research and Development*, vol. 5, n°3, juillet 1961, p. 183191.
8. Claus Barthel *et al.*, «GHG Emission Trends of the Internet in Germany», in Thomas Langrock *et al.* (dir), *Japan & Germany: International Climate Policy & the ICT Sector*, Wuppertal Institut, 2001.
9. Fabrice Flipo, Michelle Dobré et Marion Michot, *La Face cachée du numérique. L'impact environnemental des nouvelles technologies*, L'échappée, 2013, p. 125.
10. GeSI, «SMART 2020. Enabling the Low-carbon Economy in the Information Age», 2008 [<https://gesi.org/research/download/7/>]; voir aussi le rapport plus récent du GeSI, «#SMARTer2030. ICT

- Solutions for 21st Century Challenges», 2015 [https://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf].
11. Steffen Lange, Johanna Pohl et Tilman Santarius, «Digitalization and Energy Consumption. Does ICT Reduce Energy Demand?», art. cit.
 12. GeSI, «Digital with Purpose: Delivering a SMARTer2030», 2019 [https://gesi.org/storage/files/DIGITAL%20WITH%20PURPOSE_Summary_A4-WEB_watermark.pdf].
 13. CNNum, «Feuille de route sur l'environnement et le numérique», 8 juillet 2020 [https://cnnumerique.fr/environnement_numerique].
 14. Bundesumweltministerin, «Bundesumweltministerin Schulze legt erste umweltpolitische Digitalagenda vor», communiqué de presse, 2 mars 2020 [www.bmu.de/pressemitteilung/bundesumweltministerin-schulze-legt-erste-umweltpolitische-digitalagenda-vor/?utm].
 15. Voir le communiqué de presse sur le site de l'Arcep [www.arcep.fr/actualites/les-communiqués-de-presse/detail/n/reseaux-et-environnement.html].
 16. www.senat.fr/leg/ppl20-027.html
 17. Crédoc, «Baromètre du numérique 2019: Enquête sur la diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française en 2019» [www.credoc.fr/publications/barometre-du-numerique-2019].
 18. Comme cet événement au cours duquel chacun a pu constater que le triomphalisme numérique n'était plus de mise [https://digital-society-forum.orange.com/fr/les-actus/?forum=330].
 19. Institut Mines-Télécom et *Usbek & Rica*, «Tribunal pour les générations futures», 9 octobre 2019 [www.imt.fr/formation/imt-disruptcampus/tgf].
 20. CNNum, «Feuille de route sur l'environnement et le numérique», *op. cit.*, p. 8, éditorial.
 21. Cigref, «Sobriété numérique. Une démarche d'entreprise responsable», octobre 2020 [www.cigref.fr/wp/wp-content/uploads/2020/10/Cigref-The-shift-project-Sobriete-numerique-une-demarche-d-entreprise-responsable-octobre-2020-1.pdf].
 22. The Shift Project, «Lean ICT. Pour une sobriété numérique», *op. cit.*, p. 3.
 23. *Ibid.*, p. 84.
 24. Crédoc, «Baromètre du numérique 2019», *op. cit.*
 25. CNNum, «Feuille de route sur l'environnement et le numérique», *op. cit.*
 26. The Shift Project, «Lean ICT. Pour une sobriété numérique», *op. cit.*, p. 17.
 27. Walt W. Rostow, *Les Étapes de la croissance économique. Un manifeste non communiste*, Seuil, 1962.
 28. Pierre Rosanvallon, *Le Peuple introuvable. Histoire de la représentation démocratique en France*, Gallimard, 1998.
 29. Razmig Keucheyan, *Les Besoins artificiels*, Zones, 2019.
 30. Alain Gras, *Les Macro-systèmes techniques*, PUF, 1997; du même auteur, *Fragilité de la puissance. Se libérer de l'emprise technologique*, Fayard, 2003.
 31. Yves Citton, *L'Économie de l'attention. Nouvel horizon du capitalisme ?*, La Découverte, 2014.
 32. Jean-Paul Sartre, *Critique de la raison dialectique*, Gallimard, 1960, p. 727.
 33. Lawrence Lessig, «Code is Law. On Liberty in Cyberspace», *Harvard Magazine*, 1^{er} janvier 2000 [https://harvardmagazine.com/2000/01/code-is-law-html].
 34. Pierre Dardot et Christian Laval, *Commun. Essai sur la révolution au XXI^e siècle*, La Découverte, 2013.

Chapitre 1

Numérique et modes de vie: définitions

1. Norbert Wiener, *Cybernétique et Société. L'usage humain des êtres humains*, Deux Rives, 1952, p. 100, note 1.
2. Patrice Hernert, *Les Algorithmes*, PUF, 2002.
3. Dominique Boullier, *Sociologie du numérique*, Armand Colin, 2016.
4. *Ibid.*, p. 7.
5. Elizabeth Eisenstein, *La Révolution de l'imprimé. À l'aube de l'Europe moderne*, Hachette, 2003.
6. Marshall McLuhan, *La Galaxie Gutenberg. La genèse de l'homme typographique* [1962], CNRS Éditions, 2017.
7. Harold Adams Innis, *Empire and Communications*, Clarendon Press, 1950.
8. Norbert Wiener, *La Cybernétique. Information et régulation dans le vivant et la machine* [1947], Seuil, 2014.

9. Manuel Castells, *La Société en réseaux. L'ère de l'information*, Fayard, 1998.
10. CNUCED, «Digital Economy Report 2019. Value Creation and Capture: Implications for Developing Countries», 2019 [https://unctad.org/system/files/official-document/der2019_fr.pdf].
11. Tim Berners-Lee, «The Original Proposal of the WWW, HTMLized», mars 1989–mai 1990, [www.w3.org/History/1989/proposal.html].
12. Leonard Kleinrock, «Information Flow in Large Communication Nets. Proposal for a PhD Thesis», 1961 [https://my.ece.utah.edu/~ece6962-003/additional/Kleinrock61.pdf].
13. Norbert Wiener, *La Cybernétique. Information et régulation dans le vivant et la machine*, op. cit.
14. Plus de 3,2 milliards de téléspectateurs ont suivi la finale de la Coupe du monde de football en 2018 [www.lefigaro.fr/le-scan-sport/2018/12/21/27001-20181221ARTFIG00130-mondial-2018-plus-d-un-milliard-de-tele-spectateurs-ont-suivi-la-finale.php].
15. UNEP, «Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel», 2016, p. 17 [www.resourcepanel.org/reports/global-material-flows-and-resource-productivity-database-link].
16. Hans Jonas, *Le Principe responsabilité. Une éthique pour la civilisation technologique*, Le Cerf, 1990.
17. James C. Scott, *Seeing Like A State: How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, Yale University Press, 1998.
18. Alain Desrosières, *La Politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique*, La Découverte, 2000, p. 16.
19. James C. Scott, *La Domination et les Arts de la résistance. Fragments du discours subalterne*, Amsterdam, 2008, p. 16.
20. *Ibid.*, p. 32.
21. *Ibid.*, p. 106.
22. Michelle Dobré, *L'Écologie au quotidien. Éléments pour une théorie sociologique de la résistance ordinaire*, L'Harmattan, 2002.
23. Salvador Juan, *Sociologie des genres de vie. Morphologie culturelle et dynamique des positions sociales*, PUF, 1991, p. 23.
24. *Ibid.*, p. 32.
25. Sylvie Ollitrault, *Militer pour la planète. Sociologie des écologistes*, Presses universitaires de Rennes, 2008.
26. Marie Cuilleraï et Fabrice Flipo, *1917-2017. Qu'est-ce que réussir une révolution?*, Presses des Mines, 2020.

