



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)

_La Tyrannie technologique. Critique de la société numérique
Collectif, 2007

_Contre les jouets sexistes
Collectif, 2007

_Divertir pour dominer. La culture de masse contre les peuples
Offensive, 2010

_Footafric. Coupe du monde, capitalisme et néocolonialisme
R. David, F. Lebrun et P. Vassort, 2010

_L'Horreur managériale. Gérer, instrumentaliser, détruire
Étienne Rodin, 2011

_Contre les publicités sexistes
S. Pietrucci, C. Vientiane et A. Vincent, 2012

_Le Cauchemar pavillonnaire
Jean-Luc Debry, 2012

_L'Emprise numérique. Comment Internet et les nouvelles technologies ont colonisé nos vies
Cédric Biagini, 2012

_Construire l'autonomie. Se réappropriier le travail, le commerce, la ruralité
Offensive, 2013

LA FACE CACHÉE DU NUMÉRIQUE

**L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL
DES NOUVELLES TECHNOLOGIES**

FABRICE FLIPO, MICHELLE DOBRÉ ET MARION MICHOT

ÉDITIONS L'ÉCHAPPÉE

ÉDITIONS L'ÉCHAPPÉE
32 av. de la Résistance
93 100 Montreuil
lechappee@no-log.org
www.lechappee.org
graphisme atelier
des grands pêcheurs
(atelierdgp@wanadoo.fr)
correction **Lionel**
de La Fouchardière

dépôt légal 4^e trimestre 2013
isbn 978-29158307-7-4
impression Corlet
L'échappée, 2013

INTRODUCTION

EN 1990, le numérique était quasiment inexistant. L'équipement des foyers était proche de zéro. Le seul domaine directement concerné était le son, puisque c'est au cours des années 1980 que le CD supplanta peu à peu le disque vinyle. Le téléphone était filaire, souvent à cadran, le clavier à touches numériques ne se généralisant que vers la fin des années 1990. Le téléphone mobile existait déjà, mais il était réservé à une minorité fortunée, essentiellement des hommes d'affaires, ou aux usages militaires.

Puis arrivèrent les réseaux numériques, ce que l'on appela les « autoroutes de l'information ». Ils ne sortaient bien sûr pas de nulle part : ils avaient commencé leur essor dans les années 1950 et 1960 avec la cybernétique ; puis, dans les années 1970 et 1980, des embryons de réseaux entre universités ou entre sites militaires s'étaient développés. Mais ces applications n'avaient guère changé la société dans son ensemble. C'est dans les années 1990 que tout bascula. En 1993, sortit Netscape Navigator, le premier navigateur Internet grand public, qui ouvrait les portes d'un monde « virtuel » encore inconnu et une nouvelle activité : « surfer ». Le code « http » devint la *lingua franca* d'un réseau qui ne comptait alors que 130 sites, autant d'îles qu'il était facile de connaître et qui se positionnaient souvent en contrepoint des médias traditionnels.

Mais très rapidement, cet archipel devint un labyrinthe. En quatre ans à peine, le nombre de sites explosa littéralement : on en recensa rapidement plus d'un million. Dès lors, l'enjeu était d'être capable de se repérer dans cette masse énorme de données. Amazon fut fondé

en 1995, Google en 1998, et bientôt eut lieu la bataille autour des «portails d'information». On parla alors de «nouvelle économie», de Vivendi et de Jean-Marie Messier, et d'une certaine France qui crut pendant quelques mois qu'elle allait pouvoir se payer Hollywood et la Silicon Valley. Les produits et les services se succèdent depuis à un rythme effréné: mondes virtuels, jeux en ligne, applications (géolocalisation, etc.), multiples systèmes d'exploitation (Microsoft, Linux, Apple...). Le réseau s'étend dans le monde entier, en particulier grâce au téléphone mobile, dont le coût de déploiement est très inférieur à celui d'un réseau fixe.

C'est à la faveur de ces innovations technologiques que se diffusa progressivement un discours très séduisant, promettant l'émergence d'une «nouvelle économie», «immatérielle», car tirée par «l'information». L'information, c'est de la «néguentropie¹» (à l'opposée de l'entropie, la tendance naturelle à la désorganisation des sociétés humaines), c'est ce qui permettrait de produire du liant et du sens, et ainsi d'aller contre les funestes avertissements du Club de Rome, qui annonçait dans son rapport de 1972 des «limites» à la croissance². L'information serait en quelque sorte le pouvoir universel... Les technologies de l'information et de la communication (les TIC, pour reprendre l'acronyme désormais consacré), deviennent dès lors omniprésentes. Ces technologies ne «produisent» rien d'autre, à première vue, que de la mise en relation. Or c'est justement ce qui manquait. Davantage de mise en relation ne peut conduire qu'à une société mieux (auto)contrôlée: les TIC apporteraient donc «la maîtrise de la maîtrise» cherchée par Michel Serres dans son *Contrat naturel*. Juste à temps, en quelque sorte. La main invisible providentielle de la technologie accomplirait une nouvelle fois ce

que les sociétés modernes attendent d'elle : des moyens pour dominer la nature et la société.

Les TIC arrivaient à point nommé : « Au moment de la crise climatique, de la crise alimentaire, de la crise financière et de la récession économique mondiale, enfin de la crise de confiance dans les institutions démocratiques, qu'elles soient nationales, européennes ou mondiales. Le salut de la planète, la cohésion sociale et la reprise de la croissance sous une nouvelle forme semblent passer par la réussite et la vitesse de cette révolution³ ». Les TIC permettraient ainsi de valider la thèse selon laquelle le développement des économies suit une courbe analogue à celle que Simon Kuznets avait mise à jour dans le cas des inégalités sociales : une courbe en « U inversé ». Autrement dit, après une période de forte croissance des inégalités et de la pollution, correspondant *grosso modo* au XIX^e siècle européen, au-delà d'un certain niveau de PIB la tendance s'inverserait et l'économie tendrait à se « dématérialiser ». L'économiste nobélisable Paul Romer n'hésita pas, en 2001, à prédire cinq milliards d'années de croissance, estimant que la clé résidait dans les... bibliothèques⁴!

Las ! En 2008, l'entreprise américaine de conseil et d'analyse Gartner Inc., spécialisée dans les nouvelles technologies, révèle que le secteur des TIC est à l'origine d'une quantité de gaz à effet de serre comparable à celle produite par l'aviation : 2 % des émissions globales. Le chiffre est rapidement sur toutes les lèvres, il émeut le secteur. Gartner n'étant pas Greenpeace, difficile de le discréditer en l'accusant d'intégrisme écologiste ou d'alarmisme excessif. On vérifie, on recalcule, on redécouvre et on s'intéresse à des travaux scientifiques restés jusque-là dans l'ombre et qui, eux, avancent depuis longtemps qu'en effet, le numérique laisse une trace profonde dans la biosphère.

La controverse autour du coût écologique d'une recherche d'information sur Google est emblématique de ces passes d'armes. Le *Times* affirma ainsi en janvier 2009 qu'Alex Wissner Gross, de Harvard, affilié au Media Lab du prestigieux Massachusetts Institute of Technology, avait évalué l'impact d'une recherche sur Google à sept grammes de CO₂, la moitié de ce qu'il faut pour chauffer une tasse de thé. Wissner Gross se fit durement contrer par Google, qui avança le chiffre de 0,2 gramme. Le chercheur se défendit en estimant que le *Times* avait mal compris ses propos. Et les *aficionados* des TIC se félicitèrent d'avoir réussi à éviter l'orage, faisant du chiffre de Google une nouvelle référence. Le triomphe fut toutefois de courte durée, car peu de temps après, l'agence spécialisée en développement durable Bio Intelligence Service rendit publique une étude commandée par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), sur laquelle nous reviendrons largement, étude dont les résultats ne sont pas très éloignés du chiffre avancé par le *Times*: la moitié d'une tasse de thé par requête! Pourquoi? Parce que Google, pour donner une réponse rapide, doit dupliquer le Web tout entier sur ses deux millions de serveurs!

Déstabilisé, le secteur contre-attaqua rapidement, et parvint à retourner le problème. Il faut bien admettre que les TIC émettent 2% des émissions de gaz à effet de serre, mais se concentrer sur cette partie du problème c'est voir les choses en noir, c'est être technophobe, c'est refuser de se rendre compte que «la vraie question», ce sont les 98% restants! Et c'est surtout ne pas comprendre que pour s'attaquer à ce véritable enjeu, les TIC sont absolument indispensables. Peu après la publication du chiffre de Gartner, à l'initiative du projet Global e-Sustainability Initiative (GeSI), fut publié le rapport *SMART*

2020, qui explique que le déploiement des TIC peut permettre de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 15 à 30 %⁵, à l'échelle globale, d'ici 2020. Oubliés, les impacts du secteur, ou en tout cas relativisés devant l'ampleur du service à l'humanité que les TIC peuvent rendre. Que les âmes chagrines retournent au placard, d'où elles n'auraient jamais du sortir, d'ailleurs!

Une contradiction saute pourtant aux yeux : comment peut-on envisager de consommer plus (de TIC) tout en consommant moins (de planète)? Est-ce là une logique raisonnable? Les espoirs placés dans les TIC sont-ils fondés? Nous verrons dans ce livre que rien ne démontre que les TIC pourront « faire le job » en matière de protection de l'environnement. La principale raison allant à l'encontre de cette thèse optimiste (ou plutôt narcissique) peut sembler d'une grande banalité : on ne peut attendre d'un outil qu'il modifie des comportements. Les TIC, développées pour produire de la consommation et de la croissance dans une société en quête de croissance, vont, toutes choses égales par ailleurs, servir le but pour lequel elles ont été conçues. Leur contribution écologique ne sera que relative, et compensée par « l'effet rebond », puisque la quantité croissante de biens consommés fera plus que compenser les réductions unitaires de consommation des ressources naturelles.

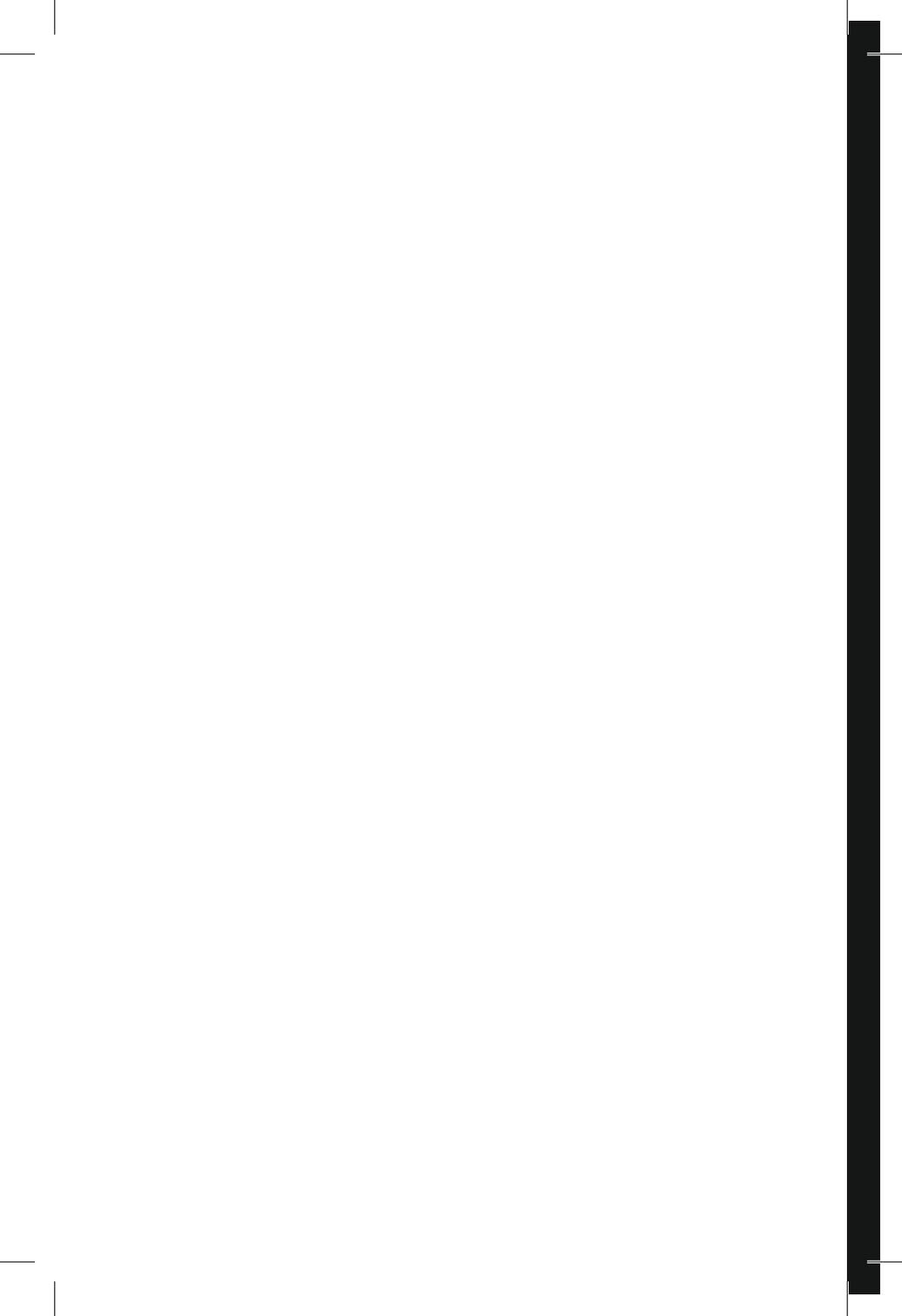
Que faire alors? Rien ne sera possible sans une remise en cause du dogme de la croissance, telle est notre conviction en conclusion de cette étude. C'est en quelque sorte à partir de ce constat que tout commence, tant il est vrai que penser et agir hors de l'imaginaire de la croissance se révèle bien difficile, pour nos sociétés. La solution technophile paraît bien plus séduisante, parce qu'elle est expéditive et confortable : elle consiste à dire que la technologie fera tout, et que les citoyens n'auront

à s'occuper de rien. Elle s'appuie également sur l'expérience du passé, l'évidence des progrès accomplis dans la domination de la nature depuis deux siècles, par comparaison avec le Moyen Âge, les pays sous-développés ou l'âge de pierre. Mais cette solution ne permet pas de résoudre le problème posé, en crée d'autres aussi graves et supporte difficilement la contradiction. En effet, devant les merveilles promises par les experts et les acteurs de la filière technologique, les citoyens les plus critiques sont de plus en plus souvent montrés du doigt comme n'étant pas capables de comprendre et de saisir les opportunités qu'offrent les TIC. Le consommateur, voilà le fauteur de troubles! Curieux retournement de situation, dans une société qui fait pourtant de la souveraineté du consommateur l'un des piliers de sa définition de la démocratie.

Quels sont les véritables impacts environnementaux du numérique? Quels effets pervers induisent les TIC? Dans cet ouvrage, nous nous intéresserons d'abord à décrire les conséquences écologiques directes de l'infrastructure des TIC. Nous verrons que ce secteur engendre bel et bien une « empreinte » visible sur la planète, qui augmente de manière très inquiétante. Puis nous passerons en revue les différentes études qui prétendent démontrer que l'usage des TIC peut se substituer à des usages jugés « plus impactants », ou « moins écologiques », à fonction sociale égale ou similaire – par exemple, utiliser la vidéoconférence plutôt que l'avion. Nous verrons que ces études sont peu fiables, et qu'il est souvent plus honnête de conclure qu'on ne peut rien conclure, en terme d'impacts évités. Dans ce domaine comme dans d'autres, tout dépend de variables sociales plus larges, que nous nous attacherons à décrire, dans une troisième partie consacrée à une analyse du comportement des

cinq acteurs principaux qui déterminent l'évolution du secteur : fabricants de matériel électronique, distributeurs, consommateurs, associations écologistes et autorités publiques. Les conclusions sont alarmantes. L'environnement reste un facteur marginal dans la prise de décision collective. Des outils, même nouveaux, ne remplaceront pas notre engagement.

Les plus technophiles de nos lecteurs risquent de s'offusquer de ce que nous ne parlions pas suffisamment des vertus les plus « évidentes » des nouvelles technologies. Les modèles climatiques ne sont-ils pas construits sur ordinateur ? L'observation de la Terre et de sa dégradation serait-elle possible sans les satellites ? La réponse est que le lecteur trouvera aisément, sur le marché ou sur Internet, des sites et des rayons entiers de librairie consacrés aux bienfaits des TIC et de la « révolution numérique ». Il aura en revanche beaucoup de mal à trouver quoi que ce soit de lisible sur les impacts négatifs, du point de vue écologique. C'est à ce manque-là, et non à un jugement définitif et éternel sur les TIC, que cet ouvrage entend s'attaquer. On ne peut pas tout faire. Après tout, ceux qui font depuis des années l'éloge du numérique n'ont eu aucun scrupule à passer largement sous silence ses effets négatifs, sans que personne ne crie au scandale. Il est vrai que le rapport de forces n'est pas en notre faveur !



ÉCOLOGIE DES INFRASTRUCTURES NUMÉRIQUES

APPELONS D'EMBLÉE le lecteur à prendre ce que nous allons dire avec prudence. Dans le domaine qui nous intéresse ici, les incertitudes sont nombreuses. Les TIC n'existaient tout simplement pas, statistiquement parlant, il y a encore quinze ans. Depuis, les appareils sont arrivés en masse dans tous les secteurs. Et si le nombre de produits mis sur le marché peut être facilement connu, il faut du temps pour établir des chiffres représentatifs en termes de taux d'équipement et d'usage, dans la mesure où certains appareils peuvent être possédés sans être forcément utilisés. C'est un marché qui, de plus, évolue très vite. Des mesures fiables nécessitent plusieurs années d'étude, or ce laps de temps est suffisant pour que les produits que l'on trouve dans les maisons et les bureaux aient totalement changé – on ne sait plus s'il faut encore appeler un «téléphone» un téléphone, puisqu'il prend des photos, permet d'écouter la radio, et surtout, avec le *smartphone*, de se connecter à Internet. Appareils et services évoluent rapidement (le constat vaut autant pour la télévision ou Internet que pour le téléphone), ainsi que les usages qui en sont faits.

On peut toutefois établir quelques grands repères sur ce terrain mouvant. L'emprise directe des nouvelles technologies sur la nature se répartit en trois grandes catégories : énergie, matières et toxiques. Elle se produit à toutes les étapes du cycle de vie : extraction des matières premières, raffinage, fabrication des composants puis du produit, arrivée sur les circuits de distribution et de vente, publicité, usage, stockage, mise au rebut, collecte, traitement en fin de vie, avec ou sans recyclage.

UN DÉFERLEMENT DE TERMINAUX ET DE RÉSEAUX

Les achats de TIC étaient le moteur de la croissance de la consommation, ces dernières années, et à ce titre surveillés de près dans des enquêtes de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), du Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (Credoc) ou de l'Eurobaromètre. Les dépenses affectées aux TIC sont celles qui ont le plus fortement progressé ces dernières années, après celles affectées à la santé : on a ainsi observé une augmentation de 15 % en 2007, soit près d'un tiers de la croissance de la dépense totale des ménages. Comme le montre le graphique ci-contre, la part des produits TIC dans la consommation des ménages a considérablement augmenté, en particulier depuis la fin des années 1990. La tendance s'est depuis confirmée : les chiffres de l'Insee pour l'année 2012 indiquent que malgré une croissance globale en berne, le secteur des TIC, avec en particulier la téléphonie et les ordinateurs, est en pleine progression⁶. Le marché des *smartphones* est par exemple euphorique, avec une hausse de 66,5 % en volume sur l'année 2012 (76 % en 2011). Les équipements informatiques ont connu pour leur part une hausse en volume de 9,8 % en volume en 2012, après une hausse de 16,5 % en 2011.