27. Christian Baudelot, Roger Establet et Jacques Toiser, *Qui travaille pour qui?*, Maspero, 1979.

Chapitre 2

Le smartphone comme mode de vie

1. Andreas Malm, «Ce que le mouvement des Gilets jaunes nous dit du combat pour la justice climatique», *Contretemps*, 13 décembre 2018 [www.contretemps.eu/gilets-jaunes-justice-climatique/].
2. Rapport publié par le cabinet d'audit Deloitte, «Usages mobiles 2015 – A Game of phones», 2016 [www2.deloitte.fr/formulaire/pdf/Deloitte_Usages-Mobiles-2015_Nov2015.pdf].
3. Dominique Pasquier, *L'Internet des familles modestes. Enquête dans la France rurale*, Presses des Mines, 2018.
4. Le taux horaire en 2000 est de 45 francs de l'heure, pour 169 heures par mois, soit 7605 francs.
5. Crédoc, «Baromètre de la diffusion des nouvelles technologies en France», rapport n°220, 2001, p. 53 [www.credoc.fr/publications/le-barometre-de-la-diffusion-des-nouvelles-technologies-en-France].
6. *Ibid.*, p. 53
7. www.cnrtl.fr/definition/ordinateur
8. Crédoc, «La diffusion, l'usage et l'acceptabilité des nouvelles technologies en France», rapport n°214, 2001, p. 43 [www.credoc.fr/publications/la-diffusion-lusage-et-lacceptabilite-des-nouvelles-technologies-en-France].
9. David Flacher et Hugues Jennequin, *Réguler le secteur des télécommunications? Enjeux et perspectives*, Economica, 2007.
10. Crédoc, «La diffusion, l'usage et l'acceptabilité des nouvelles technologies en France», op. cit., p. 57.
11. Guillaume Carnino, *L'Invention de la science. La nouvelle religion de l'âge industriel*, Seuil, 2015.
12. Le 10 mars 2000, les cours du Nasdaq, qui cote les valeurs «technologiques» (entendre: numériques), ont été divisés par trois.
13. Crédoc, «Baromètre de la diffusion des nouvelles technologies en France», op. cit., p. 39.
14. Crédoc, «La diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française», rapport n°269, 2010

[www.credoc.fr/publications/la-diffusion-des-technologies-de-linformatique-et-de-la-communication-dans-la-societe-francaise-2010].

15. Jeremy Rifkin, *L'Âge de l'accès : la révolution de la nouvelle économie*, La Découverte, 2002.
16. Dominique Boullier, *Sociologie du numérique*, *op. cit.*, p. 48.
17. Crédoc, « Baromètre du numérique 2019 », *op. cit.*, p. 7.
18. Article L133-18 du Code monétaire et financier.
19. Direction générale des entreprises, « Chiffres clés du numérique », 2018 [www.entreprises.gouv.fr/files/files/etudes-et-statistiques/chiffres-cles/2018-chiffres-cles-du-numerique.pdf].
20. Jean-Claude Daumas, *La Révolution matérielle. Une histoire de la consommation (France XIX^e-XX^e siècle)*, Flammarion, 2018, p. 249.
21. *Ibid.*, p. 317.
22. Cf. son blog [www.oezratty.net/wordpress/].
23. Qui existait déjà dans les années 1970 [<http://cultureetconfiture.blogspot.com/2011/01/odorama.html>].
24. Robert Boyer et Yves Saillard, *Théorie de la régulation. L'état des savoirs*, La Découverte, 2002.
25. Voir Rémi Durand, *L'Évangélisme technologique. De la révolte hippie au capitalisme high-tech de la Silicon Valley*, FYP, 2018.
26. François Denord, *Le Néo-libéralisme à la française. Histoire d'une idéologie politique*, Agone, 2016, p. 11.
27. Marc Prensky, « Digital natives, digital immigrants », *On the Horizon*, vol. 9, n°5, 2001, p. 16.

Chapitre 3

La « digitalisation » du système productif

1. Cisco Annual Internet Report (2018-2023), « Across virtually every business sector, there is an increased demand for new or enhanced applications that increase workforce productivity or improve customer experiences », notre traduction [www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html].
2. Arcep, « Rapport public d'activité 2010 », 2011 [<https://archives.arcep.fr/index.php?id=10120>].

3. ART, « Rapport public d'activité », 1997 [www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/054000163.pdf].
4. Arcep, « Croissance, innovation, régulation », actes du colloque du 4 mai 2011 [www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/actes-colloque-mai-juil2011.pdf].
5. Mario Polèse, *Économie urbaine et régionale. Logique spatiale des mutations économiques*, Economica, 1994.
6. « *Backbones* », métaphore basée sur la structure du squelette des mammifères.
7. Communication de la Commission sur la définition du marché en cause aux fins du droit communautaire de la concurrence, 97/C 372/03, 9 décembre 1977.
8. Rapport Xerfi, « Le marché du matériel informatique et des smartphones », septembre 2019; rapport Xerfi, « La fabrication de composants et de cartes électroniques », novembre 2019.
9. Rapport Xerfi, « La fabrication de composants et de cartes électroniques », *op. cit.* ; Statista, « Volume des ventes d'électronique grand public en France de 2010 à 2023, par secteur », 2019.
10. Clément Marquet, *Binaire béton. Quand les infrastructures numériques aménagent la ville*, thèse de doctorat de l'université Paris-Saclay préparée à Télécom ParisTech, 2019 [<https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-02486197v2/document>].
11. Bernard Stiegler, *La Société automatique*, Fayard, 2015.
12. Guillaume Serries, « SNCF: l'amer testament numérique de Guillaume Pepy », *Zdnet*, 26 décembre 2019 [www.zdnet.fr/actualites/sncf-l-amer-testament-numerique-de-guillaume-pepy-39892677.html].
13. Robert Solow, « We'd Better Watch Out », *New York Times Book Review*, 12 juillet 1987, p. 36.
14. Cf. Direction générale des entreprises, « Chiffres clés du numérique », 2018, *op. cit.*
15. Chris Anderson, « The Long Tail », *Wired*, 10 janvier 2004 [www.wired.com/2004/10/tail/].
16. Article L133-18 du Code monétaire et financier.
17. Fevad, « Les chiffres clés », 2018 [www.fevad.com/wp-content/uploads/2018/06/Chiffres-Cles-2018.pdf].
18. Lucien Karpik, *L'Économie des singularités*, Gallimard, 2007.
19. Adam Smith, *Enquête sur la nature et les causes de la richesse des nations* [1775], PUF, 1995.
20. Statista, « Dossier: Logistics industry worldwide », 2019.

21. Service des études et des statistiques industrielles (SESSI), «Le 4 pages des statistiques industrielles», n°121, octobre 1999.
22. La Fabrique de l'industrie, «132 robots pour 10000 salariés», 16 janvier 2018 [www.la-fabrique.fr/fr/chiffre-cle/127-robots-10-000-salaries/].
23. Gérard Delamarre, *Dictionnaire des réseaux. Télématique, RVA, EDI*, À jour, 1989; Victor Sandoval, *Technologie de l'EDI*, Hermès, 1990.
24. Francis Bacon, *Novum Organum* [1620], PUF, 1986, p. 101.
25. Vaclav Smil, *Energy and Civilization: A History*, MIT Press, 2017.
26. Statista, «Dossier: Logistics industry worldwide», 2019.
27. Le rail représente 12000 milliards de tonnes-kilomètre (plus de 1,5 % par an sur la période 2005-2025), la route 1800, la mer 11 et l'aérien «seulement» 60 millions.
28. Xerfi, «Leading Players of the Global Logistics Industry», 2018; Xerfi, «The Global Logistics Industry : the Market (2018-2022 trends)», 2018.
29. MSC Gulsun Fact Sheet, [www.msc.com/che/sustainability/new-ships].
30. Alan McKinnon et Maja Piecyk, «Measuring and Managing CO₂ Emissions of European Chemical Transport», rapport CEFIC, 2011 [https://cefic.org/app/uploads/2018/12/MeasuringAndManagingCO2EmissionOfEuropeanTransport-McKinnon-24.01.2011-REPORT_TRANSPORT_AND_LOGISTICS.pdf].
31. Jean-Noël Jeanneney, *Une histoire des médias des origines à nos jours*, Seuil, 2015, p. 374.
32. Éric Fottorino, «“Le Monde” devient “une marque globale” sur le papier et le numérique», *Le Monde*, 24 mars 2010.
33. Jean-Noël Jeanneney, *Une histoire des médias des origines à nos jours*, op. cit., p. 383.
34. *Ibid.*, p. 378.
35. Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA), *Étude sur le tissu économique du secteur de la production audiovisuelle*, 5^e édition, janvier 2021. Disponible sur le site [https://www.csa.fr/Informer/Collections-du-CSA/Thema-Toutes-les-etudes-realisees-ou-co-realisees-par-le-CSA-sur-des-themes-specifiques/Les-etudes-du-CSA/Etude-sur-le-tissu-economique-du-secteur-de-la-production-audiovisuelle-5eme-edition].
36. Nadine Toussaint-Desmoulin, *L'Économie des médias*, PUF, 2011.
37. *Ibid.*, p. 91.
38. Jürgen Habermas, *L'Espace public. Archéologie de la publicité comme dimension constitutive de la société bourgeoise* [1962], Payot, 1990.
39. Nadine Toussaint-Desmoulin, *L'Économie des médias*, op. cit., p. 22.
40. Dépêche AFP du 9 juillet 2004, reprise notamment par *Libération* (10 juillet 2004): «Patrick Le Lay, décerveleur».
41. Nadine Toussaint-Desmoulin, *L'Économie des médias*, op. cit., p. 29.
42. Mohamed Kammoun, «Efficacité de la publicité. Un état de l'art», *La Revue des sciences de gestion*, vol. 229, n°1, 2008, p. 111119.
43. Fabrice Flipo, François Deltour, Cédric Gossart, Michelle Dobré et Marion Michot, «Technologies numériques et crise environnementale: peut-on croire aux TIC vertes?», projet Ecotic, rapport final, Fondation Télécom, 2009 [https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00957836]. Ce rapport est à l'origine de l'ouvrage publié en 2012: Fabrice Flipo et al., *Technologies numériques et crise environnementale: peut-on croire aux TIC vertes? Technologies numériques et crise environnementale*, Presses des Mines, 2012.
44. Statista, «L'entreprise Google», 2019.
45. Statista, «La vidéo sur Internet en France», 2019.
46. Statista, «Dépenses publicitaires mondiales entre 2007 et 2021», 2019.
47. BDM, «Les chiffres du secteur de la communication en France», 3 mars 2017 [www.blogdumoderateur.com/chiffres-secteur-communication-france/].
48. Statista, «Advertising Worldwide», 2019.
49. Statista, «L'entreprise Google», 2019.
50. Armand Mattelart et Michèle Mattelart, *Histoire des théories de la communication*, La Découverte, 2002, chap. 5.
51. British Film Institute, «Statistical Yearbook», 2018 [www.bfi.org.uk/industry-data-insights/statistical-yearbook].
52. William Audureau, «Spatiale, textuelle, oulipisque... L'étonnante grammaire du jeu vidéo», *Le Monde*, 1^{er} novembre 2019.
53. Syndicat des éditeurs de logiciels de loisirs, «L'essentiel du jeu vidéo», février 2019 [www.sell.fr/news/lessentiel-du-jeu-video-octobre-2019].
54. Dominique Pasquier, *L'Internet des familles modestes. Enquête dans la France rurale*, Presses des Mines, 2018.
55. Fritz Machlup, *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*, Princeton University Press, 1971.

56. Samaneh Kakavand, *The University's Strategy behind the Implementation of Mobile Technology in Education & User Adaptation*, thèse de doctorat en sciences de gestion, université de Montpellier, 2018, p. 141 [https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02048479/document].
57. Pam A. Mueller et Daniel M. Oppenheimer, «The Pen Is Mightier Than the Keyboard: Advantages of Longhand Over Laptop Note Taking», *Psychological Science*, vol. 25, n°6, 2014, p. 11591168.
58. Voir la stratégie du DESI présentée sur le site [https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi].
59. EU Science Hub, «Digital Competence Framework for Citizens: Being Digitally Competent – a Task for the 21st-Century Citizen» [https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomp].
60. Stephanie Carretero, Riina Vuorikari et Yves Punie, «The Digital Competence Framework for Citizens», Joint Research Center, 2017 [https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/digcomp-21-digital-competence-framework-citizens-eight-proficiency-levels-and-examples-use].
61. «What is BEREC?» [https://berec.europa.eu/eng/about_berec/what_is_berec/].
62. BEREC, «Very high-capacity networks have become vital for end-users to realise the full potential of the digital ecosystem and access to these networks has hence become essential for competition to continue to benefit consumers and businesses», notre traduction, p. 2, 2017, [https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/annual_work_programmes/7310-berec-strategy-2018-2020].
63. Voir le site du Sommet mondial sur la société de l'information [www.itu.int/net/wsis/index-fr.html].
64. CNUCED, «Digital Economy Report 2019. Value Creation and Capture: Implications for Developing Countries», *op. cit.*
65. *Ibid.*, p. 46.
66. *Ibid.*, p. 82.
67. Huawei et Oxford Economics, «Digital Spillover. Measuring the True Impact of the Digital Economy», 2017 [www.huawei.com/minisite/gci/en/digital-spillover/files/gci_digital_spillover.pdf].
68. «Classement d'entreprises : les plus riches, les plus grandes, les plus profitables», *JDN*, 18 février 2019 [www.journaldunet.com/management/direction-generale/1159250-entreprises-les-plus-riches-du-monde].
69. «Cisco Annual Internet Report (2018–2023)», 9 mars 2020, livre blanc en ligne [www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.html#_Toc532256794].
70. 1 ZB = 1000 milliards de GB.
71. WEF, «Shaping the Future of Digital Economy and New Value Creation» [www.weforum.org/platforms/shaping-the-future-of-digital-economy-and-new-value-creation].
72. GSMA, «5G-era Mobile Network Cost Evolution», 2019 [www.gsma.com/futurenetworks/wiki/5g-era-mobile-network-cost-evolution/].
73. «WHO : Cell Phones May Cause Cancer», *CNet*, 31 mai 2011 [www.cnet.com/news/who-cell-phones-may-cause-cancer/].
74. WEF, «Shaping the Future of Digital Economy and New Value Creation», *op. cit.*
75. UN High-level Panel on Digital Cooperation, «The age of digital interdependence », 2020 [https://digitallibrary.un.org/record/3865925?ln=fr].
76. Gilbert Rist, *Le Développement. Histoire d'une croyance occidentale*, Presses de Sciences Po, 1996.
77. Google: 85000 employés pour 800 milliards de dollars de valorisation boursière, contre 190 milliards et 121000 employés pour Novartis; 18 milliards et 211000 employés pour PSA.
78. 42000 employés et 33 milliards de dollars de valorisation boursière.
79. Antonio Casilli, *En attendant les robots. Enquête sur le travail du clic*, Seuil, 2019.
80. Neil N. Coe et Henry Wai-Chung Yeung, *Global Production Networks: Theorizing Economic Development in an Interconnected World*, Oxford University Press, 2015.

Chapitre 4 Une trajectoire incompatible avec les équilibres vitaux de la biosphère

1. Theodore Roosevelt, discours prononcé lors de la conférence sur la conservation des ressources naturelles en 1908.
2. Philippe Breton, *Une histoire de l'informatique*, Points, 1990, p. 75.