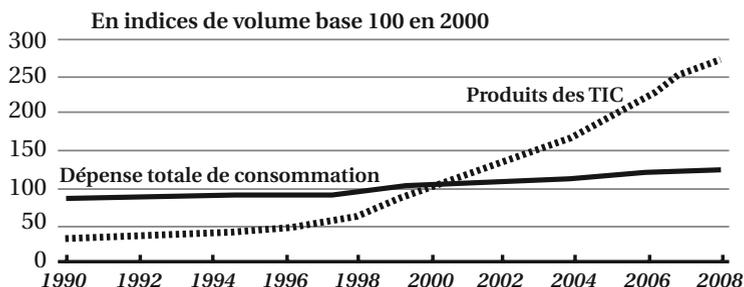


FIGURE 1. CONSOMMATION DES PRODUITS
DES TIC DES MÉNAGES FRANÇAIS ⁷

Plus des trois quarts des ménages français sont aujourd'hui équipés en micro-ordinateurs (78 % en 2012 contre 54 % en 2007), et autant ont un accès Internet à domicile ⁸. C'est quelques points au-dessus de la moyenne des 27 pays membres de l'Union européenne. Il faut compléter ces chiffres en ajoutant que de nombreux foyers possèdent plusieurs ordinateurs. Selon l'étude trimestrielle de Médiamétrie parue en février 2013, les foyers observés possèdent en moyenne 1,7 ordinateur, avec de fortes variantes selon les catégories socioprofessionnelles. D'après les enquêtes, Internet sert surtout à s'informer sur des biens et services (83 %) et à enrichir ses connaissances (69 %). Mais les usages se diversifient très rapidement, notamment dans le domaine des achats et des démarches administratives et fiscales.

LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

L'utilisation des nouvelles technologies a une «face cachée», souvent inconnue du grand public : le déploiement d'infrastructures, de taille très variable, allant des stations téléphoniques de base aux réseaux et aux centres de données (*data centers*). Ces centres, véritables « usines du numérique⁹ », sont la traduction la plus évidente de l'impact *physique* du numérique. Il s'agit de sites de stockage de systèmes informatiques souvent gérés par des entreprises – que ces sites soient externalisés ou non – où sont regroupés des équipements tels que des ordinateurs centraux et des serveurs. Bien que de taille très variable – nous y reviendrons –, ils sont par nature très énergivores : ces appareillages électroniques sophistiqués sont de gros consommateurs d'électricité, et réclament un système de climatisation important. On estime qu'un *data center* moyen consomme autour de quatre mégawatts par heure, ce qui équivaut environ à la consommation de 3 000 foyers américains¹⁰, et qu'à l'échelle mondiale, les *data centers* représentent 1,5 % de la consommation électrique, soit l'équivalent de la production de 30 centrales nucléaires¹¹ ! Ajoutons qu'avec l'essor spectaculaire du *cloud computing* et du stockage d'informations en ligne (ce secteur, selon le cabinet d'analyse IDC France, affiche une croissance annuelle de 34,4 %, et tire à lui tout seul l'ensemble du marché des nouvelles technologies¹²), tout indique que le nombre de *data centers* va encore augmenter dans les années à venir. Il suffit pour s'en convaincre de citer les chiffres publiés par l'étude *DatacenterDynamics*, en 2012 : l'investissement mondial dans ces centres est passé d'environ 86 milliards de dollars en 2011 à 105 milliards en 2012, soit un progrès de 22,1 % ! Les dernières prévisions

pour l'année 2013 prévoient une augmentation de 14,5%, pour un investissement total atteignant les 120 milliards de dollars¹³.

Plus en amont encore, il y a la fabrication des produits eux-mêmes, qui nécessite l'extraction de matières premières. Ces activités sont évidemment génératrices de gaz à effet de serre. Rappelons que l'enjeu climatique est pressant. Les émissions ne cessent d'augmenter et les gaz de s'accumuler dans l'atmosphère, fabriquant une sorte de couverture géante dont l'effet pourrait aller d'une augmentation de 6 à 8° C, en température moyenne terrestre. Pour qui se dirait que cet écart est bien inférieur à ce que nous connaissons déjà entre l'hiver et l'été, rappelons qu'un écart de 8° C est l'ordre de grandeur qui nous sépare d'une époque glaciaire, quand le niveau de la mer était plus bas de... 120 mètres! Pour cause de calotte glaciaire qui descendait jusqu'à Nantes, la France était alors une toundra aride, tandis que le Sahara était peuplé et verdoyant. Voilà à quoi ressemblait la Terre avec quelques degrés en moins. Que donnerait 6° C de plus? Nul ne le sait. Nous savons en revanche que le changement en cours se produirait 100 fois plus vite que le cycle naturel des glaciations et des réchauffements.

Les TIC, jusqu'ici, n'étaient guère pointées du doigt pour leurs effets néfastes. Certains courants écologistes bien en vue les présentaient même comme une alternative possible, ainsi André Gorz et ses *digital fabricators*¹⁴. Mais l'ordre de grandeur affiché par Gartner (émissions des gaz à effet de serre des TIC = émissions de l'aviation) a été vérifié à tous les niveaux, et a peu à peu été accepté partout.

Des chiffres récents, fournis par un rapport du Network for Excellence in Internet Science (EINS, programme de recherche financé par la Commission européenne), font état, entre 2007 et 2012, d'une augmentation

globale de la consommation électrique des TIC de 6,6% par an dans le monde. On serait ainsi passé d'une consommation mondiale de 670 térawattheures en 2007 à 930 térawattheures en 2012. Ces chiffres ne sont d'ailleurs pas totalement représentatifs, dans la mesure où l'étude de l'EINS ne prend en compte que l'empreinte carbone des réseaux de communication, des *data centers* et des ordinateurs, et laisse donc volontairement de côté les télévisions et leurs « box », les téléphones, les appareils audios, etc.¹⁵. Il s'agit donc d'un minimum, d'autant que tous les usages du numérique ne sont pas inclus, en particulier ceux qui sont liés à d'autres secteurs (automobile, aviation, etc.), de même que la consommation liée à la fabrication des produits – qui peut être importante, comme on le verra plus loin. Compte-tenu des sources d'énergie utilisées pour produire l'électricité, ces 8% représentent près de 2% des émissions de gaz à effet de serre de l'Union¹⁶. Une étude plus ancienne confirme cet ordre de grandeur à l'échelle de notre pays avec une part des TIC à 14% de la consommation électrique¹⁷ (58 térawattheures), soit près de sept centrales nucléaires! Cela représente près de 5% des émissions annuelles de gaz à effet de serre en France; ces 5% représentent 500 kilos de gaz à effet de serre par personne: c'est le quota auquel chaque être humain aurait droit, si la capacité de la biosphère était divisée par le nombre d'habitants... Le journaliste et essayiste Nicholas Carr montrait qu'un avatar sur Second Life consomme autant d'énergie qu'un Brésilien moyen, soit 1 750 kilowattheures¹⁸!

À ceci s'ajoutent les observations en dynamique: comme nous venons de le voir, la demande énergétique des TIC progresse rapidement. En France, cette progression serait de l'ordre de 10% par an, et ne devrait pas faiblir dans l'immédiat. L'arrivée des TIC dans la vie quo-

tidienne des Français s'est traduite par un énorme accroissement de la consommation, chiffré à 635 kilowattheures par ménage et par an, soit près de 20 % de la consommation totale de 2008¹⁹.

Comment un tel phénomène a-t-il pu passer inaperçu? La raison est aussi simple que déprimante : l'arrivée des TIC a totalement annulé les gains énergétiques obtenus sur tous les autres équipements énergétiques domestiques depuis quinze ans! Quand on entre dans le détail, certaines causes des émissions de gaz à effet de serre sont surprenantes. Une étude montre ainsi que la consommation principale des magnétoscopes est... la veille, à 70 %²⁰. Elle fait état d'un amplificateur haut de gamme qui absorbait une puissance de 50 watts en veille contre... 67,2 watts en fonctionnement. La palme revient à une console de jeu qui absorbe davantage en veille qu'en fonctionnement! Des experts estiment que ces consommations en veille représentent, dans le résidentiel, entre 5 et 10 térawattheures : l'équivalent de ce que produit un réacteur nucléaire²¹!

Les appareils domestiques ne sont pas les seuls à consommer. Au niveau mondial, les ordinateurs fixes et portables ainsi que leurs périphériques représentent une grosse moitié de la contribution des TIC aux émissions de gaz à effet de serre, le reste étant le fait de l'infrastructure télécom pour un quart et des centres de données pour le quart restant. En Europe, la consommation se répartissait en 2008 comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

		Consommations	
TERMINAUX (ordinateurs, photocopieurs, imprimantes, télévisions, batteries et chargeurs, systèmes audio, lecteurs DVD, box, téléphones fixes et mobiles, fax, modems et routeurs)			158 tWh
<i>Dont</i>	Ordinateurs	29 %	
	Télévisions	38 %	
	Systèmes audio	19 %	
	Téléphones portables	2 %	
INFRASTRUCTURE			56 tWh
<i>Dont</i>	Centres de données	52 %	
	Infrastructures télécom	25 %	
	Réseau cellulaire	23 %	

**DÉCOMPOSITION DES CONSOMMATIONS
DES 27 PAYS DE L'UNION EUROPÉENNE EN 2008²²**

Le réseau consomme donc autour du quart du total à lui tout seul ! La part des centres de données attire l'attention : 52 %, c'est l'équivalent de trois centrales nucléaires.

À l'échelle de l'Hexagone, l'énergie utilisée par les centres de données représente 1 % de la consommation d'électricité. À Paris, l'un des plus gros clients d'EDF est un centre de données. C'est un immeuble entier rempli d'armoires de serveurs, avec, pour le service le plus cher, un doublement de toutes les données, par sécurité, et à la cave plusieurs moteurs de bateau permettant de garantir sept jours d'autonomie énergétique en cas de panne. L'Europe compterait autour de sept millions de centres de données. Google possède à lui seul 900 000

serveurs, répartis sur 32 sites, et son plus gros centre consomme autant qu'une ville de 200 000 habitants.

L'énergie consommée par un centre de données se répartit à moitié pour la climatisation et à moitié pour les serveurs eux-mêmes, d'où la stratégie de certains gros consommateurs, tel Facebook, d'implanter ses serveurs dans des zones froides, comme à la frontière entre les États-Unis et le Canada. Une autre solution pour le refroidissement des machines, afin d'éviter une climatisation trop gourmande en énergie, est le refroidissement à eau, ou *water cooling*, consistant à faire circuler des tuyaux d'eau froide dans les serveurs : Google a ainsi installé un centre utilisant de l'eau de mer en Finlande en 2011.

Mais malgré ces progrès notables, le problème posé reste entier, puisqu'une étude récente réalisée par l'entreprise Digital Realty Trust, fournisseur de *data centers*, estime que le PUE (*power usage effectiveness*) moyen des *data centers* européens n'est que de 2,53²³, loin du 1 qu'il faudrait atteindre dans l'idéal. Le PUE est un outil permettant de comparer la quantité d'énergie qui entre dans le centre à la quantité d'énergie utilisée par les équipements informatiques : un PUE de 1 indique que 100 % de l'énergie consommée dans le centre l'est effectivement pour l'alimentation des serveurs. Un PUE de 2,53 indique au contraire que pour un kilowattheure d'électricité, il faut en dépenser 2,53 fois plus pour de la consommation « périphérique » d'électricité, c'est à dire dans l'éclairage du bâtiment, le refroidissement, etc.²⁴. Les *data centers* sont donc loin d'être des modèles en matière d'écologie. De plus, quand on sait que la production de données pourrait être multiplié par 50 dans le monde d'ici à 2020, on comprend que le nombre de centres ne pourra qu'augmenter dans l'avenir. Moins

énergivores, mais plus nombreux : l'impact sur l'environnement ne s'en trouvera pas amoindri.

La part de la consommation énergétique qui revient au réseau par rapport à celle qui revient à l'utilisateur final est l'objet de discussions récurrentes entre les experts qui se sont intéressés au sujet. Selon les hypothèses, la consommation des terminaux relative à l'infrastructure est estimée entre 34 et 75 %²⁵. Les différences tiennent essentiellement à la définition des périmètres et aux données disponibles. Un auteur peut choisir de classer les «box» dans le réseau alors qu'un autre peut les mettre dans la catégorie des terminaux du fait qu'elles se trouvent chez l'utilisateur et non en-dehors, voilà tout. Cela ne change rien aux chiffres de consommation en valeur absolue.

Si on rapporte la consommation aux émissions de CO₂, voici ce qu'on pouvait trouver en France, en ce qui concerne le rapport entre la part des consommations liée à la production et la part liée à l'usage :

	Equivalent CO ₂ /habitant / an (kg)	Part production / usage (%)
Postes de travail résidentiels	58	83 / 17
Postes de travail professionnels	63	78 / 22
Serveurs et centres de données	9	43 / 57
Téléviseurs et audiovisuel	124	83 / 17
Téléphones mobiles	11	99 / 1
Reste des TIC (dont réseaux)	148	83 / 17
Total matériels	413	82 / 18
+ secteur TIC professionnel	47	
TOTAL GÉNÉRAL	462	73 / 27
<i>Sous-total résidentiel</i>	<i>185 kg</i>	
<i>Sous-total professionnel</i>	<i>277 kg</i>	

EMPREINTE CO₂ DES TIC EN FRANCE EN 2008²⁶

La consommation est pour moitié le fait des ménages et pour moitié le fait des entreprises et des activités intermédiaires. Pensons à l'usage immodéré que nous faisons parfois des messageries, dans le contexte professionnel ou privé. BIO IS a calculé que vingt messages accompagnés d'une pièce jointe de un mégaoctet par jour et par personne représenteraient annuellement les émissions de CO₂ équivalentes à plus de 1 000 kilomètres parcourus en voiture. Or ce sont 294 milliards de courriers électroniques qui étaient envoyés chaque jour dans le monde en 2010, en incluant les spams, chiffre qui devrait grimper à 507 milliards en 2013²⁷!

MATIÈRES TOXIQUES, TERRES RARES ET DÉCHETS ÉLECTRONIQUES

En plus de la pollution occasionnée par les émissions de gaz à effet de serre, le secteur des nouvelles technologies produit aussi d'énormes quantités de déchets physiques. La production globale de déchets électriques et électroniques (DEEE) était estimée en 2009 à environ 40 millions de tonnes par an²⁸. Elle est essentiellement le fait de l'Europe, des États-Unis et de l'Australie. Chargés sur des camions de 40 tonnes et de 20 mètres de long, cette masse de déchets représente une file de 20 000 kilomètres, ou deux camions par minute 24 heures sur 24²⁹!

Pour l'Union européenne, malgré les imprécisions, l'estimation la plus fréquente est de huit kilogrammes de déchets TIC par personne et par an. En France, pays très bien équipé, en incluant dans les déchets TIC certains appareils électroménagers (frigos, machines à laver, etc.), on arrive à 24 kilogrammes! 80 % des déchets de ce type viennent des ménages, 20 % des entreprises. Dans ce lot de déchets, on distingue, à la suite de la directive européenne sur les déchets, sur laquelle nous reviendrons, dix catégories, parmi lesquelles les équipements informatiques et de télécommunication (catégorie 3), ou le matériel grand public, comprenant les téléviseurs ou les chaînes hi-fi (catégorie 4). Elles représentent environ 35 % du total, en tonnage, chacune pour moitié³⁰.

Et encore nous ne parlons ici que du déchet final! Le produit dont dispose le consommateur ne représente que 2 % de la masse totale des déchets générés tout au long du cycle de vie³¹. Un ordinateur, au cours de son élaboration, réclame un grand nombre de ressources. La seule fabrication d'une puce de deux grammes implique le rejet de deux kilogrammes de matériaux environ, soit

un facteur 1 000³². Ajoutons à cela un taux de croissance bien plus important que celui des déchets des autres secteurs: de 3 à 5 % par an, contre une quasi-stabilisation ailleurs. En 2020, la quantité de déchets pourrait être multipliée par un facteur 2,7 à 7 par rapport à l'an 2000 (suivant les mesures prises en terme d'efficacité de la régulation environnementale³³)! La contribution des déchets TIC aux déchets municipaux solides non recyclés serait alors comprise entre 4 et 26 %. Dans le monde, en 2014, nous produirons 74 millions de tonnes de DEEE, avec d'ici là une augmentation de 500 % en Inde, de 400 % en Chine et en Afrique du Sud pour les ordinateurs; et 7 à 18 fois plus de déchets liés aux mobiles, respectivement en Chine et en Inde. Les facteurs principaux de cette croissance sont la pénétration toujours plus forte des produits dans la vie quotidienne, le renouvellement et l'évolution technique qui déclassent les anciens produits, le passage au mobile, la réduction de la durée de vie des produits, et l'insertion des TIC dans les produits les plus divers (voitures, vêtements, etc.). Sur ce dernier point, Marie-France Corre, consultante spécialisée dans la consommation responsable, parle d'« électrification », voire d'« électronisation » d'un certain nombre d'appareils de la vie courante (horloge numérique sur les fours, motorisation électrique, éclairage dans les sèche-linge, réfrigérateurs connectés à Internet, etc.)³⁴.

Il faut ajouter que les déchets produits par les TIC sont toxiques, et difficilement recyclables du fait de leur composition. La liste de matériaux fréquemment utilisés est longue: mercure, plomb, cadmium, chrome, PBB (diphényles polybromés) et PBDE (éthers diphényles polybromés), PVC (dont la combustion peut former des dioxines), baryum (utilisé dans les écrans cathodiques pour protéger l'utilisateur des radiations), beryllium,

phosphore et additifs pour la luminescence des écrans. En 2000, les équipements électriques et électroniques utilisaient 22 % de la consommation mondiale annuelle de mercure, entre 1,5 et 2,5 % des consommations de plomb et une quantité importante de cadmium, de PBB et PBDE et de retardateurs de flamme. Ces différentes matières sont fortement imbriquées les unes dans les autres pendant la fabrication, ce qui aboutit à des mélanges complexes dont le comportement écologique est difficile à prévoir (on peut alors observer des phénomènes de bio-accumulation, de persistance, etc.).

Le processus de fabrication des TIC n'est pas très propre non plus : il nécessite l'utilisation de solvants, d'acides, de métaux lourds et de composés organiques volatils. Les effets de ces toxiques ne sont pas massifs : les morts ne s'empilent pas dans les rues. Mais ils contaminent l'environnement, notamment en s'accumulant dans les chaînes alimentaires. Ils relèvent de ce qu'on appelle la problématique des « faibles doses » : l'exposition est faible mais chronique, et les effets ne sont donc pas « aigus » comme ils pourraient l'être par exemple en cas d'ingestion massive de phtalates ou de béryllium. Les effets de ces « faibles doses » sont largement débattus, mais il n'est pas impossible qu'ils aient une importance pour des enjeux de santé publique de première ampleur, tels que la progression de la stérilité humaine ou de certains cancers.