3. Bertrand Gille, *Histoire des techniques. Technique et civilisations, technique et sciences*, Gallimard, 1978, p. 921.
4. Philippe Breton, *Une histoire de l'informatique, op. cit.*, p. 130.
5. Exemple du PDP-8 [<https://www.pdp8.net/straight8/pdp8.shtml>].
6. Simon Nora et Alain Minc, *L'Informatisation de la société*, La Documentation française, 1978.
7. Philippe Breton, *Une histoire de l'informatique, op. cit.*, p. 213.
8. En novembre 2019, le premier de la liste Top500 accomplit 200 exaflops, soit 1000 cartes Nvidia Titan [www.top500.org/lists/green500].
9. Rolf Landauer, «Irreversibility and Heat Generation in the Computing Process», art. cit.
10. Antoine Bérut, Artak Arakelyan, Artyom Petrosyan *et al.*, «Experimental Verification of Landauer's Principle Linking Information and Thermodynamics», *Nature*, 483, p. 187-189, 2012 [<https://doi.org/10.1038/nature10872>]; M. P. Frank, «The Physical Limits of Computing», *Computing in Science & Engineering*, 4, 2002, p. 16-26.
11. Tim Berners-Lee, «The Original Proposal of the WWW, HTMLized», art. cit.
12. Leonard Kleinrock, «Information Flow in Large Communication Nets. Proposal for a PhD Thesis», art. cit.
13. Philippe Breton, *Une histoire de l'informatique, op. cit.*
14. Bertrand Gille, *Histoire des techniques, op. cit.*
15. Dominique Wolton, *Penser la communication*, Flammarion, 1997, p. 249.
16. *Ibid.*, p. 243.
17. 54 millions d'habitants en 1978, et 3,9 GWh par habitant, d'après Google Public Data.
18. Manuel Castells, *La Société en réseaux, op. cit.*
19. André Gorz, *Misère du présent, richesse du possible*, Galilée, 1997, p. 17.
20. André Gorz et William Gianinazzi, *Le Fil rouge de l'écologie. Entre-tiens inédits en français*, Éditions de l'EHESS, 2015, p. 53-54.
21. Claus Barthel *et al.*, «2001: GHG Emission Trends of the Internet in Germany», art. cit.
22. Gartner Inc., «Gartner Estimates ICT Industry Accounts for 2 Percent of Global CO₂ Emissions», 2007 [www.marketscreener.com/quote/stock/GARTNER-12710/news/Gartner-Inc-nbsp-Gartner-Estimates-ICT-Industry-Accounts-for-2-Percent-of-Global-CO2-Emissions-340348/].
23. GeSI, «SMART 2020. Enabling the Low-carbon Economy in the Information Age», 2008, art. cit. ; «#SMARTer2030. ICT Solutions for 21st Century Challenges», 2015, art. cit.
24. *Ibid.*
25. GSMA, «The Enablement Effect. The impact of mobile communications technologies on carbon emission reductions», décembre 2019 [www.gsma.com/betterfuture/enablement-effect].
26. Jens Malmodin et Dag Lundén, «The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015», *Sustainability*, 10 (9), 2018, p. 3027 [Doi:10.3390/su10093027].
27. General Electric indique avoir largement équipé le monde entier – 90 % des «*power transmissions*» dans le monde entier. Voir General Electric, «The Digital Energy Transformation», 2018 [www.ge.com/renewableenergy/sites/default/files/related_documents/GE_Digital_Transformation.PDF].
28. Timothée Parrique, Jonathan Barth, François Briens *et al.*, «Decoupling Debunked. Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability», juillet 2019, [eeb.org/decoupling-debunked].
29. Will Steffen *et al.*, «Trajectories of the Earth System in the Anthropocene», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, n°33, août 2018, p. 8252.
30. FAO, «Climate Change and Food Security: Risks and Responses», 2015 [www.fao.org/3/a-i5188e.pdf].
31. BIO Intelligence Service, «Impacts of ICT on Energy Efficiency. Report to DG INFSO», 2008.
32. GeSI, «SMART 2020. Enabling the Low-carbon Economy in the Information Age», notre traduction, art. cit., p. 50.
33. Christian de Perthuis, Anouk Faure, «Hausse de la taxe carbone: quels impacts sur le porte-monnaie?», *The Conversation*, 8 janvier 2018 [<https://theconversation.com/hausse-de-la-taxe-carbone-quels-impacts-sur-le-porte-monnaie-89634>] ; Fabrice Flipo, «Débat: La taxe carbone, un outil en trompe-l'œil», *The Conversation*, 30 janvier 2018 [<https://theconversation.com/debat-la-taxe-carbone-un-outil-en-trompe-loeil-90145>].
34. Michel Damian, «Débat: Taxe carbone et "gilets jaunes", la faute aussi aux économistes», *The Conversation*, 7 décembre 2018.

35. Voir le dossier « Vers de nouvelles écologies populaires? », *Écologie & Politique*, n°62, avril 2021.
36. Nathalie Berta, Emmanuelle Gautherat et Ozgur Gun, « Transactions in the European Carbon Market: a bubble of compliance in a whirlpool of speculation », *Cambridge Journal of Economics*, 2016, p. 1-19 [doi:10.1093/cje/bew041].
37. GSMA, « The Enablement Effect. The Impact of Mobile Communications Technologies on Carbon Emission Reductions », art. cit., p. 50.
38. Robert Solow, « We'd Better Watch Out », *New York Times Book Review*, 12 juillet 1987.
39. « Elon Musk: We Must Colonise Mars to Preserve our Species in a Third World War », *The Guardian*, 11 mars 2018 [www.theguardian.com/technology/2018/mar/11/elon-musk-colonise-mars-third-world-war].
40. European Commission, « Report from the Commission to the European Parliament and the Council », 2019 [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM(2019)224&lang=FR].
41. Stanley W. Jevons, *The Coal Question: An Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coalmines*, MacMillan, 1865.
42. Harty D. Saunders, « The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth », *The Energy Journal*, vol. 13, 4, 1992, p. 131-148.
43. Chambre de commerce internationale (CCI), *Publicité et marketing, Code de communication*, 2018, chapitre D, article 1 [https://iccwbo.org/content/uploads/sites/3/2018/12/icc-publicite-et-marketing-code-de-communications.pdf].
44. The Shift Project, « Lean ICT. Pour une sobriété numérique », *op. cit.*
45. *Ibid.*, part. Annexe 3.
46. Shift Project, *Impact environnemental du numérique : tendances à 5 ans et gouvernance de la 5G. Mise à jour des scénarios prospectifs des impacts du numérique mondial*, mars 2021.
47. Eric Masanet, Arman Shehabi, Nuo Lei, Sarah Smith et Jonathan Koomey, « Recalibrating Global Data Center Energy-use Estimates », *Science*, 367 (6481), p. 984-986 [DOI: 10.1126/science.aba3758].
48. https://ecoinfo.cnrs.fr/wp-content/uploads/2015/01/EJC2019_Montreal_Laurent_Lefevre_mini.pdf
49. Rolf Drechsler et Robert Wille, « Reversible Circuits: Recent Accomplishments and Future Challenges for an Emerging Technology », in Hafizur Rahaman, Sanatan Chattopadhyay et Santanu Chattopadhyay (dir.), « Progress in VLSI Design and Test », *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7373, Springer, 2012 [DOI https://doi.org/10.1007/978-3-642-31494-0_53].
50. Semiconductor Industry Association/Semiconductor Research Corporation, « Rebooting the IT Revolution: a Call to Action », art. cit.
51. Mireille Campana *et al.*, « Réduire la consommation du numérique. Rapport au Conseil général de l'économie », 2019 [www.economie.gouv.fr/cge/consommation-energie-numerique].
52. Aïssi Lotfi Belkhir et Ahmed Elmeligi, « Assessing ICT Global Emissions Footprint: Trends to 2040 & Recommendations », *Journal of Cleaner Production*, vol. 177, 10 mars 2018, p. 448-463.
53. Adapté de GSMA, « The Impact of the Internet of Things: The Connected Home », 2015 [www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/15625-Connected-Living-Report.pdf].
54. Ademe, « Modélisation et évaluation des impacts environnementaux de produits de consommation et de biens d'équipement », 2018 [https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/1189-modelisation-et-evaluation-des-impacts-environnementaux-de-produits-de-consommation-et-biens-d-equipement.html].
55. Mireille Campana *et al.*, « Réduire la consommation du numérique », art. cit., p. 32.
56. Taylor Liles, « Xbox Head Says Amazon and Google are Major Competition. He's not Wrong », *DigitalTrends*, février 2020: « I don't want to be in a fight over format wars with those guys while Amazon and Google are focusing on how to get gaming to 7 billion people around the world », notre traduction [www.digitaltrends.com/gaming/xbox-head-says-amazon-and-google-are-major-competition].
57. Evan Mills *et al.*, « Green Gaming: Energy Efficiency without Performance Compromise », Lawrence Berkeley National Laboratory, 2018 [https://sites.google.com/site/greeningthebeast/energy/green-gaming-energy-efficiency-without-performance-compromise].
58. *Ibid.*, p. 9.
59. Cisco, « Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017-2020 », p. 28, 2019 [https://davidellis.ca/wp-content/uploads/2019/05/cisco-vni-feb2019.pdf].