Peu intéressants économiquement et fortement polluants, les DEEE représentent depuis plusieurs années déjà un poids dont cherchent à se débarrasser à moindre coût les pays développés. On comprend qu'il soit tentant d'envoyer ces déchets dans le tiers-monde, pour les faire « traiter » à moindre coût. Et c'est effectivement ce qui se passe. Très tôt, des ONG ont pointé du doigt le fait que

50 à 80 % des déchets électroniques des États-Unis n'étaient pas recyclés localement, mais exportés. Dès 2002, l'une des plus importantes ONG du secteur estimait que l'ensemble des déchets électroniques exportés chaque année représentait un parallélépipède de 4000 m² de surface de base et 200 mètres de haut (deux fois la statue de la Liberté)³⁵. D'autres sources affirment que 70 % de DEEE mis en décharge à New Delhi provenaient d'exportations de pays industrialisés³⁶. Le PNUE confirmait en 2005 que la plus grande source d'ordinateurs obsolètes en Inde est... l'importation³⁷. Plus récemment, un rapport du Centre national d'information indépendante sur les déchets (CNIID) et de l'association les Amis de la Terre, publié en 2010, résumait clairement la situation : « Environ la moitié des 20 à 50 millions de tonnes des DEEE produits dans le monde chaque année (pour la majeure partie par les pays industrialisés) alimentent les économies informelles des pays du Sud, essentiellement l'Asie et l'Afrique, autour du démantèlement des appareils et du recyclage rudimentaire des métaux précieux, avant de finir dans des décharges sauvages³⁸. » Selon les derniers chiffres de l'Agence européenne de l'environnement, entre 550 000 et 1 300 000 tonnes de DEEE européens sont exportées chaque année, principalement vers l'Afrique de l'Ouest et l'Asie³⁹.

Les conditions de recyclage et d'élimination, évoquées dans le rapport, sont souvent désastreuses : un échantillon d'eau de la rivière Lianjiang, proche d'un village de recyclage chinois, a révélé des taux de plomb 2 400 fois plus élevés que les standards préconisés par l'OMS. Les échantillons de sédiments contenaient 212 fois plus de plomb que ce qui est considéré comme un déchet toxique en Hollande⁴⁰. Les ouvriers travaillent sans masque, et ce sont souvent de jeunes enfants. Diverses

études attestent d'une pollution importante de nombreux sites dans les pays du Sud, le cas le plus médiatisé étant celui de la province chinoise de Guiyu. On peut également citer l'exemple – d'ailleurs pointé du doigt par le Programme des Nations unies pour l'environnement – de cas d'empoisonnements aux métaux lourds à proximité des décharges africaines, comme celle de Dandora, à Nairobi, la capitale du Kenya⁴¹.

Peut-on traiter ces déchets autrement? C'est techniquement faisable, mais assez onéreux. Et il faut parvenir à récupérer les produits en fin de vie pour les faire arriver dans les centres spécialisés qui pourront les traiter. Et qui le feront effectivement, sérieusement, au lieu d'expédier le tout dans le tiers-monde. Une autre voie est de remplacer les substances dangereuses par d'autres produits. Ce n'est pas toujours possible, et ce n'est pas toujours dans l'intérêt économique des fabricants et des distributeurs.

La collecte peut être motivée par la volonté de récupérer les matières premières. Un téléphone moyen contient 23% de métaux, surtout du cuivre, le reste étant du plastique et des matériaux céramiques⁴². Une tonne de téléphones, sans leur batterie, contient 3,5 kilogrammes d'argent, 340 grammes d'or, 140 grammes de palladium et 130 kilogrammes de cuivre. Plusieurs usines de raffinage sont capables de traiter les cartes mères et d'en extraire les métaux, en Belgique, au Canada, en Allemagne, au Japon ou en Suède. Il y aurait autour de 45 millions de dollars de ressources dans nos poubelles. Le problème est que ce gain est très théorique, car fortement dépendant des coûts de collecte. La valeur unitaire est trop faible et la valeur totale trop dispersée, comparativement aux coûts de collecte. L'intérêt des constructeurs, en l'état, est donc clairement de laisser le gisement inexploité, même si le recyclage consomme beaucoup moins

d'énergie que la production primaire (5 à 10 % de moins). C'est donc la réglementation qui est intervenue. Les collectivités territoriales et les constructeurs jouent ici un rôle important. Les seconds doivent financer la plus grande partie des frais de collecte, qu'ils réalisent eux-mêmes l'opération ou qu'elle soit assurée par le biais d'éco-organismes, et doivent ensuite afficher ce coût à côté du prix de vente: c'est «l'éco-contribution» que chacun a pu observer sur les étals des magasins spécialisés. Du côté des pays peu industrialisés, la situation est inverse. Du fait de la présence d'une main-d'œuvre abondante et à bas coût, le processus de collecte est efficace. En revanche, le traitement laisse à désirer, et pour cause: une usine capable de traiter 350 000 tonnes de déchets par an coûte au moins un milliard d'euros.

La présence de toxiques n'est pas la seule raison qui devrait pousser les pays développés à collecter les DEEE. Une autre motivation est la raréfaction des matières premières. Le secteur des TIC est à l'origine de 3 % de la demande mondiale d'or et d'argent, de 13 % de la demande en palladium et de 15 % de celle en cobalt, que l'on utilise notamment pour la fabrication des batteries. Le secteur électrique et électronique dans son entier consomme quant à lui 30 % de la demande mondiale d'argent, 12 % de celle en or, 30 % de celle en cuivre, et jusqu'à 80 % de celle en ruthenium ou en indium, selon Umicore, l'un des leaders mondiaux des matériaux⁴³. Le Bureau de recherches géologiques et minières estime que les métaux *high-tech* deviennent de plus en plus stratégiques pour les pays développés⁴⁴. Il y a déjà eu une rupture d'approvisionnement en tantale entre 1999 et 2001, un métal dont les gisements sont principalement situés en république démocratique du Congo (RDC) et en Australie.

Certaines filières, comme le coltan, matériau utilisé pour la fabrication des condensateurs pour les équipements électroniques, mais aussi pour la composition d'alliages de cobalt et de nickel, ont été pointées du doigt pour leur rôle dans les guerres en Afrique, et particulièrement en république démocratique du Congo. Les conflits qui firent rage en RDC au début des années 2000 n'ont en effet pas empêché de nombreuses entreprises occidentales de s'y installer, et un rapport d'experts présenté à l'ONU en 2011 a notamment dénoncé la contrebande de coltan qui s'y déploya avec l'accord des armées locales et des entrepreneurs⁴⁵. Sans aller jusqu'à des cas de conflits ouverts, l'exploitation des ressources naturelles nécessaires à la fabrication des TIC peut avoir des impacts désastreux sur les équilibres locaux. Les principales réserves naturelles de lithium – utilisé pour la fabrication des batteries –, situées dans une zone comprise entre l'Argentine, le Chili et la Bolivie, sont ainsi la source de nombreuses tensions entre les compagnies minières et les communautés locales, notamment autour de l'usage de l'eau. L'extraction de ce minerai réclame en effet d'importantes quantités d'eau, alors que ces régions sont arides⁴⁶...

En outre, la course à la miniaturisation provoque une augmentation du nombre d'éléments utilisés. La tendance est au foisonnement de nouveaux matériaux, de plus en plus complexes, au sein de composants de plus en plus miniaturisés. On estime que d'ici à 2030, 41 matières premières seront indispensables aux nouvelles technologies. Les métaux rares (connaissant de faibles tonnages) sont présents à la fois dans les TIC et dans les solutions à l'étude pour réduire l'impact écologique d'autres secteurs : énergies renouvelables, véhicules légers, électriques, hybrides ou à hydrogène, etc. Outre

le risque d'épuisement des gisements, cette évolution rend le recyclage problématique, puisque les matériaux complexes sont généralement plus difficiles à séparer et à reconvertir en matière première secondaire.

Les médias ne se sont saisis que récemment du problème des « terres rares », ces dix-sept métaux essentiels pour l'électronique – mais aussi pour le secteur des *cleantech*, de l'armement, de l'aviation, etc. Ils sont recherchés pour une particularité commune : leur forte réactivité. Sans antinium, par exemple, il n'y aurait ni mobiles, ni tablettes. Les terres « rares » sont mal nommées car elles ne sont pas particulièrement rares, dans l'écorce terrestre : il y aurait près de 1 000 ans de réserves, au rythme actuel d'exploitation⁴⁷. Le problème est que la demande double tous les sept ans⁴⁸, et qu'une très grande partie des ressources se situent en Chine, et plus précisément en Mongolie chinoise. Or Pékin a annoncé son intention de constituer des « stocks stratégiques », retirés du marché. L'Union européenne a pour cela porté plainte devant l'OMC.

L'OCDE a récemment estimé « qu'avec un taux de croissance annuel de leur production primaire de 2 %, les réserves de cuivre, plomb, nickel, argent, étain et zinc ne dépasseraient pas 30 années, l'aluminium et le fer se situant entre 60 et 80 ans. L'ère de la rareté se dessinerait donc pour un nombre croissant de matériaux⁴⁹ ». Alarmisme mal placé, encore une fois ? Les découvertes de grands gisements miniers sont bel et bien derrière nous. 8 à 10 % de la consommation énergétique mondiale est déjà consacrée à extraire et à raffiner les ressources métalliques. Et plus les mines sont de mauvaise qualité, plus elles consomment d'énergie pour leur exploitation : il s'agit d'un cercle vicieux qui pose question. Les pistes évoquées telles que l'utilisation de nodules polymétalli-

ques ou l'exploitation des ressources des fonds marins sous l'Antarctique ne répondent pas au problème posé par les nouvelles technologies, soit parce qu'elles ne fournissent pas les métaux visés (c'est le cas des nodules, qui contiennent surtout du manganèse, du fer et de l'aluminium), soit parce qu'elles demanderont, pour leur exploitation, davantage de ressources.

Moins on trie, moins les ressources seront disponibles pour les générations à venir. C'est donc avec raison que le Programme des Nations unies pour l'environnement a publié un rapport volontairement alarmiste, en mai 2011, attirant l'attention sur l'inefficacité des systèmes de recyclage des métaux⁵⁰. À l'échelle mondiale, moins d'un tiers des métaux utilisés ont un taux de recyclage supérieur à 50 % ; 34 sont recyclés à moins de 1 % – et parmi eux dix-sept sont utilisés en électronique. Les plus recyclés sont l'acier, le plomb et les métaux précieux, et encore avec de grandes disparités selon les applications considérées. Les moins recyclés sont précisément ceux que l'on utilise massivement dans le domaine des TIC. Il n'y a par exemple pas de recyclage de métaux tels que l'indium, utilisé dans les diodes électroluminescentes (LED, d'après le terme anglais *light emitting diode*). Le rapport conclut que le passage à une économie verte ou « circulaire » « suppose une progression spectaculaire des faibles taux actuels de recyclage des métaux ».

ETUDES DE CAS : LE TÉLÉPHONE PORTABLE ET L'ORDINATEUR

Le téléphone portable

Au niveau de l'Europe des 27, les 820 millions de téléphones portables en activité en 2007 ont consommé 0,6% de la consommation électrique totale de l'Union européenne, soit environ la production de trois réacteurs nucléaires. 1/5^e était consommé par le téléphone, et 4/5^e par le réseau. En comparaison, il s'est vendu quelque 1,75 milliard de téléphones en 2012 dans le monde⁵¹... Des estimations plus récentes considèrent que les 170 millions d'exemplaires de l'iPhone 5 d'Apple vendus en 2013 réclameraient sur une année l'équivalent de la demande en énergie d'une ville de 130 000 habitants⁵².

Malgré quelques signes de tassement du marché, la tendance reste à la hausse, tirée notamment par la réduction de la durée de vie, l'accroissement des fonctionnalités et le multi-équipement. Le progrès de l'efficacité énergétique est certes continu, mais il est motivé par la miniaturisation et le nomadisme, et non par le souci écologique : il s'agit de gagner en autonomie, pour faciliter et multiplier l'usage, et le rendre continu. Les gains énergétiques devraient donc ralentir la hausse, mais pas l'endiguer. Une entreprise télécom a ainsi vu son coût énergétique par unité d'information réduit de 39%, mais la quantité d'information transmise augmenter de 50%⁵³. Le rapport BIO IS, daté de 2008, tablait sur une hausse de 25 à 80% de la consommation électrique en usage d'ici 2020.

Côté déchets, la situation est problématique. En 2008, Bouygues indiquait que le taux de récupération

des téléphones portables ne dépassait pas 5 %, même après que l'opérateur avait proposé un avantage financier de dix euros aux consommateurs qui rapportaient leurs anciens appareils. Sur près de 25 millions de nouveaux terminaux mis sur le marché français chaque année, moins d'un million seraient récupérés⁵⁴. Le taux de collecte en 2011 a légèrement augmenté, pour atteindre 4,35 %⁵⁵, mais cela reste confidentiel.

Au niveau de l'appareil lui-même, les analyses de cycle de vie montrent que sur les quatre étapes du cycle (fabrication, transport, utilisation, rebut), c'est la fabrication qui domine très largement dans sa contribution à l'ensemble des impacts environnementaux⁵⁶. Elle concentre 80 à 100 % des impacts, selon les variables considérées (épuisement des ressources, effet de serre, destruction de la couche d'ozone, consommation d'énergie, etc.). Or les appareils sont renouvelés tous les dix-huit mois, en moyenne, alors que leur durée de vie technique est de sept à huit ans... Toutefois, si on remet l'appareil dans son « écosystème » technique, c'est le réseau qui consomme le plus. D'après une étude réalisée par l'entreprise Ericsson⁵⁷ en 2004 sur un réseau 3G de téléphones mobiles, 78 % des émissions sont attribuables à l'opérateur lui-même, tandis que la fabrication des équipements ne représente plus que 22 % du total. Les chiffres sont disputés : la recherche publique est faible dans ce domaine, et chacun a intérêt à pointer les autres du doigt...

L'arrivée massive des *smartphones* sur le marché a introduit et répandu de nouveaux usages, qui ont tous en commun d'être fortement consommateurs de bande passante sur les réseaux de télécommunication. Les produits de type « tablette » ont encore accentué cette tendance : du fait de leurs plus grandes capacités (rapidité de connexion, haute résolution de l'image), les tablettes

réclament elles aussi toujours plus de place sur les réseaux. Selon le rapport de février 2013 publié par l'entreprise de conseil en téléphonie Byte Mobile, filiale de la multinationale Citrix Systems, une tablette de type iPad consomme environ trois fois plus de bande passante qu'un *smartphone*⁵⁸.

L'ordinateur

Le parc français est d'environ vingt millions d'ordinateurs personnels, avec une base de renouvellement de cinq ans, en moyenne. Sa consommation électrique représente 3,3 % de la consommation électrique nationale, soit la production de deux réacteurs nucléaires ! Elle se répartit entre la maison et le bureau, de 30 à 70 % pour les ordinateurs fixes, et de 60 à 40 % pour les portables. Il s'agit là d'un marché en croissance, où la saturation n'est pas atteinte. D'autant que le multi-équipement gagne du terrain : nous avons déjà évoqué les chiffres de 2013 de Médiamétrie, qui donnaient une moyenne nationale d'environ 1,7 ordinateur par foyer. Cela représente une progression par rapport à 2008, où les ménages étudiés possédaient un ordinateur dans 85 % des cas, deux dans 22 % des cas, trois dans 6 % des cas⁵⁹. Le taux d'équipement est directement fonction du revenu.

Précisons aussi que les gains récents en terme d'impact écologique sont à relativiser. Les écrans plats consomment certes trois fois moins que des écrans à tube cathodique, mais à condition que la taille ne change pas, car la consommation d'un écran croît en fonction du carré de sa diagonale. Or la taille des écrans a fortement augmenté sur ces dernières années : l'entrée de

gamme est maintenant à dix-neuf pouces. Le gain énergétique semble en revanche assez net du côté des ordinateurs portables : ils consomment environ six fois moins que les postes fixes. Et comme le portable se met plus rapidement en veille, les durées moyennes de fonctionnement sont réduites : 2 heures 30 en moyenne par jour, contre 5 à 8 heures pour les ordinateurs fixes.

Du côté du cycle de vie, les rares analyses disponibles⁶⁰ convergent pour identifier les deux étapes de fabrication et d'utilisation comme étant les plus impactantes, en même proportion. On ne peut exclure cependant que cela soit lié à l'intérêt primordial apporté par ces études aux gaz à effet de serre et à la consommation d'énergie. L'unité centrale semble dominer très nettement le bilan, ce qui relativise l'importance du moniteur.

LIMITE DES ANALYSES DE CYCLE DE VIE

Nous avons jusqu'ici beaucoup eu recours aux « analyses de cycle de vie », ou ACV. Elles consistent à lister l'ensemble des impacts provoqués par l'usage d'un produit, du « berceau à la tombe », c'est-à-dire de l'extraction des matières premières dans la croûte terrestre au démantèlement et à l'entreposage final en décharge.

Mais cet outil est loin d'être une solution parfaite pour répondre à la question de l'impact écologique d'un produit, même si c'est la seule méthode qui paraisse aujourd'hui suffisamment fiable pour produire des données précises. Les limites de ce type d'études sont relativement bien connues des spécialistes⁶¹ :

- Comment qualifier les « impacts » ? L'effet de certains produits polluants est tout simplement inconnu. Quel poids accorder à chacun d'entre eux ? Que penser d'un produit qui émet moins de gaz à effet de serre mais plus de déchets nucléaires ? Est-il « plus vert » ? Quel est le problème le plus urgent ?
- Les résultats des différentes ACV sont souvent peu comparables entre eux. Les produits TIC comportent entre 500 et 1 000 substances différentes, avec pour conséquence une chaîne d'approvisionnement complète difficile à reconstituer. Une étude estime que les données utilisées ne sont fiables que pour 15,7 % d'entre elles.
- Les données sont souvent confidentielles... D'où la présence en grand nombre d'études privées, qui ne peuvent pas être vérifiées.
- Enfin la durée et le coût d'une étude complète restent clairement dissuasifs : de 10 000 à 70 000 euros pour l'étude du kilowattheure d'EDF, avec des travaux qui s'étalent sur 16 à 24 mois.

Avec ces dizaines d'études, nous avons les pièces d'un puzzle complexe que rien ou presque ne relie au consommateur, ni aux décisions du Parlement. Pourtant c'est bien là que doit avoir lieu l'évaluation, de l'avis même des intéressés!

LES ILLUSIONS DE LA DÉMATÉRIALISATION

SELON LES REPRÉSENTANTS des entreprises concernées, l'impact écologique de la filière TIC pourrait être négligé. L'important, dans leur logique, ce ne sont pas les 2 % des émissions de gaz à effet de serre occasionnés par les TIC, mais bien les 98 % restants, pour la réduction desquels les nouvelles technologies seraient justement tout indiquées! Cette idée n'est pas que l'apanage des entreprises: les pouvoirs publics font la même analyse.

Pourtant, les nouvelles technologies n'ont pas été conçues ni déployées dans un but de «développement durable». Les sommets internationaux qui se tinrent sur ces deux thématiques à la même époque ne firent par exemple aucune référence l'un à l'autre. Le Sommet mondial sur la société de l'information, tenu à Tunis en 2005, traita des problèmes de fracture numérique, de régulation des droits de propriété dans un secteur en pleine croissance, sans vraiment évoquer les problèmes environnementaux induits par ces pratiques. C'est au Sommet mondial sur le développement durable, que l'on appela aussi Sommet de la Terre, tenu pour sa part à Johannesburg en 2002, que furent évoqués les problèmes de la planète, dont les déchets électroniques et la croissance insoutenable de la consommation d'énergie, etc. Le constat est le même au niveau national. On peut par exemple s'étonner de constater que le «Grenelle de l'environnement», série de mesures sur le développement durable qui découlèrent de la phase de concertation tenue à l'automne 2007 à l'initiative du président de la République Nicolas Sarkozy, ne contienne aucune proposition relative aux TIC. De même, les diverses

manifestations autour de la société de l'information (pensons à l'université d'été de la communication, tenue à Hourtin jusqu'à 2005, ou aux conférences organisées par les autorités de régulation, etc.) ne font aucune référence à la question environnementale. L'absence de communication va jusqu'aux services spécialisés dans les ministères et collectivités territoriales, qui semblent s'ignorer mutuellement. Environnement et société de l'information se comportent comme deux secteurs hermétiques, deux spécialisations dont les liens sont problématiques ou inexistants.

Pourtant les liens de l'un à l'autre semblent clairs, avec un peu de recul⁶² : le rapport du MIT au Club de Rome a été pionnier dans l'utilisation de modèles numériques qui se sont généralisés ; la Terre est sans cesse observée par de multiples satellites ; l'émergence de la « société civile » à l'échelle mondiale n'aurait guère pu se faire sans les facilités de communication offertes par les TIC, etc. Un courant de pensée écologiste soutient depuis longtemps que l'information est « négumentropique », au sens où elle permet de lutter contre l'entropie qui menace de conduire le système industriel à l'effondrement. La stratégie de Lisbonne, orientation majeure des politiques de l'Union européenne de 2000 à 2010, s'appuyait sur l'usage massif des TIC pour initier une « croissance verte » – aspect qu'évoquaient d'ailleurs déjà, en 1978, Alain Minc et Simon Nora dans leur rapport devenu célèbre, consacré à la société de l'information⁶³.

Les contradictions entre ces deux discours ne sont guère pointées : si la « société de l'information » devait permettre une meilleure circulation des données, et alors que la France entière est désormais connectée, comment se fait-il qu'on en sache si peu sur les grandes questions environnementales ? Si la « société de l'infor-

mation» est si économe en énergie et en matière, et génératrice de croissance pour tous, comment se fait-il que les inégalités et la consommation de ressources continuent de croître ? Comment se fait-il que la consommation énergétique des ménages français augmente ou stagne, mais ne baisse pas ?

La stratégie développée dans les rapports tels que *SMART 2020*, privilégiée par les industriels, est simple et repose sur deux piliers. Le premier réside dans les progrès « naturels » du secteur. Faire plus avec moins, finalement, c'est ce que les industriels font depuis toujours, il suffit de mesurer l'énorme accroissement de la puissance de calcul par unité d'énergie, de l'ENIAC (ancêtre de l'ordinateur, présenté au public en 1946, et dont l'acronyme vient de son nom complet, en anglais, Electronic Numerical Integrator Analyser and Computer) au *smartphone*. Les impacts écologiques du secteur seraient ainsi en voie de « résorption », comme un expert de la Commission européenne, Peter Johnston, a pu nous le dire explicitement. Le second pilier réside dans l'utilisation des TIC par les autres secteurs industriels : elles pourraient se substituer à certaines fonctions existantes, ou les optimiser, permettant ainsi d'utiliser « intelligemment » les ressources existantes. Voyons ce qu'il en est réellement de ces promesses.

RÉSORBER L'IMPACT ÉCOLOGIQUE DU NUMÉRIQUE

Les « progrès » du secteur peuvent-ils permettre de résorber ses excès? C'est tout à fait possible dans certains cas, et pour un certain temps: on peut citer la fibre optique, dont l'efficacité énergétique est bien meilleure que celle du cuivre; ou encore les processeurs, dont le nombre de calculs effectués par kilowattheure double tous les dix-huit mois⁶⁴. Mais pour combien de temps encore? Ces progrès ne sont-ils pas compensés par d'autres tendances qui vont en sens inverse, comme l'explosion de la quantité de données? De plus, dans bon nombre de cas, notamment en ce qui concerne les déchets, ce sont les réglementations qui créent des progrès, pas le marché. Il ne s'agit donc pas de progrès « naturels ». On peut légitimement se demander pourquoi ces questions ne suscitent pas plus de débat.

Des progrès pas si « naturels » ?

L'étude *SMART 2020* s'enthousiasme de ce que la croissance de la consommation d'énergie des ordinateurs personnels ne fera « que » tripler dans les années à venir, alors qu'elle aurait dû septupler, toutes choses égales par ailleurs, avec le passage de 600 millions à quatre milliards de machines. De même, les centres de données devraient voir leurs émissions de CO₂ multipliées « seulement » par trois, au lieu de cinq; l'infrastructure télécom par trois au lieu de près de six. L'étude *BIO IS* de 2008, indépendante des intérêts marketing des entreprises, confirme l'ampleur des potentiels au niveau européen. La croissance du secteur sera donc moins importante que prévu. De là à parler de « résorption » des excès, il y a quand même de la marge...

Les gains énergétiques, puisqu'ils sont réels, peuvent faire l'objet d'un inventaire. Ils viennent principalement :

- Côté informatique, de l'amélioration de l'efficacité énergétique des serveurs, de leur taux d'utilisation (*via* la virtualisation) et de la gestion de leur climatisation, de l'arrivée des PC (*personal computers*) puis des ordinateurs portables, du passage du cathodique aux écrans à cristaux liquides LCD (du terme anglais *liquid crystal display*), ainsi que de la généralisation de normes plus évoluées pour la gestion de l'énergie (logiciel EnergyStar, qui gère les modes veille, etc.) ;
- Côté télécoms, du passage à la fibre optique et des gains sur les boîtiers multiservices (« box ») ;
- Enfin, côté électronique grand public, de l'élimination des lecteurs VHS, du passage aux téléviseurs à écran plat ou à LED.

Ces bonnes nouvelles, toutes relatives, tendent pourtant à occulter d'autres aspects moins réjouissants. Chacun a ainsi pu constater que ce n'est pas une « substitution » qui se produit dans le domaine des écrans, mais un agrandissement multiplicatif. L'écran plat, autorisant de plus grandes surfaces et un moindre encombrement, s'est multiplié partout dans notre environnement – gares, métro, etc., et même les bureaux de Poste, où des écrans géants nous expliquent ce qu'il faudrait faire pour... protéger la planète ! En 2008, une étude Sofrès pour Gulli montrait que les ménages possédaient en moyenne au moins six écrans. Les estimations les plus récentes font encore état d'une augmentation de ce chiffre, à 6,8 écrans en moyenne⁶⁵. Lorsque le chef de famille a entre 25 et 49 ans, le nombre moyen atteint neuf écrans ! Les *smartphones* et tablettes se sont répandus en peu de temps, confirmant cette tendance à la multiplication

des écrans. D'où les chiffres, qui sont sans appel : la consommation du poste « vidéo » a considérablement progressé, dans le budget énergétique des ménages⁶⁶. Les téléviseurs principaux (LCD et plasma) consomment en moyenne respectivement 1,6 et 3,5 fois plus que les anciens téléviseurs à tube cathodique. Et les appareils « à projection d'image » (vidéoprojecteurs et rétroprojecteurs) consomment encore plus ! Une hausse de la consommation est également perceptible dans le secteur des téléphones portables, où les nouveaux modèles sont souvent plus polluants que ceux qui les ont précédés : les émissions de gaz à effet de serre de l'iPhone 5, lancé en octobre 2012 par Apple, sont évaluées à 75 kilogrammes, alors que celles de l'iPhone 4S n'étaient évaluées « qu'à » 55 kilogrammes. Entre les deux modèles s'est donc produite une augmentation des émissions de 36 % ! Le même constat est valable pour le Samsung Galaxy S3, plus polluant que le S2. Dans ce marché extrêmement concurrentiel, les fabricants parient sur l'innovation bien plus que sur la réduction effective des dépenses énergétiques⁶⁷.

À cause de ces nouveaux usages, les réseaux sont de plus en plus sollicités. Les données de l'Union internationale des télécommunications ne disent rien à ce sujet, mais l'entreprise américaine Cisco Systems, spécialisée dans la vente des réseaux et des serveurs, indique que la tendance est exponentielle : le trafic mobile mondial, en 2010, a triplé, pour la troisième année de suite, et devrait continuer de croître au rythme de 50 % par an au moins jusqu'en 2016, aboutissant à une multiplication par sept du trafic. D'après l'entreprise de conseil en nouvelles technologies ABI Research, le trafic mobile en 2014 devrait être 39 fois plus important qu'en 2009, et l'équivalent d'un milliard de DVD devrait être annuellement

véhiculé par le réseau – ce qui revient à 133 fois la quantité de données qui a été transmise par les réseaux mobiles depuis leur apparition dans les années 1980! Ces besoins en bande passante se traduisent par un câblage accéléré de la planète, avec des tuyaux (*backbones*) toujours plus gros pour acheminer toujours plus de données. Lucent Submarine, entreprise située à Calais, produit et installe ainsi chaque année 40 000 km de câbles au fond des océans, pour relier les serveurs entre eux: il s'agit là d'une nouvelle illustration *physique* de l'impact du numérique. L'arrivée des *smartphones* et des tablettes a été bien visible sur l'activité de l'entreprise. Les tablettes généreront en 2015 un trafic de 248 pétaoctets par mois, soit l'équivalent du trafic de l'ensemble du réseau mobile mondial en 2010... Greenpeace, dans son étude *Votre cloud est-il net?* publiée en avril 2012, donne également des chiffres impressionnants: « Si le *cloud* était un pays, il se classerait au cinquième rang mondial en termes de demande en électricité, et ses besoins devraient être multipliés par trois d'ici à 2020⁶⁸. » Il n'y a en effet aucune limite perceptible à cet accroissement de production et de transfert de données.

La raison? Le nombre d'échanges, mais aussi le poids de chacun des échanges ou connexions, par exemple le recours croissant à la vidéo. Google indique que le nombre de vidéos YouTube livrées sur les appareils mobiles a triplé en 2010, atteignant 200 millions de visionnages par jour. L'évolution vers le nomadisme pousse aussi les appareils à se délester des fonctions les plus énergivores sur les réseaux. Car l'une des techniques, pour augmenter l'autonomie d'appareils faisant des milliards de calculs, est de transférer les plus lourds d'entre eux, et donc la consommation, vers le réseau, le terminal ne récupérant que le résultat. On ne peut pas nier les énor-

mes progrès accomplis en terme d'efficacité énergétique sur les appareils pris un à un. Mais en ne disant que cela, on fait totalement abstraction de la dynamique exponentielle de production de données et de multiplication des écrans.

Quant aux analyses de cycle de vie, à quoi servent-elles à partir du moment où les intérêts économiques font que leurs recommandations sont ignorées? Plusieurs études soulignent ainsi l'importance de la durée de vie des produits, ce qui inclut le réemploi. Pourtant, la durée de vie des appareils ne cesse de diminuer. En 1960, la première durée de vie des ordinateurs était de dix ans; en 1998 elle n'était plus que de quatre ans, voire deux ans pour les produits les plus innovants. Aux États-Unis, la durée de vie moyenne des ordinateurs a chuté, passant de six ans en 1997 à deux ans en 2005⁶⁹. Les téléphones portables, quant à eux, ont une durée de vie de moins de vingt mois en moyenne dans les pays industrialisés, mais on tombe à dix mois chez les 12-17 ans⁷⁰. C'est même devenu un argument de vente. Ainsi l'exemple de Bouygues, qui lançait en 2012 une opération de communication proclamant: «Bouygues Telecom, le seul opérateur qui vous permet de changer de *smartphone* tous les ans⁷¹.» Il ne s'agit ici plus de remplacer un produit défectueux, mais bien de renouveler fréquemment quelque chose qui est très vite perçu comme *dépassé*: le téléphone portable est véritablement devenu un produit de mode. Des observations similaires peuvent être faites dans le champ de la programmation. La concurrence pousse à programmer «vite et mal» (*quick and dirty*), engendrant une inflation sans fin et sans nécessité de la taille des programmes. Windows 7 et Office 2010 occupent environ quinze fois plus de puissance processeur, 70 fois plus de mémoire vive et 47 fois

plus d'espace disque que les versions en vente en 1997. Le concours Université du système d'information 2010 a montré qu'une optimisation pouvait générer une économie de 600 % sur le poste client et de 20 % sur le serveur⁷². Bref, efficacité écologique ne rime pas avec efficacité économique...

Le phénomène à l'œuvre porte un nom : l'obsolescence programmée. En plus des rapports sur le sujet produits par le CNIID et les Amis de la Terre, et sur lesquels nous reviendrons, il est utile de citer la définition qu'en donne l'Ademe dans son *Étude sur la durée de vie des équipements électriques et électroniques*, publiée en 2012 : « La notion d'obsolescence programmée dénonce un stratagème par lequel un bien verrait sa durée normative sciemment réduite dès sa conception, limitant ainsi sa durée d'usage pour des raisons de modèle économique⁷³. » L'obsolescence des produits, leur renouvellement rapide et leur multiplication sont autant de raisons de douter d'une évolution « verte » du secteur des TIC.

Les réglementations

Le raisonnement des tenants des TIC présente une faiblesse, puisqu'il laisse croire que tout est une conséquence directe de la « main invisible du marché », et qu'intérêt économique des firmes et écologie pourraient aller de pair. Ce n'est déjà qu'en partie vrai en ce qui concerne la consommation d'énergie, comme nous venons de le voir. Mais dans le domaine des déchets et des flux de matière, c'est totalement faux : ce sont les réglementations qui sont le moteur de l'évolution. Le rapport *SMART 2020* se montre bien discret à ce sujet, faisant passer pour des progrès spontanés (« naturels »)

du secteur ce qui est en réalité le résultat de l'action du régulateur public.

Et ce sont encore les réglementations qui sont à l'origine (ou devraient l'être) des évolutions en ce qui concerne la multiplication des écrans dans l'espace public, puisque ces écrans sont (ou devraient être) sujets à la loi sur l'affichage public... Le constat est là : tant que les matières premières restent relativement bon marché, il n'existe aucun intérêt économique à pousser au recyclage ; aucun intérêt non plus à prendre en compte le fait que l'extraction de matière à partir de nos vieux ordinateurs émet dix à vingt fois moins de gaz à effet de serre que l'extraction de nouvelles ressources... Ce fut d'ailleurs l'une des motivations principales du Parlement européen, dès les années 1990, qui a abouti à la directive sur les déchets électriques et électroniques (dite directive DEEE), le 27 janvier 2003. Il ne s'agit d'ailleurs pas d'un cas unique, ce constat a été fait partout et a conduit aux mêmes conséquences : aux États-Unis existent de nombreuses réglementations, et la Chine elle-même dispose d'une législation sur les déchets électroniques, depuis janvier 2011.

Trois textes font référence, au niveau de la Commission européenne. La « directive DEEE », que nous venons de citer (2002/96/CE, 27 janvier 2003), et qui vise la collecte et le traitement des déchets issus de produits électriques et électroniques ; la directive RoHS (*Removal of Hazardous Substances*, 2002/95/CE, modifiée par la directive 2011/65/EU du 8 juin 2011), qui réglemente et bannit l'usage de certains produits toxiques ; et la directive EuP (*Energy-using Products*, 2005/32/CE, 6 juillet 2005), qui vise tous les produits consommateurs d'énergie. Sur le plan international, la convention de Bâle, entrée en vigueur en 1992, réglemente et interdit, très souvent, l'exportation de DEEE.

Les différents textes européens sont à replacer dans le cadre de la « politique intégrée des produits » (IPPC), qui entend promouvoir une réflexion axée sur l'analyse du cycle de vie du produit, des impacts liés à l'extraction des matières premières, au recyclage ou à l'élimination finale. L'idée générale est que les usagers, finaux ou intermédiaires, profitent d'un « repas gratuit » en ne payant pas la totalité des coûts environnementaux ; qu'il faut donc modifier le cadre réglementaire pour appliquer le principe « pollueur-payeur », reconnu dans la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement (1992), et mis en avant par l'Organisation de coopération et de développement (OCDE) dès 1972, au lendemain du sommet de Stockholm. Le consommateur doit être informé pour être incité à acheter des produits « verts » ; les fabricants doivent mettre en œuvre davantage d'écoconception ; la participation des différents acteurs du processus doit être plus large.

Déchets

La directive DEEE impose aux fabricants et aux importateurs d'équipements de prendre en charge les coûts de ramassage et de traitement de leurs produits en fin de vie. Elle est basée sur cinq grands principes :

- Le « principe pollueur-payeur », sous la forme d'une écocontribution payée par le consommateur final afin de participer au coût du système de collecte et de traitement ;
- La « responsabilité élargie du producteur », qui impose aux producteurs de devoir rendre compte de l'élimination adéquate des produits en fin de vie, ce qui est censé les inciter à investir en amont dans l'écoconception pour diminuer ces coûts en aval⁷⁴ ;
- La règle du « un contre un », qui impose aux distribu-

teurs de reprendre l'ancien appareil pour l'achat d'un nouveau ;

- La création d'éco-organismes, qui assurent le travail au nom des producteurs ; ils sont quatre à ce jour en France, dont Eco-systèmes qui détient les trois quarts du marché hors lampes, et Récylum, spécialisé dans les lampes usagées à l'exception des ampoules à filament ;
- Des objectifs chiffrés : quatre kilogrammes de déchets recyclés par an et par habitant, qui devaient être atteints en 2006 pour les DEEE des ménages.

Automobile, chimie... Toutes les filières sont visées par des dispositions similaires. Le but est de parvenir à structurer la production de déchets selon la hiérarchie suivante : prévention ; préparation en vue du réemploi ; recyclage ; autre valorisation, notamment valorisation énergétique ; élimination.

Quels sont les résultats ? Aujourd'hui la plupart des producteurs adhèrent à l'un des éco-organismes (Ecologic, Eco-systèmes, ERP ou Recylum) ; 18 600 points de collecte sont opérationnels, qui s'ajoutent aux 3 400 mis à disposition par les collectivités territoriales. Le taux de recyclage est plutôt élevé : entre 71 et 91 %, dont 81 % pour le recyclage (en tonnes) et 5 % pour la valorisation énergétique. Le reste, 13 %, va à la destruction, c'est-à-dire à l'incinération et à l'enfouissement.

Tout irait donc pour le mieux ? Non, car ce « taux de recyclage » ne concerne que la part collectée, qui reste faible. En France, la filière a atteint l'objectif attendu de quatre kilogrammes par an et par habitant avec deux ans de retard, alors que la Belgique atteignait 7,2 kilogrammes par an et par habitant dès 2007, l'Allemagne huit, le Royaume-Uni et l'Irlande plus de dix, et les pays scandi-

naves quinze⁷⁵. Ce retard évident n'a pas empêché le ministère de l'Écologie et du Développement durable de se féliciter bruyamment de ses excellents résultats⁷⁶, oubliant de préciser que 80 % des déchets n'étaient toujours pas récupérés. Il faut également noter le très faible taux de réemploi (2 %), alors qu'il s'agit d'un point capital, tant sur le plan de l'efficacité écologique globale que pour l'économie sociale et solidaire. C'est tout un secteur qui vit, et parfois de manière rentable, de cette activité. Cela ne semble pas intéresser le ministère outre mesure.

Il faut également noter l'imprécision du terme « recyclage ». Apparemment, le ministère se satisfait de ce que le secteur lui en dit. Or tout indique, par exemple, que les exportations de déchets toxiques n'ont pas cessé⁷⁷. L'importante ONG sénégalaise ENDA (Environmental and Development Action in the Third World – Environnement et développement du tiers-monde) a récemment déclaré refuser tout don d'ordinateurs, au motif que ces dons « généreux » sont en réalité du déchet dont les pays riches veulent se débarrasser. Qu'est-ce qui est « recyclé », exactement ? On se le demande, car l'opacité règne.