60. Émilie Granjon, « Le signe visuel chez le groupe μ », in Louis Hébert (dir.), *Signo*, Rimouski [www.signosemio.com/groupe-mu/signe-visuel.pdf].
61. Fabrice Flipo *et al.*, « Technologies numériques et crise environnementale: peut-on croire aux TIC vertes? », rapport 2019, *op. cit.*
62. www.mediaterre.org/commerce/actu,20070419071100,1.html.
63. Sandvine, « The Global Internet Phenomena Report », 2018 [www.sandvine.com/press-releases/sandvine-releases-2018-global-internet-phenomena-report].
64. Sandvine, « The Mobile Internet Phenomena Report », 2019 [www.sandvine.com/press-releases/sandvine-releases-2019-mobile-internet-phenomena-report].
65. CNet, « Calculer le poids de ses photos », 2003 [www.cnetfrance.fr/produits/calculer-le-poids-de-ses-photos-1003101.htm].
66. « Intel dresse le futur d'Hollywood avec un dôme géant de 1000 m² qui capte l'action à 360° », *Clubic*, 20 décembre 2018 [www.clubic.com/pro/entreprises/intel/actualite-848816-intel-dresse-futur-hollywood-dome-geant-1-000-capte-action-360.html].
67. « This is what it costs to light 7 of the brightest landmarks in the world for a year », *Insider*, 25 juillet 2017 [www.businessinsider.com/the-cost-of-lighting-landmarks-around-the-world-2017-7?IR=T].
68. « Consommation en énergie », 2017, [https://antipub.org/wp-content/uploads/2017/03/p82_ConsommationsNRJTotales.png].
69. « Écrans publicitaires à Paris: l'afficheur JCDecaux veut faire taire les critiques », *Basta!*, 20 novembre 2017 [www.bastamag.net/Ecrans-publicitaires-a-Paris-l-afficheur-JCDecaux-veut-faire-taire-les].
70. The Shift Project, « Climat : l'insoutenable usage de la vidéo en ligne. Un cas pratique pour la sobriété numérique », rapport 2019 [https://theshiftproject.org/article/climat-insoutenable-usage-video/].
71. Intel, « Data is the New Oil in the Future of Automated Driving », 15/11/2016, en ligne [https://newsroom.intel.com/editorials/krzaniach-the-future-of-automated-driving/#gs.ztywoj].
72. « "L'edge computing est une plus grosse opportunité que le cloud", affirme Thierry Breton, PDG d'Atos », *L'Usine nouvelle*, 15 mai 2019 [www.usinenouvelle.com/article/l-edge-computing-est-une-plus-grosse-opportunit-e-que-le-cloud-affirme-thierry-breton-pdg-d-atos.N844360].
73. Emma Strubell, Ananya Ganesh et Andrew McCallum, « Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP », *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 34(09), 2020, p. 13693-13696 [https://doi.org/10.1609/aaai.v34i09.7123].
74. Martin Giles, « Is AI the Next Big Climate-change Threat? We Haven't a Clue », *MIT Technology Review*, 29 juillet 2019 [www.technologyreview.com/s/614005/ai-computing-cloud-computing-microchips].
75. Jeremy Hsu, « How Much Power will Quantum Computing Need? », *IEEE Spectrum*, 5 octobre 2015 [https://spectrum.ieee.org/tech-talk/computing/hardware/how-much-power-will-quantum-computing-need]; Joni Ikonen, Juha Salmilehto et Mikko Möttönen, « Energy-efficient Quantum Computing », arXiv.org, 9 septembre 2016 [https://arxiv.org/pdf/1609.02732.pdf].
76. « L'informatique quantique, accélérateur digital », *IT for Business*, 2 juillet 2018 [www.itforbusiness.fr/l-informatique-quantique-accelerateur-digital-18041].
77. OCDE, *Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences*, Éditions OCDE, 2019 [https://doi.org/10.1787/9789264307452-en].
78. UNEP, « International Trade in Resources: a Biophysical Assessment », rapport de l'International Resource Panel, 2015 [www.resourcepanel.org/reports/international-trade-resources].
79. Philippe Bihoux et Benoît de Guillebon, *Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société*, EDP Sciences, 2010, p. 76.
80. UNEP, « Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel », art. cit., p. 15.
81. Commission européenne, « Study on Modelling of the Economic and Environmental Impacts of Raw Material Consumption. Technical Report 2014-2478 », mars 2014 [https://ec.europa.eu/environment/enveco/resource_efficiency/pdf/RMC.pdf].
82. Timothée Parrique, Jonathan Barth, François Briens *et al.*, « Decoupling Debunked. Evidence and Arguments against Green Growth as a Sole Strategy for Sustainability », *op. cit.*
83. UNEP, « Global Material Flows and Resource Productivity », *op. cit.*, p. 17.
84. Watt, Nicholas, « Boris Johnson Invokes Thatcher Spirit with Greed is Good Speech », *The Guardian*, 27 novembre 2013,

- [<https://www.theguardian.com/politics/2013/nov/27/boris-johnson-thatcher-greed-good>].
85. FAO, «Climate Change and Food Security: Risks and Responses», *op. cit.*
 86. Cornelis P. Baldé *et al.*, «Suivi des déchets d'équipements électriques et électroniques à l'échelle mondiale 2017: quantité, flux et ressources», rapport de l'université des Nations unies (UNU), de l'Union internationale des télécommunications (UIT) et de l'Association internationale des déchets solides (ISWA) [www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/gen/D-GEN-E_WASTE.01-2017-SUM-PDF-F.pdf].
 87. The Shift Project, «Lean ICT. Pour une sobriété numérique», *op. cit.*, p. 31.
 88. Rapport UNEP de 2013 cité par le site informatif EcoInfo du CNRS, «Les matériaux dans les équipements terminaux», 11 avril 2014 [<https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/04/11/les-materiaux-dans-les-equipements-terminaux/>].
 89. *Ibid.* Les spécialistes d'EcoInfo signalent que ces chiffres commencent à être un peu datés. Il n'a pas été possible d'en trouver de plus récents.
 90. Lanthane, cérium, praséodyme, gadolinium, dysprosium, samarium, europium, terbium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutécium, prométhium...
 91. «Le recyclage des métaux», *EcoInfo*, 3 septembre 2014, mis à jour le 28 avril 2016 [<https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/09/03/3-le-recyclage-des-metaux/>].
 92. Philippe Bihoux et Benoît de Guillebon, *Quel futur pour les métaux ?*, *op. cit.*, p. 31.
 93. The Shift Project, «Lean ICT. Pour une sobriété numérique», *op. cit.*, p. 31.
 94. Rapport du German Mineral Resources Agency (DERA), «Raw Materials for Emerging Technologies 2016», mars 2016 [www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/zukunftstechnologien-zusammenfassung-en.html].
 95. Guillaume Pitron, *La Guerre des métaux rares. La face cachée de la transition énergétique et numérique*, Les Liens qui libèrent, 2018.
 96. «La pénurie de semi-conducteurs contraint Audi Brussels à l'arrêt», *L'Écho*, 15 février 2021 [www.lecho.be/entreprises/auto/la-penurie-de-semi-conducteurs-contraint-audi-brussels-a-l-arret/10284595.html].
 97. Géographes en mouvement, «L'industrie mondiale bientôt à sec?», *Mediapart*, 30 mai 2021. [<https://blogs.mediapart.fr/geographies-en-mouvement/blog/300521/lindustrie-mondiale-bientot-sec>].
 98. Guillaume Pitron, *La Guerre des métaux rares*, *op. cit.*, p. 122.
 99. «Le recyclage des métaux», art. cit.
 100. Philippe Bihoux et Benoît de Guillebon, *Quel futur pour les métaux ?*, *op. cit.*, p. 45.
 101. CWIT, «Countering WEEE Illegal Trade (CWIT). Summary Report, Market Assessment, Legal Analysis, Crime Analysis and Recommendations Roadmap», 2015 [www.cwitproject.eu/wp-content/uploads/2015/08/CWIT-Final-Summary1.pdf].
 102. Ademe, «Équipements électriques et électroniques: données 2019», rapport annuel publié en septembre 2020 [<https://bibliothec.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/4183-equipements-electriques-et-electroniques-donnees-2019.html>].
 103. Le cadre réglementaire européen est publié sur le site de l'Ademe [www.ademe.fr/expertises/dechets/elements-contexte/politique-vigueur/dossier/cadre-reglementaire/grands-principes-reglementation-europeenne-dechets].
 104. Ademe, «Équipements électriques et électroniques: données de 2018», *op. cit.*, p. 43.
 105. *Ibid.*, p. 47.
 106. Ademe, «Définition d'orientations prioritaires de recherche-développement pour le développement de compétences françaises de recyclage des métaux critiques», rapport final, juin 2017 [www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/59185_etat_delart_reyclage_deee.pdf].
 107. Philippe Bihoux et Benoît de Guillebon, *Quel futur pour les métaux ?*, *op. cit.*, p. 69.
 108. Cornelis P. Baldé *et al.*, «The global E-waste Monitor 2020: Quantities, Flows, and Resources», United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) and International Solid Waste Association (ISWA), 2017; Florin Mihai *et al.*, «Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): Flows, Quantities, and Management – A Global Scenario», *Electronic Waste Management and Treatment Technology*, 2019 [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02276468>].
 109. Joseph Tainter et Jean-François Goulon, *L'Effondrement des sociétés complexes* [1988], Le Retour Aux Sources, 2013.