Contrairement à ce que laissent croire les propos satisfaits de nos institutions, l'inefficacité de la directive européenne est telle qu'elle est actuellement en révision. L'objectif est de fixer dans les pays membres des objectifs plus élevés de récupération (65 % d'ici 2016), mais avec plus de souplesse et une plus grande cohérence avec la législation de l'UE, afin d'améliorer le taux de collecte. La révision devrait aussi durcir et renforcer le contrôle pour améliorer le taux de collecte et réduire les exportations illégales ou contournant la convention de Bâle sur la prolifération des déchets, dont nous reparlerons.

Matières toxiques

La directive RoHS stipule que, depuis le 1^{er} juillet 2006, les équipements électriques et électroniques, pour être mis sur le marché – qu'ils soient importés ou non – ne doivent pas contenir les six substances dangereuses suivantes: le plomb (utilisé pour les soudures); le mercure (piles); le cadmium (piles, circuits intégrés); le chrome hexavalent (contacts des connecteurs); les polybromobiphényles (microprocesseurs) et les polybromodiphényléthers (boîtiers d'ordinateurs).

Cette directive a engendré une baisse drastique des quantités de toxiques en circulation. Mais elle n'y a pas mis un terme, tout simplement parce qu'elle ne les a pas interdits à proprement parler: pour bon nombre d'entre eux, c'est seulement leur concentration maximale qui est limitée, c'est à dire, dans la plupart des cas, 0,1 % par unité de poids de matériau homogène, sauf pour le cadmium où la limite est de 0,01 %. Et la directive comprend de nombreuses exemptions, pour des produits pour lesquels la substitution est jugée, par les producteurs, trop difficile ou impossible. Schématiquement, les industriels traînent des pieds et demandent de nombreuses exemptions, tandis que les associations souhaitent généraliser l'interdiction de certaines substances – sans toutefois aller jusqu'à poser des questions plus larges sur l'obsolescence accélérée ou la société de consommation.

L'autre problème est l'exportation des déchets toxiques. Sur le sujet, c'est la convention de Bâle qui fait autorité. Portant sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de leur élimination, elle fut ouverte à la ratification en 1989 et entra en vigueur en 1992. Elle vise essentiellement à:

- Réduire la circulation des déchets dangereux entre les pays ;

- Éviter le transfert de déchets dangereux des pays développés vers les pays en développement ;
- Réduire au minimum la quantité et la toxicité des déchets produits ;
- Aider les pays en développement à gérer de façon raisonnable les déchets, nocifs ou pas, qu'ils produisent.

L'Afrique a produit une convention proche, qui cherche aussi à mettre fin à l'importation de déchets dangereux et à contrôler leurs mouvements transfrontaliers : la convention de Bamako, signée en 1991, est entrée en vigueur en 1996, ratifiée par 23 pays africains.

Les déchets toxiques sont de toutes sortes, et le flux des DEEE n'est pas le seul à devoir être contrôlé, loin de là – pensons au cas emblématique du porte-avion *Clemenceau*, amianté et pourtant envoyé pour un démantèlement en Inde où les conditions sanitaires requises sont inexistantes, qui a défrayé la chronique grâce à la vigilance de Greenpeace.

Peut-on déjà avoir une idée des résultats atteints ? D'après le consortium international StEP (Solving the E-waste Problem), placé sous l'égide de l'Université des Nations unies et du Programme des Nations unies pour l'environnement, les exportations continuent. Aux États-Unis, seuls 11 à 14 % des DEEE sont confiés à des recycleurs, qui les renvoient vers des pays en voie de développement dans 70 à 80 % des cas. Selon l'activiste Jim Puckett, du Basel Action Network, «les trois quarts des équipements électroniques déclarés d'occasion et envoyés vers les pays en voie de développement ne sont pas réutilisables. En réalité, ce sont des DEEE dont on veut se débarrasser».

Efficacité énergétique

Divers travaux ont constaté que les potentiels d'efficacité énergétique mis en avant par une multitude d'études spécialisées n'étaient pas recherchés par les entreprises. L'acteur le plus emblématique dans ce secteur en France est peut-être l'association *negaWatt*. Le dernier scénario établit ainsi que nous pourrions jouir du même mode de vie, et même un peu plus élevé, avec une population un peu plus importante, tout en réduisant notre consommation d'énergie de... 65%! Vous avez bien lu: 65%. En comparaison, on estime qu'une réduction de 75% des consommations en mode « veille » suffirait à économiser annuellement la consommation électrique d'un pays comme la Suède...

Et pourtant ce n'est pas la direction qui est prise par les acteurs économiques. Il suffit de regarder la forme de la consommation énergétique en France pour constater qu'« économiser » ne veut pas du tout dire la même chose, selon que l'on se place du côté économique ou du côté écologique. Là encore, il fallait donc réglementer. L'Europe s'est donc fixé fin 2006 l'objectif d'économiser 20% de la consommation annuelle d'énergie primaire d'ici à 2020. La directive *Energy Using Products* (2005) s'inscrit dans cette direction et impose des objectifs d'innovation concernant la conception des produits consommant de l'énergie tels que les appareils de chauffage, d'électroménager, etc. Elle définit des conditions et des critères que les produits consommateurs d'énergie doivent remplir pour être autorisés à être commercialisés et obtenir le marquage « CE ». À ce jour, vingt catégories de produits sont concernées. Sont désormais visés les télévisions, les modes « veille » des appareils, les alimentations externes, les systèmes d'éclairage, les ventilateurs, réfrigérateurs, lave-linge, lave-vaisselle, boîtiers numé-

riques (« box »), et certaines lampes domestiques. Les études en cours concernent notamment les matériels de chauffage, les fours, grills, machines à laver et à sécher la vaisselle. Pour chaque catégorie de produits, une procédure officielle, assez lourde et longue, a été instaurée et doit être scrupuleusement suivie. Elle commence par une étude préparatoire et intègre ensuite la consultation d'ONG et d'entreprises dans la rédaction des normes.

L'étude relative aux ordinateurs est un document de 325 pages remis à la Commission européenne en septembre 2007. L'idée centrale est qu'il existe un potentiel important de réduction de la consommation. Mais les travaux en sont restés là, à la fois parce que les ordinateurs ne sont pas considérés comme prioritaires, étant sous le coup d'autres initiatives telles que l'instauration du label Energy Star, et d'autre part parce que le sujet est assez complexe, du fait du grand nombre de fabricants et de la complexité des paramètres. C'est pourquoi la Commission a préféré commencer par des produits plus simples tels que les décodeurs TNT (en anglais, *set top boxes*) ou les téléviseurs.

Une autre solution est offerte par la directive 92/75/CEE, du 22 septembre 1992, portant sur l'information des consommateurs, qui fut notamment à l'origine de la désormais fameuse « étiquette énergie », visant à combler un manque d'information. En effet, comment reprocher aux consommateurs de consommer « trop », ou « mal », si rien n'est fait pour leur indiquer les effets négatifs des appareils qu'ils achètent ? Comme le souligne le rapport « TIC et développement durable » : « Il est donc surprenant de constater, dans la société de l'information d'aujourd'hui, que les cafetières, par exemple, qui ne génèrent qu'une consommation insignifiante, se voient dans l'obligation d'afficher leur consommation, alors

que des millions d'ordinateurs, consommant unitairement quatre fois plus, n'ont aucune obligation⁷⁸. » On ne saurait mieux dire.

Aucun bilan véritable ne permet aujourd'hui de se rendre compte de l'efficacité de ces mesures. On peut toutefois signaler la très grande efficacité, dans le domaine de l'électroménager, des étiquettes énergie, puisque ce sont elles, en grande partie, qui ont conduit à l'économie des 635 kilowatts par an et par habitant évoquée plus haut. Mais ces étiquettes, à nouveau, se bornent à comparer des produits entre eux, et n'ont donc aucune prise ni sur leur évolution, s'ils deviennent plus grands, ni sur leur multiplication. Et l'évolution des produits est limitée par les marges de manœuvre des oligopoles du secteur, empêchant des évolutions plus systémiques, comme le montre l'exemple des énergies renouvelables, dont le développement a longtemps été bloqué par EDF.

Normes et écolabels

Une manière de tenir compte de tous les impacts et de valoriser les analyses de cycle de vie est d'attribuer un label aux meilleurs produits. L'Union européenne attribue depuis longtemps un «écolabel» dans l'espoir de guider les choix des consommateurs et de réduire l'empreinte écologique. Attribué pour une période de trois à cinq ans, il coûte entre 800 et 26 300 euros. La méthode de vérification relève de l'autoévaluation, ce qui affaiblit considérablement la portée de la garantie. L'autorité compétente peut toutefois faire des visites inopinées.

Les critères diffèrent selon les produits. Pour les télévisions, ils portent sur l'économie d'énergie (en fonctionnement et en veille), sur le prolongement de la durée de vie (durée minimale de deux ans...), et sur sa reprise

et son recyclage (facilité de démontage, recyclabilité, interdiction de certaines substances retardatrices de flammes). Pour les ordinateurs personnels et portables, sont visés l'énergie, la durée de vie (notamment la période de garantie et de disponibilité des pièces de rechange), la teneur en mercure, le bruit, le rayonnement électromagnétique et le traitement en fin de vie. En décembre 2012, aucun PC ni portable n'avait obtenu ce label⁷⁹.

D'autres labels existent, comme le label suédois Swan, qui a été obtenu par une trentaine de postes fixes ainsi qu'une centaine d'ordinateurs portables. Les critères d'obtention sont plus stricts et couvrent un champ plus large que ceux de l'écolabel européen, avec notamment l'adhésion du fabricant à certains codes de bonne conduite tels que le Pacte global de l'ONU. Le label TCO prend pour sa part en compte l'ergonomie, les émissions et le respect de l'environnement. 50 % des écrans vendus dans le monde ont reçu ce label. Dans ce qui ressemble parfois à une jungle, un autre nom est fréquemment mentionné : EPEAT (Electronic Product Environmental Assessment Tool), développé aux États-Unis par l'EPA (Environmental Protection Agency) et l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), association scientifique et technique forte de 400 000 membres dans 160 pays. La certification EPEAT décerne trois niveaux : or, argent et bronze. Enfin certains constructeurs comme Fujitsu ou Lenovo ont développé des gammes entières de produits conformes à différents écolabels, ainsi la série « Progreen » de Fujitsu. Mais là encore, les effets restent difficiles à évaluer.

LE LEVIER VERS L'ÉCONOMIE VERTE ?

La disparition spontanée de l'empreinte écologique des TIC n'est donc aucunement garantie par les « progrès naturels » du secteur. En somme, comme nous l'avons déjà vu, cette empreinte devrait « seulement » fortement augmenter, alors qu'elle aurait pu « très fortement » le faire. Et pourtant divers acteurs cherchent à déplacer le débat vers les 98 % restants. La Fédération des industries électriques, électroniques et de communication (FIEEC) tenait ainsi à rassurer l'opinion française par un communiqué de presse expliquant que « l'impact environnemental des TIC va demeurer modeste au regard des économies de CO₂ que leur diffusion va générer dans l'économie française ». Le problème, avec le CO₂, c'est que c'est toujours le voisin le coupable.

« L'affaire des 2 % » a pourtant provoqué une mobilisation. L'entreprise de technologie et de *consulting* Capgemini, dans son rapport annuel de 2008, était déjà très explicite : il y était clairement dit que si le secteur des TIC avait été pointé du doigt du fait de la comparaison avec le secteur aérien, c'est bien à cela qu'il fallait remédier. Et comme la meilleure défense, c'est l'attaque, mieux valait mettre en avant les arguments qui tendent à faire des TIC une partie de la solution plutôt qu'une partie du problème. C'est dans ce contexte qu'il faut comprendre l'émergence du concept du *Green IT*, ou *Green Information Technology*, visant à faire passer le secteur des nouvelles technologies comme inoffensif d'un point de vue environnemental. Au risque d'oublier, à force de défendre le secteur, que le vrai problème consiste à jeter les bases d'un monde plus soutenable ? On se le demande parfois.

La stratégie est claire, pourtant : elle consiste à dire que les TIC polluent, certes, mais qu'elles ont aussi un

potentiel d'amélioration, ou *enabling effect*, car elles rendent possibles des usages «verts» dans les autres secteurs de l'économie, en se substituant à des usages «sales», «bruns»: moins de consommation de papier, optimisation de la production, etc. Étonnamment, ce discours, dont nous allons voir qu'il est bien fragile, est repris sans véritable critique par certaines ONG telles que le WWF. Dennis Pamlin, membre du WWF en Suède, a ainsi signé un certain nombre de rapports ou articles faisant l'apologie des TIC, présentées comme des réponses aux défis écologiques. En 2005, il a ainsi présenté un rapport au gouvernement suédois dont le titre ne laissait guère de place au doute: «Innovation et TIC pour une meilleure planète: une e-Stratégie pour la Suède⁸⁰». Un rapport du WWF Suède publié en 2008, et signé par Pamlin, s'intéressait pour sa part aux «potentielles réductions» des émissions de gaz à effet de serre permises par l'utilisation des TIC⁸¹. Ces quelques exemples prouvent que même parmi les ONG s'intéressant de près à la question environnementale, les TIC ne sont pas forcément perçues comme un problème.

Les technologies vertes pour sauver la planète

En 2003, fut signée la Global e-Sustainability Initiative (GeSI), ou «Initiative globale pour la e-durabilité» entre le PNUE, l'Union internationale des télécommunications, le WWF et de nombreuses entreprises, parmi lesquelles AT&T, Bell Canada, British Telecom ou Deutsche Telekom, dans le cadre de la préparation du Sommet mondial sur la société de l'information. Le document met en avant l'imminence d'une transition majeure, le passage d'un âge industriel à un âge «de la connais-

sance» (*knowledge age*). Les signataires proposent la mise en place d'un ensemble de sessions de travail sur les liens des TIC avec l'usage de l'énergie, des matériaux, des terres, les déchets électroniques, les transports, etc. On aurait tendance à applaudir des deux mains.

En 2005, une étude du WWF réalisée avec l'ETNO (European Telecommunication Network Operator's Association, l'association qui regroupe les principaux opérateurs à Bruxelles), intitulée *Saving the Climate at the Speed of the Light*, situait la contribution possible des TIC autour de 15 à 30 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020. Ce résultat pourrait être obtenu en deux temps: un premier permet d'économiser 50 millions de tonnes de CO₂ par le biais de nouveaux services (tels que le télétravail, la dématérialisation des échanges, les rencontres virtuelles) et de réglementations diverses; un second temps permet d'accélérer le mouvement en passant à un niveau « systémique ». Au final le secteur des TIC promet de faire économiser dix fois sa propre empreinte!

Le secteur n'offre certes pas de *killer application* (« le logiciel qui tue », c'est-à-dire qui résout tous les problèmes d'un coup) contre les changements climatiques, mais une multitude de solutions qui, mises bout à bout, permettraient de réduire massivement les émissions. Grâce aux TIC, tout deviendrait « intelligent », comme le montre un autre rapport du WWF, daté de 2008, qui égrène les dix stratégies qui conduiraient à réduire « le premier milliard de tonnes de CO₂⁸² » – dont un quart des émissions de l'Union européenne! Ces stratégies sont les suivantes: planification « intelligente » des villes (usage de logiciels intégrant les impacts CO₂); bâtiments intelligents (détecteurs, sondes, régulation, etc.); appareils électriques intelligents (charge optimisée, veilles

réduites à zéro); services dématérialisés (gouvernement électronique et autres réductions de consommation de papier); optimisation des procédés (management); industrie intelligente (optimisation de l'usage de l'énergie); réseaux intelligents (production accordée à la demande et contrôle à distance permettant de lisser les pointes); énergies renouvelables intégrées (production intermittente et décentralisée); télétravail et optimisation des transports collectifs.

Le rapport *SMART 2020*, déjà cité plusieurs fois, donne des chiffres de même ordre de grandeur, avec à la clé une économie d'énergie estimée à près de huit milliards de tonnes de CO₂, soit 15 % des émissions globales. Les TIC apporteront de «l'intelligence», avec cinq fonctions principales: la standardisation (généralisation des meilleures techniques), le contrôle (de l'usage de l'énergie, etc.), l'information (la comptabilité matière et énergie), l'innovation (nouvelles manières de se déplacer, d'habiter, etc.) et la transformation de la manière de gérer les réseaux, notamment les réseaux de transport de l'énergie, appelés à accueillir toujours plus d'énergies renouvelables (solaire, éolien, etc.). Ces arguments sont repris et développés par les autorités publiques, avec toutefois un peu plus de modération. Du côté français, par exemple, on estime que les TIC pourraient permettre d'économiser de une à quatre fois leurs propres émissions de gaz à effet de serre⁸³. Les solutions citées sont le télétravail, les réunions à distance, l'optimisation des transports et déplacements, l'e-commerce et les achats en ligne, la dématérialisation des procédures administratives, la régulation de l'énergie dans les bâtiments et les réseaux électriques intelligents. La stratégie européenne de développement durable⁸⁴ voit aussi dans les TIC un moyen efficace possible pour contribuer à

l'inclusion sociale, à une meilleure gouvernance, un meilleur accès à l'éducation dans les zones éloignées, une meilleure combinaison du travail et de la vie de famille, etc. Cette « croissance verte » est vue comme un moyen de sortie de crise, jusqu'au Premier ministre d'alors François Fillon, qui déclara en 2009 qu'elle offrait la possibilité de « faire du développement durable une chance et non une contrainte⁸⁵ ». Dans cette dynamique, les filières les plus fréquemment citées sont l'énergie solaire ou l'isolation des bâtiments, mais les TIC occupent aussi une position de choix.

Tout semble donc aller pour le mieux dans le meilleur des mondes... S'il y a unanimité, pourquoi encore chercher à porter une réflexion critique? Parce que, comme nous allons le voir, les choses ne sont pas aussi roses qu'on essaie de nous le faire croire...

L'apport des études sectorielles ou thématiques

Les solutions proposées par ces divers scénarios reposent essentiellement sur des phénomènes de substitution: un usage « léger » en ressources remplace un usage « lourd », par exemple la vidéoconférence remplace l'avion. Est-ce si simple? Pas vraiment. Prenons quelques exemples.

Audio et vidéoconférences

Comment ne pas être séduit? Il suffirait de remplacer les déplacements en avion par des réunions virtuelles, qui produisent au moins cinq fois moins d'émissions de CO₂. Ces résultats prometteurs doivent toutefois être minorés dès que l'on s'intéresse d'un peu plus près au problème. Le Wuppertal Institute, dans une étude déjà

ancienne⁸⁶, avait pointé une objection importante : l'audio ou vidéoconférence n'encourage-t-elle pas les échanges ? Peut-elle vraiment « remplacer » la rencontre physique ?

Tout tient donc à la définition de la « fonction sociale », qui n'est pas aussi évidente qu'elle en a l'air. Que la vidéo ne remplace pas exactement les réunions physiques est attesté par la diversité de l'offre disponible, côté services, qui va de la réunion sur Skype à des systèmes de téléprésence à plusieurs centaines de milliers d'euros. Le rapport *TIC et développement durable* note que ce dernier coût constitue un « frein à la popularisation du système⁸⁷ »... en effet ! La qualité du service, son coût, et le fait qu'il vienne éventuellement en complément du déplacement physique, et non en remplacement, sont des éléments déterminants pour évaluer l'intérêt de la solution. Et pourtant aucune des études citées ne fait sérieusement le lien de l'un à l'autre.