110. Mireille Campana *et al.*, «Réduire la consommation du numérique. Rapport au Conseil général de l'économie», *op. cit.*
111. «Un Français sur trois s'estime bien informé sur l'impact du numérique sur l'environnement», Digital Society Forum, 21 mai 2019 [https://digital-society-forum.orange.com/fr/les-actus/1223-le-sondage-numerique-et-environnement].
112. Ademe, «Les représentations sociales du changement climatique: 21^e vague», novembre 2020, p. 75 [https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4057-representations-sociales-du-changement-climatique-21-eme-vague.html].
113. Richard Thaler et Cass Sunstein, *Nudge. La méthode douce pour inspirer la bonne décision*, Vuibert, 2008.
114. Eric Singler, *Green nudge. Réussir à changer les comportements pour sauver la planète*, Pearson France, 2015.
115. William Young *et al.*, «Sustainable Consumption: Green Consumer Behaviour when Purchasing Products», *Sustainable Development*, vol. 18, n°1, janvier 2010, p. 2031.
116. Robert Rochefort, *Le Bon Consommateur et le mauvais citoyen*, Odile Jacob, 2007.

Chapitre 5

Que faire? État des rapports de force

1. Fabrice Flipo *et al.*, «Technologies numériques et crise environnementale: peut-on croire aux TIC vertes?», rapport 2019, *op. cit.*
2. «Vers le marché unique des produits verts», site de la Commission européenne, 1^{er} juin 2013 [https://ec.europa.eu/environment/efe/news/building-single-market-green-products-2013-06-01_fr].
3. Ainsi que Regulation (EU) 2017/821 sur les métaux en provenance de zones en conflit et Regulation (EU) 2017/1369 sur la labellisation des produits. Cf. Directive 2009/125/CE [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0125#d1e40-10-1].
4. «List of Energy Efficient Products Regulations: by Product Group», site de la Commission européenne [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-products/list-regulations-product-groups-energy-efficient-products_en].
5. Ecofys, «Evaluation of the Energy Labelling Directive and Specific Aspects of the Ecodesign Directive, ENER/C3/2012-523», rapport

- technique final, juin 2014 [www.buildup.eu/sites/default/files/content/Final_technical_report-Evaluation_ELD_ED_June_2014.pdf].
6. European Parliament Research Service, «The EcoDesign Directive ((2009/125/EC): European Implementation Assessment», 2017 [www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2017/611015/EPRS_STU(2017)611015_EN.pdf].
7. *Ibid.*; Centre for Strategy and Evaluation Services, «Evaluation of the Ecodesign Directive (2009/125/EC) : Final Report», 2012 [https://op.europa.eu/s/o7km].
8. Anja Marie Bundgaard *et al.*, «Ecodesign Directive version 2.0: From Energy Efficiency to Resource Efficiency», Aalborg Universitet, 2015 [https://vbn.aau.dk/da/publications/ecodesign-directive-version-20-from-energy-efficiency-to-resource].
9. European Commission, «Report from the Commission to the European Parliament and the Council, COM(2019)224 final, *op. cit.*
10. Directive DEEE 2002, modifiée en 2003, 2008, 2012 (refonte – DEEE II). Voir le site du ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance [www.economie.gouv.fr/cedef/dechets-equipements-electriques-electroniques-deee].
11. Fabrice Flipo, Annabelle Boutet et François Deltour, *Écologie des infrastructures numériques*, Hermes Science Publications, 2007.
12. UNEP, «Metal Recycling : Opportunities, Limits, Infrastructure», rapport de l'International Resource Panel, 2013, p. 133 [www.resourcepanel.org/reports/metal-recycling].
13. Florin Mihai *et al.*, «Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): Flows, Quantities, and Management –A Global Scenario», *op. cit.*, p. 11.
14. Comité économique et social européen, «Identifier l'impact de l'économie circulaire sur l'industrie des biens de consommation à circulation rapide: opportunités et défis pour les entreprises, les travailleurs et les consommateurs –les téléphones mobiles comme exemple», 2019 [www.eesc.europa.eu/sites/default/files/files/qe-03-19-510-fr-n.pdf].
15. Federico Magalini et Jaco Huisman, «WEEE Recycling Economics: The Shortcomings of the Current Business Model», EERA, UNU, 2018 [www.eera-recyclers.com/news/weee-recycling-economics].
16. «Le reconditionnement: une tendance qui pourrait bouleverser le marché», YouGov.fr [https://fr.yougov.com/news/2018/03/05/le-reconditionnement-une-tendance-qui-pourrait-bou/].

17. Ademe, «Étude sur la durée de vie des équipements électriques et électroniques», août 2012 [<https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/3516-etude-sur-la-duree-de-vie-des-equipements-electriques-et-electroniques.html>].
18. Ademe, «Panorama de la deuxième vie des produits en France. Réemploi et réutilisation», novembre 2017 [https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/3632-panorama-de-la-deuxieme-vie-des-produits-en-france-reemploi-et-reutilisation-actualisation-2017.html?search_query=Panorama+de+la+deuxieme+vie+des+produits+en+France.+Reemploi+et+reutilisation+&results=1953].
19. Article L. 213-4-1 du Code de la consommation.
20. Dominique Lhuillier et Yann Cochin, *Des déchets et des hommes*, Desclée de Brouwer, 1999, p. 17; Cyrille Harpet, *Du déchet. Philosophie des immondices : corps, ville, industrie*, L'Harmattan, 1999.
21. *Ibid.*, p. 287.
22. Florin Mihai *et al.*, «Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): Flows, Quantities, and Management – A Global Scenario», *op. cit.*, p. 17-18.
23. Directive européenne RoHS (2002/95/CE) et 2011 (RoHS II).
24. «Summers memo» [https://en.wikipedia.org/wiki/Summers_memo].
25. Ademe, «Équipements électriques et électroniques», *op. cit.*, p. 23.
26. Proposition de loi n°3730 adoptée par le Sénat, visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France [www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/l15b3730_proposition-loi#].
27. Conseil national du numérique, «Feuille de route sur l'environnement et le numérique: 50 mesures pour un agenda national et européen sur un numérique responsable c'est-à-dire sobre et au service de la transition écologique et solidaire et des objectifs de développement durable» [https://cnnumerique.fr/environnement_numerique_2020].
28. «L'empreinte environnementale des réseaux», 19 mars 2021 [www.arcep.fr/la-regulation/grands-dossiers-thematiques-transverses/lempreinte-environnementale-des-reseaux.html]; voir aussi le rapport de l'Arcep, «Pour un numérique soutenable», 15 décembre 2020 [www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-pour-un-numerique-soutenable_dec2020.pdf].
29. Fabrice Flipo *et al.*, «Technologies numériques et crise environnementale : peut-on croire aux TIC vertes ?», art. .cit.
30. *Ibid.*, p. 97.
31. GSMA, *Mobile's Green Manifesto 2012*, p. 25 [www.gsma.com/publicpolicy/resources/mobilesgreenmanifesto].
32. DigitalEurope, «Position Paper on the Waste Framework, WEEE2 and Battery Directives», 2017 [www.digitaleurope.org/resources/position-paper-on-the-waste-framework-weee2-and-battery-directives].
33. DigitalEurope, «Best Practices – Recycled Plastics Paper», 2016 [www.digitaleurope.org/resources/best-practices-recycled-plastics-paper].
34. Nordic Council of Ministers, «Designing Plastics Circulation – Electrical and Electronic Products», *op. cit.*, p. 17.
35. «La réparabilité des ordinateurs portables», Ifixit [<https://fr.ifixit.com/laptop-repairability>].
36. «Sony Honored as One of “World's Most Ethical Companies” in 2020 for the 2nd Consecutive Year», Sony [www.sony.net/SonyInfo/News/Press/202002/20-017E/].
37. «Sustainability Report», Sony, [https://www.sony.net/SonyInfo/csr_report/environment/].
38. <https://www.top500.org/lists/green500/2020/11/>
39. HP Enterprise, «Circular Economy Report», 2019 [www.hpe.com/emea_europe/en/pdfViewer.html?docId=a00060331&jumpid=in_pdfviewer_4daecoa5-1bea-4230-a66b-aaf13b2f4c62_gaiw].
40. Science Based Targets [<https://sciencebasedtargets.org/>].
41. <https://sustainability.fb.com/reports/sustainability-report-2019/>
42. Peter Sayer, «5 serveurs qui n'existeraient pas sans l'Open Computer Project», *Le Monde informatique*, 16 avril 2018 [www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-5-serveurs-qui-n-existeraient-pas-sans-l-open-compute-project-71492.html].
43. «Microsoft will be carbon negative by 2030», blog Microsoft, 16 janvier 2020 [<https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030/>].
44. Peter Viebahn, Alexander Scholz et Ole Zelt, «The Potential Role of Direct Air Capture in the German Energy Research Program – Results of a Multi-Dimensional Analysis», *Energies*, vol. 12, n°18, 2019.
45. Mark Schaffer, «Electronics Standards Are In Need of Repair: manufacturers have weakened US green electronics standards by resisting repair criteria», Repair.org, 2017 [<https://www.repair.org/standards>].