D'autant que la relation qui prévaut jusqu'ici, dans la littérature académique, entre les télécommunications et le transport, ce n'est pas la substitution, mais la relation de complémentarité. Les études historiques soutiennent en effet que les technologies de l'information antérieures ont engendré à la fois plus de communication et plus de déplacements⁸⁸. La charge de la preuve devrait donc logiquement porter sur ceux qui soutiennent que les TIC seraient les premières à provoquer une rupture. Et bien non : malgré ce constat, bien connu des spécialistes du domaine, aucun des rapports ne se donne la peine d'expliquer pourquoi les TIC briseraient cette tendance séculaire !

E-commerce

Là encore, l'idée est simple, intuitive : acheter sans se déplacer de chez soi permet des économies d'énergie... C'est d'ailleurs ce « gros bon sens » qui fait le caractère séduisant des études citées. Le rapport *SMART 2020* entrevoit un gain énorme de 30 millions de tonnes de CO₂ grâce à l'e-commerce.

Les études détaillées conduisent pourtant à modérer fortement cet enthousiasme. L'une d'entre elles, réalisée en 2003 par Klaus Fichter, chercheur à l'université d'Oldenburg, et portant sur trois situations, concluait d'une part que les gains sont très variables selon le type de produit échangé, et d'autre part que ces gains ne peuvent être que marginaux. Pour le secteur de la vente d'ordinateurs, les gains seraient de 3 à 11 %⁸⁹. La solution serait gagnante-gagnante, car le constructeur a intérêt à s'y mettre du point de vue financier. Et c'est en effet le choix que certains constructeurs ont fait, à l'exemple de Dell, pour des raisons qui n'ont rien à voir avec la question écologique. Ce que l'on appelle parfois la « désintermédiation » (le fabricant vend au consommateur final, sans intermédiaire) a provoqué la fermeture du célèbre magasin Surcouf, à Paris, et menace les librairies. Et les effets négatifs de cette tendance, sur le plan écologique, ne se sont pas fait attendre : c'est au service d'une hausse de la production qu'a été dépensé ce gain économique...

D'autre part, les contextes sociaux sont facilement négligés dans les différentes études sur le sujet. Une étude Estia-Via, réalisée en 2007 pour l'enseigne Telemarket, et portant sur les préférences des Français pour leurs achats quotidiens, en est un bon exemple. La livraison par Internet y arrivait en effet largement en tête (plébiscitant ainsi l'entreprise commanditaire de l'étude!),

mais les biais y étaient nombreux : le scénario d'achat de proximité, pourtant très fréquent, était mis de côté ; les consommations des TIC étaient comptées comme nulles ; la livraison n'était considérée qu'en milieu urbain dense ; les conséquences sociales d'une disparition du marché en tant que lieu de vie ne semblaient pas avoir intéressé les auteurs de l'étude. L'ambiguïté de la fonction sociale de lieux tels que le marché rend difficile la mise en évidence de déplacements évités. Une étude déjà ancienne de l'Ademe montrait en effet que le modèle le moins consommateur n'est pas l'achat en ligne mais... l'épicerie de proximité !

C'est en raison du trop grand nombre de variables à prendre en compte que les gains en énergie sont impossibles à mettre en évidence, explique l'étude de Klaus Fichter⁹⁰. Une étude finlandaise montre de son côté que des gains sont possibles si l'achat en ligne est combiné avec une livraison à domicile. Mais cette étude est elle aussi truffée de biais : elle ne prend pas en compte le fait que certains déplacements peuvent être combinés (en allant au travail par exemple), elle ignore les gens qui n'ont pas de voiture, ne tient pas compte de la consommation des TIC ni de la consommation des boîtes de réception réfrigérées qui doivent être installées devant les maisons, car sans cela la tournée n'est pas optimisable et les gains espérés se transforment en pertes...

En réalité, les gains ne semblent nets que dans le cas d'un produit « peu lourd et facilement livrable⁹¹ ». Ceci convient parfaitement dans le cas d'une économie basée sur « l'information ». Mais est-ce vraiment dans cette direction que nous nous dirigeons ? On peut en douter. Nous utilisons toujours des voitures, des maisons, etc. L'étude BIO IS conclut très sagement qu'en matière d'e-commerce, tout ce qu'on peut conclure, c'est qu'on ne

peut rien conclure – et cela principalement en raison des complexités sociales.

Transports

Le rapport *TIC et développement durable*, rédigé en 2008 conjointement par le CGEDD⁹² et le CGTI⁹³, mettait ses espoirs dans l'optimisation des transports et des déplacements. Il insistait sur quatre secteurs prometteurs :

- La rationalisation des transports publics et la facilitation de leur utilisation – multimodalité ;
- L'optimisation de la logistique des transports de marchandises ;
- La mutualisation des moyens de transport individuels ;
- Les aides à l'éco-conduite, de type GPS⁹⁴.

Face à ces conclusions, il est utile de citer les travaux du chercheur Javier Gomez, dont la thèse consacrée au sujet rappelle qu'il existe une divergence très forte entre la littérature académique d'un côté, et les politiques publiques et les argumentaires des entreprises de l'autre⁹⁵. Pour les premiers cités, aucune des solutions avancées dans le rapport susmentionné ne conduit à une réduction des déplacements : on sait au contraire depuis longtemps que des solutions de ce type permettent seulement d'optimiser les flux, et par conséquent de créer de la place sur les routes, provoquant un appel d'air qui amène finalement des voitures et des déplacements supplémentaires. Mais du côté des politiques publiques et des entreprises, tout se passe comme si on voulait croire à un miracle, ou comme si on voulait absolument se refuser à adopter un point de vue moins étroit sur le problème. Il suffirait, dans leur logique, d'imaginer les produits et services qu'il serait possible de mettre à disposition des usagers, et ces derniers s'organiseraient

ensuite seuls... On mesure ici comme ailleurs les limites d'études très sectorielles mal informées sur les dynamiques à l'œuvre dans d'autres secteurs.

E-learning, e-paper, e-book, e-administration...

Dans ce domaine encore, le discours dominant s'appuie sur une série d'assertions qui semblent couler de source: un support numérique « dématérialisé » n'est-il pas « plus écologique » qu'un livre papier, à coup sûr responsable du sacrifice de la forêt amazonienne ? Qui veut tuer les arbres ?

De nombreuses études, dont celle déjà ancienne réalisée en 2002 par Horace Herring et Robin Roy, accréditent cette idée: l'éducation à distance permettrait de réduire l'usage de papier de 90 %, et donc de préserver l'environnement⁹⁶. En réalité le gain est nul, à cause des consommations indirectement induites, comme l'impression à domicile... Le rapport *SMART 2020* annonçait pour sa part un gain de vingt millions de tonnes de CO₂ par la dématérialisation des contenus multimédias (CD et DVD). Mais rien n'est vraiment démontré. Encore une fois, on compare des situations peu comparables: un lecteur CD contient un seul disque, un lecteur mp3 en contient des centaines; les usages sont nécessairement très différents.

Quid du livre ? *SMART 2020* annonçait dans ce secteur un gain de 70 millions de tonnes de CO₂ au niveau mondial, grâce au *e-paper*. Pourtant, lire un livre dans une bibliothèque est, de l'avis de tous, l'activité la moins coûteuse sur le plan énergétique⁹⁷. Une étude montre que lire un journal consomme autant d'énergie que regarder trois heures de télévision. On peut même considérer qu'à partir de 50 pages lues sur écran, mieux vaut lire sur papier⁹⁸. L'étude BIO IS pour l'Ademe montre

que si le temps de lecture du document n'excède pas deux à trois minutes par page, la lecture à l'écran est celle qui a le moins d'impact sur le changement climatique. Au-delà, éteindre l'ordinateur et imprimer le document en noir et blanc, recto verso et deux pages par feuille devient préférable pour réduire les émissions... Il n'y a donc pas d'avantage évident. Le papier continue d'avoir un argument de poids, en plus : il est entièrement réalisé en ressources renouvelables ! Doit-on aller de plus en plus vers des ressources épuisables sous prétexte d'épargner des ressources renouvelables ? Ou ne fait-on que repousser le problème ? Il semble en tout cas un peu léger de ne pas s'intéresser à cet aspect des choses.

Le rapport BIO IS explore plusieurs autres pistes, et aucune d'entre elles ne semble de taille à provoquer le « découplage » tant attendu. Le découplage, concept utilisé par un rapport du PNUE en 2011⁹⁹, consiste à séparer la consommation des ressources naturelles et son impact sur l'environnement. Il s'agit de « réduire le taux d'utilisation des ressources par unité d'activité économique », c'est-à-dire de viser à un rendement économique identique tout en utilisant moins de matières premières. Les solutions étudiées par le rapport BIO IS restent souvent problématiques, même si certaines permettraient d'économiser plusieurs millions de tonnes de CO₂ : c'est par exemple le cas pour les tickets électroniques (*e-ticketing*), notamment sur téléphone portable (0,2 million de tonnes équivalent pétrole), les tickets de cinéma et de train, la musique à télécharger, etc. L'un des seuls exemples qui ne soit pas ambigu est la déclaration d'impôts en ligne : BIO IS estime ici la quantité de papier économisé à 30 000 tonnes (dont on considère qu'il est recyclé à 60 %, enfoui à 30 % et incinéré à

10 %, selon la moyenne européenne). Il s'agit ici du cas le plus favorable, quand les TIC servent à échanger des données pures, dématérialisées. Reste à savoir si la télédéclaration présentera, dans le temps et au gré des régimes politiques, la même fiabilité que le papier...

Conséquences sociales : le cas du télétravail

L'étude BIO IS, tout comme le rapport du CGEDD-CGTI, fait du télétravail l'un des postes de gain les plus importants : il permettrait de réaliser 70 % des économies totales possibles pour la dématérialisation, le reste étant pour l'essentiel réalisé par les vidéoconférences. En 2012, le cabinet de conseil Greenworking, spécialisé dans le domaine, estimait que la France comptait 12,4 % de télétravailleurs, contre 9 % en 2010 (cela reste bien plus modeste que dans les pays anglo-saxons et scandinaves, où la part du télétravail tourne autour de 20 à 30 %) ¹⁰⁰. Travailler à distance, moins se déplacer : l'idée semble évidente, encore une fois. C'est du bon sens. La réalité est pourtant bien différente.

Évaluer le potentiel du télétravail n'est pas sans difficultés, tout d'abord. Un premier obstacle apparaît avec la définition même du télétravail : « Le télétravail est une forme d'organisation et/ou de réalisation du travail, utilisant les technologies de l'information, dans le cadre d'un contrat ou d'une relation d'emploi, dans laquelle un travail, qui aurait également pu être réalisé dans les locaux de l'employeur, est effectué hors de ces locaux de façon régulière ¹⁰¹. » Cette définition, on le voit, ne parle même pas d'*éviter* des déplacements, il s'agit plutôt de définir les droits des salariés et celui des employeurs quand l'un et l'autre se trouvent éloignés de leur lieu de

travail. Un enseignant qui corrige des copies chez lui est-il un télétravailleur? La question est moins triviale qu'elle n'en a l'air dès lors que l'on ajoute que l'enseignant peut entrer dans le système d'information de son établissement pour y déposer les notes. Elle devient encore plus complexe lorsqu'on se rend compte que le télétravail concerne aussi diverses solutions d'externalisation des tâches (traitement des factures, standard téléphonique, etc.) dont les liens avec le transport évité – ou augmenté – deviennent extrêmement ténus. La définition ordinaire du télétravail n'a pas beaucoup de liens avec le *commuting* (désignant les allées et venues des travailleurs de leur habitat à leur lieu de travail), que l'on cherche à éviter.

Nonobstant les confusions induites par le terme « télétravail », les études ont pris le problème dans un autre sens : elles ont cherché à déterminer les activités donnant lieu à *commuting* et pouvant être totalement ou en partie remplacées par des activités à domicile. Mais alors on s'aperçoit que les analystes tendent à faire de leur propre cas une généralité. Pour un grand nombre de métiers, en effet, cette idée n'a aucun sens, ainsi le bâtiment ou l'industrie. Seules les activités de manipulation de symboles peuvent être concernées. Cela toucherait, toujours selon le rapport BIO IS, 30 % des emplois en France, au maximum. Sachant que le *commuting* ne concerne que 20 % des activités de transport, deux jours télétravaillés par semaine concerneraient 2,4 % du transport total. On reste loin d'un désengorgement massif des routes. La flambée des prix du pétrole en 2008 a produit un effet du même ordre de grandeur : une baisse de 2 % des distances parcourues ! D'autant que le chiffre avancé est vraiment un maximum : d'après l'étude déjà mentionnée du Wuppertal Institute, le télétravail n'avait, au

début des années 2000, un impact que sur 0,1 % du trafic, au maximum¹⁰² – et cela dans des pays pourtant très tertiariés!

L'effet positif n'est donc pas encore garanti. Un certain nombre d'autres conditions doivent être remplies, notamment le fait que les consommations générées à domicile ne soient pas supérieures à celles provoquées sur le lieu de travail. Ne pas se déplacer engendre en effet un gain de temps, mais comment celui-ci va-t-il être utilisé? L'efficacité de la mesure en dépend.

Le SusTel Project (pour *sustainable telework*, « télétravail durable »), lancé en 2002 et financé en partie par la Commission européenne, a proposé 30 cas d'étude sur le sujet¹⁰³, parmi lesquels celui de British Telecom, qui est le plus connu. La firme aurait, d'après les résultats obtenus, réussi à réduire massivement ses émissions grâce au télétravail. Mais quand on regarde dans le détail le cas de British Telecom, et les différentes enquêtes afférentes qui ont été menées par la même équipe pour évaluer l'expérience, plusieurs enseignements apparaissent clairement :

- Tout d'abord, British Telecom a entrepris cette expérience sans le moindre souci écologique. C'était d'abord une stratégie économique : économiser les loyers des bureaux, notamment.
- Cette stratégie a payé, financièrement : le télétravail réduit l'absentéisme (en particulier celui lié aux congés maladie), accroît le temps de travail et la productivité, réduit les déplacements professionnels. En moyenne, 69 % des répondants pensent que leur temps de travail a augmenté, 29 % qu'il est resté le même. L'augmentation de travail est estimée à plus de neuf heures par semaine par 45 % des répondants, plus de quinze heures pour 13 % des répondants, et

10% estiment que ça n'a rien changé¹⁰⁴. L'étude de 2006 confirme cette tendance. Le temps de *commuting* (deux heures par jour) est un temps « libéré » qui est d'abord partagé entre temps domestique et temps professionnel, puis le temps professionnel augmente : 86 % du temps libéré est tout ou partie utilisé pour travailler davantage ! On comprend que British Telecom soit ravi.

- Les résultats en terme de déplacements évités sont totalement incertains. On ne sait rien des déplacements antérieurs des *e-workers*. Tout repose donc sur le déclaratif de personnes prises dans un dispositif dont l'enjeu principal n'était pas d'éviter des déplacements, mais de libérer de la surface de bureau et de parking. En dépit de toutes les imprécisions, 27 % des déclarants pensent que le télétravail leur a permis de réduire leurs déplacements professionnels, 13 % que cela les a fait augmenter, 59 % qu'ils sont restés les mêmes. On ne peut pas dire que l'effet soit flagrant.
- Ces résultats sont fragiles, et dépendent fortement du climat de confiance dans l'entreprise. Dans l'exemple de British Telecom, ce sont des cadres qui sont visés, des salariés jouissant déjà d'une forte autonomie et d'une grande reconnaissance dans l'entreprise. De plus, cette entreprise appartient à un secteur qui était encore florissant au moment de l'enquête. Les résultats seront-ils les mêmes dans un secteur en crise ? Avec une population peu diplômée, peu reconnue, regardée avec méfiance par la hiérarchie ? On peut sérieusement en douter. Au contraire, le risque est de reconduire le modèle du travail à domicile façon XIX^e siècle, sans aucun contrôle sur les horaires, et aucun moyen de défendre ses droits !

Plus généralement, ce qui frappe dans ces différents exemples, c'est la légèreté avec laquelle sont traitées les conséquences pour le citoyen (dans le cas des études produites par les autorités publiques) et le consommateur (dans le cas des études produites par les entreprises). Les exemples sont innombrables :

- Les solutions proposées ne tiennent pas compte des coûts induits chez l'utilisateur final, alors que ces coûts sont étudiés à la loupe par les entreprises et les autorités publiques quand ce sont elles qui doivent payer. Ce qui est jugé acceptable pour le citoyen (dépenser un peu plus pour protéger la planète) est jugé totalement inacceptable quand il s'agit des entreprises et des autorités publiques ;
- Les gros acteurs sont très prompts à critiquer toutes sortes d'obstacles techniques, réglementaires, etc., et pointent même du doigt le droit du travail, sans bien sûr se demander si ces « obstacles » ne sont pas des droits qui permettent à d'autres de vivre. C'est un regard partisan, et non simplement « technique ».

Le rôle déterminant de l'« effet rebond »

La plupart des solutions de substitution qui viennent d'être présentées, télétravail et autres, sont dites *win-win*, au sens où elles permettent en théorie de cumuler des gains économiques et des gains écologiques. Ce raisonnement présente plusieurs faiblesses, qui tournent toutes autour de ce que l'on appelle l'effet rebond.

La question est bien connue, pour qui s'y intéresse, puisque l'expression est tirée de *The Coal Question*, le célèbre ouvrage de Stanley Jevons, publié en 1865, qui traitait de l'épuisement possible du charbon. L'auteur y

montrait qu'un usage plus efficace d'un produit engendrait une baisse de son coût, qui à son tour provoquait une augmentation de la demande... En 2009, dans un article de la revue *Terminal*, Fabrice Flipo et Cédric Gosart ont listé deux formes « d'effet rebond » : la baisse des coûts liée à un moindre usage de matières premières, permettant aux usagers d'acheter plus de produits, à coût égal ; et la réaffectation de ces gains monétaires ou temporels (comme dans le cas du télétravail) à des activités consommatrices de ressources¹⁰⁵. Nous faisons face à une situation où les équipements sont plus verts, mais plus nombreux, en somme. Dans ces différents cas, le gain économique se trouve en contradiction avec le gain écologique.

Le rapport *SMART 2020*, déjà largement cité, et qui est le plus optimiste sur les capacités des TIC à répondre au défi écologique, reconnaît le problème mais botte en touche : « Les TIC peuvent améliorer l'efficacité et cela conduira à une réduction des émissions. Mais la prévention de l'effet rebond implique l'existence d'un cadre maintenant les émissions dans des limites données, à l'exemple du marché de permis de carbone, de manière à encourager la transition vers une économie à faible teneur en carbone. Sans ces contraintes il n'y a aucune garantie que les gains en efficacité ne conduiront pas à des émissions accrues¹⁰⁶. » Or quelle a été, jusqu'ici, l'efficacité de tels « permis » ? Les émissions ne cessent de croître et le marché de carbone, en Europe, là où il est le mieux mis en œuvre, est à ce jour plus proche de l'échec que de la réussite.

Les solutions proposées ne prennent pas au sérieux l'avertissement du WWF, qui soutenait dans ses rapports que les potentiels ne seraient pas atteints si ses « trois lois du *Green IT* » n'étaient pas respectées. Ces trois « lois » sont les suivantes :

- Les solutions «durables» ne peuvent être mises en place que si elles cherchent à réduire les émissions de CO₂, tout autre but conduirait à de tout autres résultats;
- Ces décisions nécessitent une certaine volonté des gouvernements et des entreprises, en raison notamment de la peur de perdre de l'influence et de l'argent;
- Le fait que, pour chaque «solution», il existe un contre, effet qui peut renforcer ou dégrader le passage vers une société à faible contenu en carbone.

C'est en effet ce que nous avons trouvé. Le potentiel existe bien, mais il existe des conditions pour aller le chercher. Et ces conditions ouvrent à leur tour un débat sur les priorités, à commencer par celui qui se demande si la «solution TIC» est vraiment la meilleure. Débat que des scénarios techniques et sectoriels ont d'emblée écarté, préférant se baser sur des comparaisons qui, du point de vue social, sont très artificielles.

Une partie des réductions annoncées sont ou seront donc obtenues, en effet : celles qui sont largement compatibles avec le développement du secteur selon une logique économique classique. Quelle firme renoncerait, en effet, à l'usage massif de ses produits pour coordonner les transports publics ou réguler le trafic ? Aucune, aussi mobilisée soit-elle sur la question écologique.

Ce constat n'a pas pour but de minorer les actions qui sont entreprises et qui n'ont que l'écologie pour but. Mais comme le soulignent divers rapports, le potentiel dépend directement de l'engagement des acteurs en faveur de l'écologie ; ne voir dans le *Green IT* qu'un argument de vente de plus, surfant sur la mode de l'écologie, ne permettrait pas d'atteindre les objectifs vantés. En supposant que ces derniers soient bons !

Le risque serait alors de déplacer les problèmes au lieu de les résoudre. Et de fait, un raisonnement qui se contente d'agréger une suite de substitutions unitaires ne peut réellement rendre compte de l'effet global. Comment British Telecom, par exemple, va-t-il investir les gains réalisés par le passage au télétravail? Dans des solutions plus polluantes? Dans sa propre expansion ou la délocalisation de sa pollution? Pour ce qui est des déchets ou des émissions de CO₂, la corrélation avec la croissance du PIB est très stricte: il n'y a pas la moindre dématérialisation en vue.

L'argument du secteur en faveur de sa propre expansion, selon lequel il permet de générer des revenus avec une moindre pollution que d'autres secteurs, tombe donc largement à l'eau. La vraie question, c'est celle de l'évolution vers des *modes de vie* plus durables, autrement dit des modes d'organisation qui sont faiblement consommateurs de ressources, dans leur globalité. Si le secteur ne se soucie pas des effets de report qu'il peut occasionner, il n'a aucune chance d'atteindre les objectifs affichés.

Les raisonnements sectoriels sont biaisés d'une autre manière encore. Ils établissent par exemple leurs calculs sur des périmètres nationaux, alors que nous vivons dans un monde globalisé. Ce faisant, ils excluent les pollutions occasionnées par la fabrication des TIC, puisqu'elles sont généralement fabriquées en Asie. Or l'usage des TIC nécessite bien que ces produits soient fabriqués quelque part! Un tel mode de calcul avantage les pays fortement tertiarisés, par rapport aux pays à dominante primaire et surtout secondaire. Pour autant, le mode de vie des habitants d'un pays à dominante secondaire peut être «plus écologique» que celui d'un pays tertiaire, en particulier sur le plan des émissions de

gaz à effet de serre. La Chine estime ainsi que 30 % de ses émissions sont liées à des activités économiques productrices de valeur d'usage à destination du monde développé... Les raisonnements relatifs, sectoriels ou nationaux ne permettent guère de tirer de conclusion sur l'impact écologique des TIC au sens absolu. Les innovations récompensées par le « prix de la croissance verte numérique » présentent les mêmes ambiguïtés¹⁰⁷. Or seuls les impacts absolus ont un sens, écologiquement parlant. Il faut donc se tourner vers des études agrégées, qui évitent les déplacements, pour essayer de saisir la dynamique globale d'interaction avec la biosphère. Mais de tels travaux sont rares.

Le rapport BIO IS donne quelques indications, en se projetant sur 2020. On constate alors que les gains viennent principalement de l'éclairage et du chauffage, de la ventilation et de la climatisation. Le passage aux ordinateurs portables joue aussi un rôle, mais plus modeste. Ces gains coïncident le plus souvent avec des gains économiques qui peuvent être mis au service d'une production accrue, réduisant encore les gains réels nets. Les TIC permettent de faire ce que les innovations ont toujours permis de faire, dans un passé récent, mais à un coût et avec une ubiquité beaucoup plus importants que les technologies antérieures.

L'Institut pour la prospective technologique (IPTS) propose une autre étude, plus ancienne mais plus complète¹⁰⁸. Elle ne prend pas en compte les déplacements aux frontières mais tente de rendre compte de l'interdépendance des secteurs entre eux. Trois conclusions en émergent :

- Le secteur TIC, en soi, n'est pas le facteur déterminant d'une inflexion des modes de vie. Que les TIC se déploient ou pas, il est possible d'améliorer nos performances en regard des cibles qui sont proposées :

améliorer le recyclage des déchets, réduire les émissions de gaz à effet de serre, etc. Voilà une hypothèse qui n'est jamais sérieusement abordée!

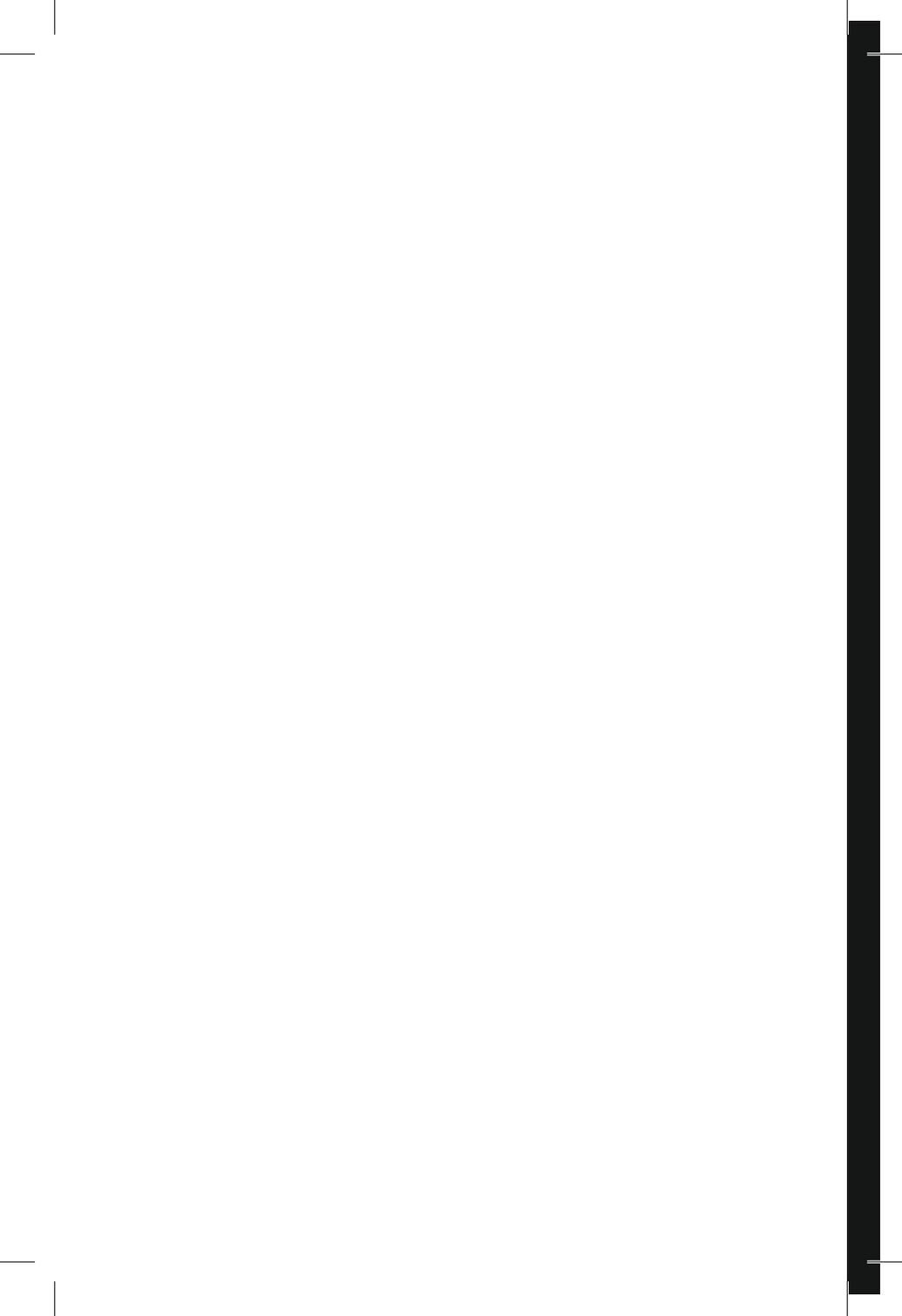
- Un déploiement des TIC peut fort bien conduire à une détérioration de la situation (soit dans près de la moitié des cas, à une dégradation de l'environnement).
- La troisième conclusion, massive, est l'incertitude. L'exemple du fret est intéressant : les émissions de ce secteur pourraient, avec l'usage des TIC, varier d'une baisse de 20 % à une augmentation de 200 %, selon les cas ! Cela prouve que les facteurs déterminants sont ailleurs, c'est-à-dire ni dans le déploiement des TIC ni dans leur non-déploiement. Mais malheureusement le rapport ne détaille pas l'influence relative des facteurs déterminant l'incertitude. C'était pourtant là le point le plus intéressant, car sans cela ce rapport aboutit à des résultats finalement très prévisibles.

Les rapports qui s'en tiennent à un catalogue de solutions techniques ayant théoriquement pour conséquence de réduire les impacts écologiques n'y parviennent qu'en faisant des hypothèses très grossières sur le contexte dans lequel les TIC et le secteur opèrent. Or c'est précisément ce contexte qui déterminera le résultat. En faisant l'impasse sur cette dimension, ils s'interdisent de pouvoir conclure sur des bases assurées. Le rapport BIO IS est le seul, tout en restant un rapport d'ingénieurs, à utiliser des bases de données de type sociologique. Il est aussi celui dont les résultats sont les moins optimistes et les plus incertains – au maximum 500 millions de tonnes de carbone économisées. Hasard ? Certainement pas. Mais ce rapport ne nous en dit guère plus, pourtant, sur ces fameux effets de « mode de vie », ou de « civilisation »

que mentionne Sylvie Faucheux dans son ouvrage *TIC et développement durable*, déjà mentionné plus haut¹⁰⁹.

À l'opposé, le rapport *SMART 2020* exagère systématiquement tout gain théorique possible *via* les TIC, cela parce qu'il passe systématiquement sous silence le contexte économique et social. Il se condamne donc à ignorer pourquoi les téléphones portables, dont l'impact climatique est directement proportionnel à leur durée de vie, ont vu celle-ci fortement réduite, accroissant les émissions de gaz à effet de serre; pourquoi le public, qui se passait fort bien du téléphone portable il y a quinze ans, ne peut plus y échapper; pourquoi les *smartphones*, très consommateurs, chassent les autres modèles; pourquoi les usagers ignorent tout de l'impact écologique des produits qu'ils utilisent, etc. La valeur scientifique d'un tel travail pose donc question.

Du côté des institutions internationales, le constat est partiellement le même. Un rapport du Programme des Nations unies pour l'environnement constate notamment que nous sommes loin d'une économie circulaire, et que la diffusion de toxiques continue¹¹⁰. Mais les recommandations sont à la limite du cocasse: elles passent entièrement par la généralisation des meilleures techniques disponibles dans le monde! Et le rapport énumère ensuite les barrières existant qui empêchent la mise en œuvre d'un tel projet. Que peut-on tirer d'un rapport qui conclut finalement que ce qui devrait être fait devrait être fait, sans jamais tenir compte de ce qui peut effectivement être fait? Est-il réaliste de soutenir que la solution est que tous les pays se développent comme les pays développés? Ne va-t-on pas importer en même temps leur haut niveau de consommation de ressources et de pollution, qui est pourtant le problème qu'on se proposait de résoudre?



**MONDE VIRTUEL,
RESPONSABILITÉS
RÉELLES**

LE CONTEXTE, le contexte, le contexte: combien de fois avons-nous répété ce mot? Que font les entreprises, les associations écologistes, les autorités publiques, les consommateurs? Comment se situent-ils par rapport à la réalité que nous venons de décrire? Quelles sont les logiques à l'œuvre dans la société? Le futur entrevu dans les rapports est-il ou non celui qui se profile, et pourquoi? Il faut aller enquêter, afin d'obtenir une idée plus précise des obstacles qui sont à surmonter.

LES ENTREPRISES : ENTRE *GREENWASHING* ET COMPÉTITIVITÉ

Les fabricants de matériel électronique

Suite à des processus de concentration de la production, les acteurs les plus importants dans chaque domaine sont des firmes multinationales qui suivent des logiques mondialisées de production et qui ont atteint des tailles gigantesques : chiffres d'affaires en milliards d'euros et effectifs en dizaines, voire centaines, de milliers de personnes. Dans le secteur des entreprises de matériels et composants électroniques, on trouve les noms de Siemens, Hitachi, Matsushita, Sony, Philips, Samsung, Intel. Le secteur des équipements et des systèmes informatiques a pour acteurs principaux IBM, Hewlett-Packard, Toshiba, Dell, NEC, Fujitsu, Hon Hai, Apple ou Sun. Enfin, le secteur des matériels et systèmes de communication est dominé par les entreprises comme Nokia, Motorola, Cisco, Ericsson et Alcatel-Lucent. Au-delà de ces noms emblématiques du secteur, il ne faut pas oublier l'existence de très nombreuses sociétés de taille plus réduite, qui sont parfois porteuses d'innovations fortes, notamment du point de vue environnemental, choisissant par exemple des stratégies de focalisation. Enfin, il existe de multiples structures communes à ces sociétés, sous forme par exemple de consortiums ou de syndicats professionnels (parmi lesquelles on peut citer, en France, la Fédération des industries électriques, électroniques et de communication – FIEEC, le Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés – GIMELEC, ou l'Alliance TIC), qui peuvent également

prendre en charge les questions considérées comme non opérationnelles, dont relève généralement la problématique environnementale. C'est le cas par exemple de The Green Grid, The Green Touch ou Climate Savers Computing, plateformes regroupant de nombreux équipementiers ou syndicats de producteurs, mais également des associations environnementalistes comme le WWF.

Le premier principe des équipementiers est de respecter la réglementation. C'est surtout la consommation d'énergie qui est visée, principalement parce qu'elle va de pair avec d'autres objectifs, notamment le nomadisme. L'écoconception est un pas supplémentaire, plus rare. Quand elle est appliquée, elle ne remet pourtant pas en cause le renouvellement fréquent des appareils. Pour nos interlocuteurs, «la durabilité des produits est une stratégie qui est extrêmement rare en terme d'écoconception. Les stratégies de durée de vie des produits plus longue, on les voit plutôt dans le domaine du mobilier, dans le domaine du textile. Dans le secteur électrique, électronique, dans le secteur des TIC, pour être honnête, il y a peu de fabricants qui vont s'amuser à jouer sur la durée de vie de leurs produits et à essayer d'inciter le consommateur à consommer moins¹¹¹». Une étude de l'Ademe concernant la téléphonie mettait ainsi en évidence le rapport de la durée de vie de l'appareil avec la surface de l'écran ; le marché et la conception ont évolué exactement en sens inverse, avec des appareils à faible durée de vie et des écrans de plus en plus grands.

Le discours volontariste adopté par certains équipementiers n'est-il alors que le reflet d'un phénomène d'éco-blanchiment, de *greenwashing*, c'est-à-dire d'opérations de communication qui tentent de valoriser des engagements sociaux ou environnementaux «en dépit de l'absence d'actions à la hauteur de cette communi-

tion¹¹²»? En partie, mais pas seulement. L'un des constructeurs interrogés a ainsi pris des mesures avant-gardistes en ce domaine et s'est assez tôt imposé des conditions et des critères environnementaux dans tous les pays où il est présent, avec vérifications sur place (et éventuellement formation du personnel). Il s'oblige ainsi à atteindre des objectifs en termes de matériaux utilisés et de recyclage. Il réalise également régulièrement des études, dont une début 2009 sur les empreintes carbone de ses principaux fournisseurs. Mais les pratiques de *greenwashing* sont tentantes, dès lors que l'on s'adresse au public et que l'on sait que celui-ci est actuellement perdu entre les différents discours sur la question environnementale.

Les équipementiers reprennent aussi assez volontiers le discours du rapport *SMART 2020*, qui émane d'ailleurs en partie de leurs rangs : « Quand vous cherchez la commodité, par exemple sur un ordinateur portable d'avoir la plus longue autonomie possible sur les batteries, ça vous oblige à avoir la meilleure efficacité dans l'utilisation de cette batterie, donc à trouver les composants qui consomment le moins, à mettre en plus des systèmes de gestion de l'électricité dans le logiciel embarqué. C'est directement lié. La machine qui va bien se vendre, elle sera aussi plus efficace énergétiquement. On a donc cette particularité-là dans notre secteur d'avoir ce couplage entre les performances du produit et ses performances environnementales¹¹³. »

Les revendications de l'industrie dans le cadre européen, au travers de son syndicat (l'EICTA¹¹⁴), témoignent de compromis qui laissent en réalité peu de place à l'environnement :

- La nécessité de limiter les contraintes imposées aux entreprises ;

- La possibilité de laisser aux entreprises le soin de trouver elles-mêmes les meilleurs moyens de ne pas brider la compétitivité des acteurs économiques tout en limitant l'impact de leurs activités sur l'environnement ;
- La nécessité de ne pas brider la flexibilité des entreprises qui leur permet d'innover et d'être plus productives ;
- Laisser le temps pour que les entreprises puissent s'adapter (les délais qui paraissent trop longs aux ONG leur paraissent au contraire trop courts) ;
- L'indispensable internationalisation des contraintes, qui ne doivent pas concerner que les entreprises européennes ;
- La généralisation du programme européen d'efficacité énergétique Energy Star ;
- L'application de la directive RoHS telle qu'elle existe aujourd'hui, sans élargissement à d'autres substances dangereuses que celles déjà incluses dans la directive – à l'opposé de ce que demandent les ONG.

Les tendances « au fil de l'eau » du marché, quand elles vont dans le bon sens, sont mises en avant par les fabricants comme autant de preuves de leur bonne conduite – ainsi la montée en puissance des ordinateurs portables ou ultra-portables. Les exemples inverses, comme par exemple la croissance de la taille des écrans plats et leur multiplication, seraient de la faute des consommateurs. Argument de différenciation de l'offre, la question environnementale est surtout utilisée afin de réduire les coûts. Une pollution est aussi source de gâchis, et celui qui l'évite peut économiser de l'argent tout en soulageant sa conscience écologique¹¹⁵. Ceci explique que le caractère vert soit très fortement axé sur

les économies d'énergie (facilement mesurables) ou, dans une moindre mesure, sur les aspects matériels, notamment lorsqu'ils sont visibles par le consommateur. Le reste est relégué au second plan.

Les distributeurs

Les fabricants sont rarement en contact direct avec les particuliers, qui sont les clients finaux : les distributeurs assurent l'interface. À ce titre, ils jouent un rôle clé dans la promotion des biens et des services.