46. Electronic Product Environmental Assessment Tool (EPEAT) [https://epeat.net].
47. HP Enterprise, «Living Progress Report», 2018, p. 27 [www.hpe.com/us/en/living-progress/report.html].
48. Syntec Numérique, «Datacenters et développement durable. État de l'art et perspectives. Livre vert», juin 2011 [https://syntec-numerique.fr/sites/default/files/Documents/livre_vert_vol.5_datacenters_etat_de_lart_et_perspectives.pdf].
49. Fédération Syntec, «Rapport de branche 2018. Branche des bureaux d'études techniques, des cabinets d'ingénieurs-conseils et des sociétés de conseils», décembre 2019 [www.syntec.fr/actualites/indicateurs/le-rapport-dactivite-2018-est-arrive/].
50. www.syntec.fr/action-publique/argumentaires-et-prises-de-position/pacte-productif-2025-propositions-de-la-federation-syntec/.
51. France Digitale, Syntec Numérique et Tech'In France, «Pacte productif 2025», 2019 [https://syntec-numerique.fr/sites/default/files/Documents/PACTE_PRODUCTIF_FINAL.pdf].
52. Syntec, «Syntec s'engage pour la reconstruction et le renouveau du pays», 6 mai 2020 [www.syntec.fr/wp-content/uploads/2020/05/6-propositions-relance-vdef.pdf].
53. DigitalEurope, «Sustainability» [www.digitaleurope.org/policies/sustainability-environment/].
54. Fédération française des télécommunications, «Charte d'engagement volontaire du secteur des télécoms pour le développement durable», Grenelle de l'environnement, 22 juillet 2010 [www.adequations.org/IMG/pdf/CharteTelephoneDurable.pdf].
55. Fédération française des télécommunications, «Charte d'engagement volontaire du secteur des télécoms pour le développement durable – 3^e bilan d'engagement», 8 octobre 2013 [www.adequations.org/IMG/pdf/CharteTelephoneDurable.pdf], p. 7.
56. Fédération française des télécommunications, «Les Télécoms: premiers acteurs du numérique. Étude économique 2020», décembre 2020 [www.fftelecoms.org/app/uploads/2020/12/etude-economie-2020-fftelecoms-1.pdf].
57. «The 5G Port of the Future», blog Ericsson, 27 novembre 2020 [www.ericsson.com/en/blog/2020/7/5g-port-of-the-future-jul-14-20202].
58. HP Enterprise, «Living Progress Report», *op. cit.*, p. 19.
59. Dominique Lorrain, Charlotte Halpern et Catherine Chevauché, *Villes sobres. Nouveaux modèles de gestion des ressources*, Presses de Sciences Po, 2017; François Jarrige, «L'impasse des *smart cities*», *Notes de la Fondation de l'écologie politique*, n°14, février 2020 [www.fondationecolo.org/activites/publications/Impasse-smart-cities-Jarrige].
60. Alliance Industrie du Futur, «Le guide des technologies de l'industrie du futur», mars 2018 [www.industrie-dufutur.org/content/uploads/2018/03/Guide-des-Technologies_2018_V3.pdf].
61. General Electric, «The Digital Energy Transformation», *op. cit.*
62. Ellen MacArthur Foundation, «A New Textiles Economy. Redesigning Fashion's Future», 2017 [www.ellenmacarthurfoundation.org/publications].
63. FEVAD, «Enquête FEVAD/CSA sur les perspectives d'achats sur Internet en 2019», 5 février 2019 [www.fevad.com/13810-2/].
64. Abdelhak Maachi et Rodolphe Sonnier, «Le plus vieux matériau de construction au monde est aussi le plus écoresponsable», *The Conversation*, 26 mars 2020 [https://theconversation.com/le-plus-vieux-materiau-de-construction-au-monde-est-aussi-le-plus-ecoresponsable-133587].
65. https://groupe-tf1.fr/fr/engagements/notre-politique-de-responsabilite/C3%A9-soci%C3%A9t%C3%A9
66. Jürgen Habermas, *L'Espace public*, *op. cit.*
67. «Nos engagements environnementaux», France Télévisions [www.francetelevisions.fr/groupe/nos-engagements/nos-engagements-environnementaux-173].
68. Maxwell T. Boykoff et J. Timmons Roberts, «Media Coverage of Climate Change: Current Trends, Strengths, Weaknesses», United Nations Development Programme, mars 2007 [http://hdr.undp.org/sites/default/files/boykoff_maxwell_and_roberts_j._timmons.pdf], p. 3.
69. *Ibid.*
70. Michel Aimé, «Le charbon que nous brûlons réchauffe la Terre. Conséquence possible : le déluge», *Science & Vie*, n°500, mai 1959, p. 123126.
71. Alice Krieg-Planque, «La formule "développement durable": un opérateur de neutralisation de la conflictualité», *Langage et société*, vol. 134, n°4, 2010, p. 529; Joanna Nowicki et Michaël Oustinoff, «La langue de bois, notion clé du monde contemporain», *Hermès*, vol. 71, n°1, 2015, p. 201207.
72. Emmanuelle Delsol, «Greenpeace serre la vis aux industriels high-tech», *Le Monde informatique*, 1^{er} juillet 2008 [www.lemondein-

- formatique.fr/actualites/lire-greenpeace-serre-la-vis-aux-industriels-high-tech-26467.html].
73. Greenpeace, «Switching on to Green Electronics», décembre 2009, p. 7 [www.greenpeace.org/static/planet4-international-stateless/2009/12/68270e4b-switching-on-green-electronics.pdf].
 74. Greenpeace, «Green Gadgets: Designing the Future. The path to greener electronics», septembre 2014 [www.greenpeace.org/static/planet4-international-stateless/21980e69-green-gadgets.pdf].
 75. Greenpeace, «Guide to Greener Electronics», octobre 2017 [www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/2017/10/Guide-to-Greener-Electronics-2017.pdf].
 76. Greenpeace, «Cool IT Leaderboard», avril 2010 [www.greenpeace.org/usa/research/cool-it-leaderboard-v3-april/].
 77. WWF, «Guide pour un système d'information éco-responsable», 2011 [www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2017-07/110427_guide_pour_un_système_dinformation_ecoresponsable.pdf], p. 24.
 78. WWF, «From Risk to Profit – The ICT Sector as a Winner in a Low Carbon Economy», non daté [https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/ll_rtp_screen.pdf]; WWF, «Becoming a Winner in a Low-carbon Economy – IT Solutions that Help Business and the Planet», non daté [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/it_user_guide_a4.pdf].
 79. Fabrice Flipo *et al.*, «Technologies numériques et crise environnementale : peut-on croire aux TIC vertes ?», art. cit., p. 154.
 80. France Nature Environnement, «Économie circulaire: 6 choses à retenir du plan de bataille du gouvernement», 4 mai 2018 [www.fne.asso.fr/actualites/%C3%A9conomie-circulaire%C2%AO-6-choses-%C3%AO-retenir-du-plan-de-bataille-du-gouvernement].
 81. ECOS, «Long Live the Machine. How Ecodesign & Energy Labelling Can Prevent Premature Obsolescence of Laptop», 2019 [https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2020/02/LONG-LIVE-THE-MACHINE-ECOS-REPORT.pdf].
 82. «La réparabilité des ordinateurs portables», art. cit.
 83. ECOS, «Ecodesign as Part of Circular Economy – implications for market surveillance», novembre 2018 [https://ecostandard.org/wp-content/uploads/ECODESIGN-AS-PART-OF-CIRCULAR-ECONOMY-IMPLICATIONS-FOR-MARKET-SURVEILLANCE.pdf].
 84. Mark Schaffer, «Electronics standards are in need of repair: manufacturers have weakened US green electronics standards by resisting repair criteria», art. cit.
 85. Timothée Parrique, Jonathan Barth, François Briens *et al.*, «Decoupling Debunked. Evidence and Arguments against Green Growth as a Sole Strategy for Sustainability», art. cit.
 86. Bureau européen de l'environnement, «EEB Submission for the Public Consultation on EU Product Policy. Towards an EU Product Policy Framework contributing to the Circular Economy», 24 janvier 2018, p. 5 [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/1740-Towards-an-EU-Product-Policy-Framework-contributing-to-the-Circular-Economy].
 87. «Products Are Changing», Coolproducts [www.coolproducts.eu/products-are-changing].
 88. «Normal Products, Big Impact», Coolproducts [www.coolproducts.eu/products].
 89. Les Amis de la Terre, CNIID, «L'obsolescence programmée, symbole de la société du gaspillage», 2010 [www.amisdelaterre.org/l-obsolescence-programmee-symbole-de-la-societe-du-gaspillage/]; Les Amis de la Terre, «Obsolescence des produits high-tech: comment les marques limitent la durée de vie de nos biens», 2012 [www.amisdelaterre.org/obsolescence-des-produits-high-tech-comment-les-marques-limitent-la-duree-de/].
 90. Les Amis de la Terre, «Guide écocitoyen de la réparation», 2018 [www.amisdelaterre.org/wp-content/uploads/2018/01/guide-reparation-web-2.pdf].
 91. Les Amis de la Terre, «Stop au monde d'Amazon» [www.amisdelaterre.org/campagne/amazon-surproduction/].
 92. Les Amis de la Terre, «L'avenir de l'agriculture aux mains des géants du numérique ou dans celle des paysans?», 2020 [www.amisdelaterre.org/wp-content/uploads/2020/05/agriculturedigitale.pdf].
 93. FOEE, «Sufficiency – moving beyond the gospel of eco-efficiency», mars 2018 [www.foeeurope.org/sites/default/files/resource_use/2018/foee_sufficiency_booklet.pdf].
 94. Joachim H. Spangenberg, «Towards Sustainable Europe», Friends of the Earth (FOEE), 1995.
 95. Voir l'association Halte à l'obsolescence programmée [www.halteobsolescence.org/].
 96. «Bien choisir son téléphone mobile classique», Quechoisir.org [www.quechoisir.org/guide-d-achat-telephones-mobiles-n8493/].
 97. Voir la présentation du réseau Green IT Global [www.greenitamsterdam.nl/projects/1156-green-it-global].

98. Alliance Green IT (AGIT), «L'écoconception des services numériques», février 2017 [https://alliancegreenit.org/media/position-paper-ecoconception-vf-v5-2.pdf].
99. CGT, «Fiche n°31: développement humain durable», février 2018 [www.cgt.fr/sites/default/files/2018-08/Fiche%20n%C2%B0%2031%20%E2%80%93%20De%CC%81veloppement%20humain%20durable.pdf].
100. «Les plates-formes numériques ne sont pas au-dessus des lois!», communiqué de presse de la CGT, 23 décembre 2019 [www.cgt.fr/comm-de-presse/les-plateformes-numeriques-ne-sont-pas-au-dessus-des-lois].

Conclusion

Contre la foi dans la technologie: reprenre le contrôle de l'historicité

1. Commission européenne, «COM(2019) 640 final – Le pacte vert pour l'Europe», 11 décembre 2019 [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_fr.pdf].
2. Commission européenne, «COM(2018) 773 final – Une planète propre pour tous. Une vision européenne stratégique à long terme pour une économie prospère, moderne, compétitive et neutre pour le climat», 29 novembre 2018, p. 5 [https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2018/FR/COM-2018-773-F1-FR-MAIN-PART-1.PDF].
3. European Commission, «Attitudes of Europeans towards Building the Single Market for Green Products», décembre 2012, p. 46 [https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/1048].
4. Timothée Parrique, Jonathan Barth, François Briens *et al.*, «Decoupling Debunked. Evidence and Arguments against Green Growth as a Sole Strategy for Sustainability», art. cit.
5. *Ibid.*, p. 26.
6. Commission européenne, «EU Reference Scenario 2016 – Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050», juillet 2016 [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft_publication_REF2016_v13.pdf].
7. Sophie Garnier, «État des lieux de l'Europe sociale», *La Revue de l'Ires*, vol. 9697, n°31/2019, 2018, p. 85101.
8. Nicholas Watt, «Boris Johnson invokes Thatcher spirit with greed is good speech», *The Guardian*, 27 novembre 2013 [www.theguard-

- ian.com/politics/2013/nov/27/boris-johnson-thatcher-greed-good].
9. Aristote, *Politique*, Vrin, 2003, livre 3.
10. Jean-Jacques Rousseau, *Discours sur les sciences et sur les arts* [1750], Flammarion, 1992.
11. Karl Polanyi, *La Grande Transformation* [1944], Gallimard, 1983.
12. Pierre Dardot et Christian Laval, *Commun. Essai sur la révolution au XXI^e siècle*, op. cit.
13. Jean-Yves Authier, Anaïs Collet, Colin Giraud, Jean Rivière et Sylvie Tissot (dir.), *Les bobos n'existent pas*, Presses universitaires de Lyon, 2018.
14. Faridah Djellal et Faïz Gallouj, «Les lois de l'imitation et de l'invention: Gabriel Tarde et l'économie évolutionniste de l'innovation», *Revue économique*, vol. 68, n°4, 2017, p. 643671; Bruno Latour et Vincent Lépinay, *L'Économie, science des intérêts passionnés. Introduction à l'anthropologie économique de Gabriel Tarde*, La Découverte, 2008.
15. Harold D. Lasswell, «The Structure and Function of Communication in Society», in *Mass Communications*, University of Illinois Press, 1960, p. 117130; Serge Proulx et Philippe Breton, *L'Explosion de la communication*, La Découverte, 2006.
16. Franck Cochoy, *Histoire du marketing*, La Découverte, 1999.
17. Pierre Bourdieu, *La Distinction. Critique sociale du jugement*, Minuit, 1979; Luc Boltanski et Laurent Thévenot, *De la justification. Les économies de la grandeur*, Gallimard, 1991.
18. Everett Rogers, *Diffusion of Innovations* [1962], Simon & Schuster, 2003, p. 360.
19. Serge Moscovici, *Psychologie des minorités actives* [1979], PUF, 1996.
20. Michel Callon, *L'Emprise des marchés. Comprendre leur fonctionnement pour pouvoir les changer*, La Découverte, 2017.
21. Naomi Klein, *Tout peut changer. Capitalisme et changement climatique*, Actes Sud/Lux, 2015.
22. Bernard Caillaud et Bruno Jullien, «Chicken and Egg; Competing Matchmakers», *The RAND Journal of Economics*, vol. 34, n°2, 2003, p. 309328; Jean-Charles Rochet et Jean Tirole, «Platform Competition in Two-sided Markets», *Journal of the European Economic Association*, 2003, p. 9901029.
23. C'est une question de définition: SD = 400000 pixels, définition des DVD ordinaires; HD = 1 million de pixels (1 Mp); 4K = 2 Mp; 8K = 3.3 Mp, sans limite discernable.

Sommaire

<i>Introduction</i>	
Chapitre 1	
<i>Numérique et modes de vie: définitions</i>	
Chapitre 2	
<i>Le smartphone comme mode de vie</i>	
Chapitre 3	
<i>La «digitalisation» du système productif</i>	
L'accélération des débits	
L'informatique, moteur de la digitalisation de l'économie	
Internet, la logistique (de l'information) au service de la logistique (physique)	
L'audiovisuel face aux GAFAM	
L'accélération asymétrique des circulations	
Chapitre 4	
<i>Une trajectoire incompatible avec les équilibres vitaux de la biosphère</i>	
L'illusion de l'abondance infinie	
Des usages voraces ancrés dans le quotidien.....	
La matérialité du déferlement numérique	
Plastiques et toxiques.....	
L'insoutenable croissance entropique de l'information	
Chapitre 5	
<i>Que faire? État des rapports de force</i>	
Autorités publiques: vers la croissance verte	
Entreprise: vers la transition écologique?	
ONG, syndicats de salariés et autres acteurs charnières.....	
Les consommateurs: cibles d'injonctions contradictoires	
Conclusion	
<i>Contre la foi dans la technologie: reprendre le contrôle de l'historicité</i>	
Et pour finir	
<i>Programme pour une sobriété numérique</i>	