Le cas du téléphone portable est instructif sur l'évolution de ce secteur à de multiples égards. Au 31 mars 2013, l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ARCEP) recensait en France 73,7 millions d'abonnements actifs à un réseau mobile (contre 69,5 au premier trimestre 2012), pour une population équipée à plus de 80 % (l'écart s'explique par le multiéquipement)¹¹⁶. Les services sont encore facturés principalement par trois opérateurs (Orange, SFR et Bouygues), mais la situation a considérablement évolué avec l'arrivée récente de nouveaux acteurs sur le marché. Au premier trimestre 2013, la répartition était la suivante : Orange à 37 %, SFR à 29 %, Bouygues à 15 %, Free Mobile à 8 %, et les MVNO (*Mobile Virtual Network Operators*, « opérateurs mobiles virtuels »), à 11 %¹¹⁷. Les MVNO, apparus récemment, Virgin Mobile, La Poste, Lebara, etc., sont des vendeurs de services qui louent l'infrastructure à un des trois opérateurs « historiques », en leur achetant par exemple des minutes en gros. Ils sont en progression régulière, puisque leur part de marché était inférieure à 5 % en 2008 et est passée à 9 % en 2011, mais ils conservent cependant en France une place moins

importante que dans d'autres pays européens. Free Mobile est également apparu récemment et a restructuré le marché en à peine une année, notamment en proposant de nombreuses formules d'abonnement *low-cost* et sans engagement.

Dans ce secteur, le discours qui domine est chargé d'un *a priori* très positif des opérateurs au sujet de leur contribution potentielle à la résolution des questions environnementales. Le préambule de la charte de la Fédération française des télécoms souligne ainsi que la forte croissance de la consommation électrique des TIC en France est due à l'explosion des usages (donc aux utilisateurs) et non pas aux performances intrinsèques des équipements, qui s'améliorent globalement, et donc « font leur part ». Que les nouveaux services augmentent considérablement la demande d'énergie faite aux serveurs – ce qui était un point faible de l'argumentation – est réinterprété comme un coût nécessaire à consentir pour des gains beaucoup plus élevés, même si les documents restent généralement très discrets sur les conséquences énergétiques réelles d'une généralisation des services multimédias imaginés.

La mobilisation n'est donc pas à la hauteur de ce qui est mis en avant dans des rapports tels que *SMART 2020*. Il y a bien des efforts de faits, mais ils ne remettent pas en cause la logique générale qui est de réussir à vendre toujours plus de produits, capter des parts de marché, et pour cela parvenir à obtenir l'attention d'acheteurs potentiels pour qu'ils consentent à dépenser de l'argent dans le produit qui est proposé. Peu importe, finalement, que les écrans se multiplient ; le sentiment est que cette évolution relève des choix du consommateur, sans que les vendeurs ne se demandent si ledit consommateur a bien tous les éléments en main pour juger. À quoi

servent-ils, ces vendeurs, sinon à vendre? Il leur serait facile, théoriquement, de vendre moins, et de répondre ainsi à la demande des mouvements qui sont les plus critiques de la société de consommation. Mais on voit aussi que ce serait une remise en cause extrêmement profonde, touchant à leur raison d'être...

Le « libre choix » du consommateur

On le voit, fabricants et distributeurs tendent à faire du consommateur l'acteur principal d'une transition «verte». Après tout, le consommateur ne peut-il pas exprimer son choix sur le marché, qui est le lieu démocratique de la formation des besoins? C'est ce que soutiennent les libéraux, mais aussi les courants marxistes, en abordant la question de la consommation comme une problématique individuelle. Luc Ferry, dans son fameux pamphlet dénonçant la menace d'un «nouvel ordre écologique», l'avait aussi affirmé: l'écologie démocratique, c'est celle qui passe par le marché, qui ne manquera pas de s'adapter à la nouvelle demande de produits écologiques. La Commission européenne ne dit pas autre chose: offrons des produits verts et la transition se fera, puisque les sondages démontrent l'existence d'un intérêt pour l'environnement de la part des consommateurs.

Cette représentation des choses fait totalement l'impasse sur la situation réelle du consommateur, et le fait qu'il soit pris dans les dynamiques à l'œuvre dans une «économie de réseau». Elle méconnaît ce que disent les ouvrages de base dans ce domaine. Une économie de réseau ne connaît pas l'évolution linéaire tenue pour caractéristique de l'économie: l'offreur propose un ser-

vice, il est progressivement adopté et la production suit l'augmentation régulière jusqu'à saturation et stabilisation dans un marché « de renouvellement ». Dans les marchés de réseau il existe en effet un coût d'investissement très important au départ, puis un effet de seuil et au-delà de la masse critique, une avalanche de demandes jusqu'à saturation. Ceci explique qu'en matière de téléphonie, par exemple, tout se soit passé très vite.

Le problème des opérateurs et des fournisseurs de services est donc bien différent de celui décrit par l'économie de marché classique. Il implique successivement de :

- Lever des fonds suffisamment élevés pour investir dans des infrastructures qui dans un premier temps ne fournissent pas de services avantageux, du fait d'un effet de seuil faible, et sont donc fortement déficitaires – d'où bien souvent le recours à du financement public, comme par exemple sur la fibre optique, et le fait que les centres urbains soient les premiers foyers de déploiement (leur densité supérieure permet l'émergence d'un effet de seuil rapide à moindre coût). Par contre, tous les opérateurs se renvoient la balle en ce qui concerne le financement des zones isolées et du « dernier kilomètre », cher et peu rentable ;
- Assurer un service qui suive la montée en puissance, en particulier gérer les coûts croissants d'aiguillage des données dans les infrastructures, afin de ne pas générer la déconnexion des *early adopters*, ce qui compromettrait l'avenir du réseau tout entier. Les *early adopters* peuvent être définis comme des individus ayant pour habitude « d'acheter quasiment systématiquement les nouveaux produits dans une catégorie de produits donnée ¹¹⁸ ». Ce petit groupe joue un rôle pivot pour faire basculer le reste de la

société (il s'agit de ceux qui patientent des heures devant les boutiques pour avoir leur iPhone 5 au plus vite, par exemple...);

- Gérer l'avalanche de demandes qui suit immédiatement le passage du point de retournement instable qui se situe entre les deux points stables d'un état de pénurie et d'un état d'abondance, ce point étant difficile à anticiper de manière précise dans le temps ;
- Trouver des modèles de facturation qui assurent une rentabilité suffisante, en lissant la consommation et en tenant compte de l'acceptabilité. L'équilibre n'est pas facile à trouver car les coûts fixes sont souvent élevés – d'où ce « monopole naturel » justifiant l'intervention publique par l'impôt – et le degré d'acceptabilité des clients – qui ne voient pas cet investissement –, n'est pas toujours très élevé. Une partie des discussions sur la gratuité d'Internet relève de cette problématique.

Les coûts élevés étant d'autant mieux amortis que le trafic est dense, une fois l'investissement consenti, tous les acteurs y compris l'État ont intérêt à augmenter le trafic et à maximiser l'usage des infrastructures, ce qui peut inciter à subventionner grassement les *early adopters*.

Ces caractéristiques d'une économie de réseau ont un grand poids sur les politiques qui sont conduites pour faire évoluer la demande. Sont considérés comme étant des facteurs clés les points suivants : la vitesse de développement du nouveau réseau, les conditions de migration – ou « comment tuer l'ancien service¹¹⁹ » –, le marketing du nouveau par rapport à l'ancien, l'efficacité du réseau et la réponse aux attentes des usagers, la vitesse de mise en œuvre des services supplémentaires et la réutilisation au maximum de l'existant. Un nouveau

réseau se substitue rarement à un ancien réseau, dans un premier temps. Néanmoins, un réseau tend quand même à chasser l'autre car c'est une stratégie délibérée des opérateurs publics ou privés de pousser les usagers à migrer de l'un vers l'autre pour éviter d'avoir à financer l'entretien simultané de deux infrastructures.

Les énormes investissements auxquels il faut consentir pour être en mesure d'ouvrir un marché, conjugués à la période d'incertitude dans laquelle le secteur se trouve, conduisent les opérateurs à multiplier les discours prophétiques destinés à donner confiance au consommateur. En attendant l'effet de seuil, ils doivent aussi préserver leurs arrières, le SMS par exemple, qui reste la vache à lait à ne pas tuer. Il faut amener les consommateurs vers de nouveaux services qui seront susceptibles de rentabiliser les investissements consentis. Ou alors arriver à reporter les investissements sur l'État – en justifiant par exemple qu'on est « *too big to fail* ». Le multimédia est un marché de l'offre. Pierre Bourdon, alors directeur général chez SFR, l'affirmait déjà il y a plusieurs années : il y a un marché « à inventer », et il faut pour cela « accompagner le client ¹²⁰ ». D'où l'importance pour les entreprises d'identifier des *early adopters* et de les « investir » en leur accordant toutes sortes d'avantages – versions « bêta » ou « premium », etc. – afin d'atteindre le seuil critique.

Celui qui arrivera à inspirer confiance, à avoir le *leadership*, à entraîner les clients, réussira à provoquer l'effet de seuil attendu, à déclencher des « prophéties autoréalisatrices ¹²¹ » – et l'avenir qu'il a prédit se réalisera. Qu'il échoue et l'on dira, *a posteriori*, que la stratégie était mauvaise. Le charisme joue un rôle extrêmement important ici, et l'on comprend pourquoi existent des personnages tels Steve Jobs. Les acteurs du marché

en ont besoin car ils se trouvent dans une incertitude radicale. Le rôle de la « mise en récit » (*storytelling*) est très important. Le marketing ici est vu comme un instrument d'éducation : il s'agit d'éduquer les clients et le marché. De multiples bienfaits sont donc détaillés : le haut débit devrait ainsi accroître l'intelligence humaine¹²², etc.

Des organisations à but non lucratif tels que la Fondation Internet nouvelle génération (FING) font partie des *early adopters*. Pour la FING, le haut débit devrait nous permettre de mieux nous informer, de mieux travailler, de prendre plus de plaisir en ligne. L'organisation assume son rôle de docile serviteur du développement des TIC. Daniel Kaplan, membre de la FING, l'affirmait déjà clairement dans son livre *Hauts Débits* : « L'offre précède et relève la demande¹²³. » Disant cela, il emboîtait le pas aux équipementiers et distributeurs, là où d'autres organisations, comme 60 millions de consommateurs, se montrent au contraire plus méfiantes, interprétant volontiers le « marketing de l'offre » comme de la manipulation.

Les moyens des opérateurs sont importants. Ils sont organisés, et peuvent compter sur leur taille imposante pour vendre des services à un prix inférieur au coût de revient, qui de toute manière est difficilement calculable. La généralisation des terminaux actuels s'est par exemple appuyée sur la technique de la « subvention » interne. On peut ainsi faire baisser les prix des abonnements et des terminaux en émargeant sur d'autres services plus rentables, voire captifs. L'objectif est d'arriver à une massification rapide de quelques services clés à bon marché, qui permettront ensuite de continuer de tenter le client, selon la méthode plus que millénaire du « pied dans la porte ». Certains chiffres font rêver les opérateurs : les *early adopters* seraient prêts à consacrer 50 %

de leur facture aux nouveaux services. Il faut donc simplifier l'acte d'achat, éduquer le client, lever les facteurs de rejet, renforcer les facteurs d'adhésion.

La conclusion est claire : c'est vers le « consommer plus » que le client est « accompagné », sinon forcé, non vers le « consommer vert » ! En tout cas le consommateur a beaucoup moins de choix que ce que prévoit ou prétend la théorie économique.

Le droit de ne pas consommer

Il est donc un peu court, de la part des producteurs, des distributeurs et des autorités publiques, de dire qu'ils ne font que « répondre à la demande », ou que tout dépend de la demande (sous-entendu : en produits verts). Comme le montrait John K. Galbraith dès les années 1960, c'est la production qui crée la demande, et non l'inverse¹²⁴. Or du côté de la production, le but reste de produire la plus grande quantité de biens et de services au moindre coût, afin de remporter des parts d'un marché généralement mondialisé. Le souci écologique n'arrive qu'en seconde position. Il y a une obligation de résultats dans ce domaine : en ne privilégiant pas la production, l'entreprise risque de disparaître, tout simplement. L'écologie reste donc largement facultative, se confondant au pire avec les obligations légales. Par ailleurs, dans le domaine des TIC, la haute technicité réelle ou supposée, ainsi que la complexité des circuits entre la production, l'usage et le déchet, font que les consommateurs ignorent très largement les enjeux écologiques occasionnés par des outils devenus très banals, comme l'ordinateur ou le téléphone portable. Pour eux, s'abstenir de s'équiper serait bien plus simple (s'il était

possible de continuer une vie sociale et professionnelle dans la déconnexion) que de comprendre ce qu'il y a derrière ou dans ces outils. Les TIC, pour les consommateurs, sont des outils opaques et que l'on rend tels, tant à l'usage qu'à la réparation ou à la réutilisation. Et ils ne sont pas les seuls : dans l'enquête réalisée en 2012 par la société de « conseil en développement et marketing durable » Ethicity, plus de 60 % des Français interrogés¹²⁵ pensent que leur mode de consommation a une incidence... positive sur l'environnement !

Le consommateur n'est entrevu que dans le champ étroit de la marge de manœuvre des entreprises sur un marché bien déterminé. Sa « capacité à payer » est au centre des préoccupations, et doit impérativement être contrôlée. C'est un facteur limitant direct. L'entreprise n'a pas de vision large de ce que « communication » signifie, et n'a aucune envie d'imaginer des scénarios dans lesquels elle serait absente ou aurait à opérer des changements en profondeur qui risqueraient de dépasser ses capacités d'adaptation. Son souci de faire face à la concurrence pour obtenir des parts de marché se double d'une connivence avec ses concurrents pour élargir la taille du gâteau, lequel est déterminé par l'expansion du réseau.

Ces entreprises font l'apologie de la démocratie de marché en tant que moyen de la construction collective des besoins, mais elles condamnent ou ignorent les mouvements de consommateurs tels que les « No conso », qui ne font que mettre en œuvre le droit de ne pas acheter ! Ceci montre que la consommation n'est pas un acte individuel et sans signification politique, contrairement à ce que croit l'économie hétérodoxe d'inspiration marxiste. La critique de la consommation engage bien une analyse et une pratique spécifique. Consommer est un sport de combat, et non pas un long fleuve

tranquille. Ne pas le voir, c'est reprendre sans la critiquer la conception libérale d'un marché ne faisant que «répondre à la demande», en toute innocence...

LES AUTORITÉS PUBLIQUES : PRIORITÉ À LA CROISSANCE

Peut-on attendre de la part des autorités publiques qu'elles régulent un peu ce consumérisme forcené? Qu'elles redonnent au consommateur un peu de pouvoir?

Les TIC sont au cœur des objectifs de politique générale que l'Europe se fixe pour 2020: une croissance «intelligente», fondée sur la recherche et la connaissance, «durable» et «inclusive». Les TIC sont présentes partout: dans le domaine de la recherche et de l'éducation, pour aider à réduire les émissions de gaz à effet de serre, développer les énergies renouvelables et améliorer l'accès à l'emploi. Le secteur est aussi le premier bénéficiaire du financement public de la recherche, avec plus de neuf milliards d'euros, sur un total de 50, pour la période 2007-2013. Les TIC sont présentées comme déterminantes pour les domaines de la productivité et de l'innovation, de la modernisation des services publics et des avancées scientifiques et technologiques. Pour la Commission européenne, le secteur contribue pour un quart de la croissance de l'UE et 40 % de la croissance de la productivité. Cela avec seulement 4 % des emplois. Le déploiement des TIC se situe donc dans la perspective classique du développement technique et économique: des rendements croissants, une recherche d'augmentation de la productivité, de la croissance de la production et de la consommation.

Une analyse un peu poussée montre toute l'importance du rôle des autorités publiques, dans l'économie des TIC, qui pose des problèmes dits d'«économie publique»¹²⁶. Mais bien qu'elle soit «publique», cette économie n'en est pas moins orientée vers la croissance de la production et de la consommation. L'accumulation et le

consumérisme restent considérés comme les moteurs de l'économie informationnelle, comme le soulignait déjà Manuel Castells¹²⁷. Il y a par conséquent peu de chance d'infléchir les tendances en cours vers le « toujours plus ». En matière de protection de l'environnement, les solutions qui sont proposées sont pour l'essentiel celles des industriels : *smart energy grids*, efficacité énergétique sous toutes ses formes (bâtiment, transport, etc.), meilleure gestion des ressources en eau et utilisation accrue des véhicules électriques.

L'expansion du numérique a donc toutes les chances de produire ce que les révolutions informationnelles ont déjà occasionné avant elle : une augmentation de la consommation d'autres biens et services tels que les transports ou le papier. La corrélation est nette et n'est pas démentie depuis l'invention du télégraphe. Les facteurs occasionnant cette évolution sont très mal connus. Ils sont à chercher en dehors du secteur, n'étant généralement qu'un moyen utilisé pour poursuivre d'autres finalités. Si la consommation augmente ou diminue, c'est pour des raisons bien plus complexes que la simple substitution d'un produit à un autre. Tout se passe donc comme si le compromis entre environnement et croissance économique se concluait au détriment du premier. Que valent les timides campagnes de l'Ademe, dans ce contexte ? Elles paraissent bien décalées !

LES CONSOMMATEURS : UN IMAGINAIRE FAÇONNÉ PAR LES MARQUES

Que peut conclure le citoyen-consommateur, dans de telles conditions ? Les *focus groups* que nous avons animés et analysés dans le cadre de notre étude¹²⁸ montrent que quand on parle de l'environnement, dans le domaine des TIC, c'est d'abord la question des ondes qui émerge. C'est ensuite la consommation électrique, dont le montant est généralement inconnu des usagers, et enfin le traitement des déchets. Les consommateurs ont beau savoir vaguement que les constructeurs recyclent les appareils usagés, ils les gardent quand même chez eux, « au cas où ». Ils sont stockés parce qu'ils sont, au fond, considérés comme dangereux – sans que cette connaissance soit formalisée ou même formulable.

La question écologique n'étant que rarement posée, ce qui est mis en avant, pour le choix d'un ordinateur, c'est le moindre bruit à l'usage, la « fiabilité », la « stabilité » du système, le poids. La solidité dans le temps est aussi fréquemment évoquée, puisque la nécessité d'en changer souvent pour des raisons d'évolution des techniques est souvent critiquée. Quand la question écologique arrive malgré tout dans la conversation, sous sa forme la plus large, les consommateurs placent une confiance *a priori* dans le progrès technique. Pour le consommateur, le pollueur, c'est l'industriel, ce qui est corroboré par de nombreuses enquêtes. S'il est le pollueur, c'est d'abord parce que c'est lui qui met sur le marché des produits dont l'utilité n'est pas évidente au départ, bien qu'ils finissent par devenir indispensables, à la longue – et nous avons vu ci-dessus pour quelles raisons, bien connues des producteurs privés ou publics. Un autre sujet évoqué, c'est le « consommer autrement »,

ou le fait de ne plus consommer certains produits. C'est exactement ce que les industriels et les autorités publiques redoutent. Par-delà leurs divergences, les entreprises ont un intérêt commun évident à avoir plus de clients.

Des sondages et des enquêtes récents indiquent une prise de conscience massive des consommateurs, soit de leur propre pouvoir d'action, soit de leur responsabilité dans la dégradation de l'environnement. D'où l'existence d'initiatives individuelles et collectives de réforme écologique de la consommation, et plus généralement du mode de vie, qui vont dans le sens d'un tournant vers la « critique pratique » de la consommation de masse ¹²⁹. La tendance n'est pas seulement française. Un sondage réalisé dans dix-sept pays ¹³⁰ affirme qu'une majorité d'interviewés désignent désormais « l'hyperconsommation » comme l'une des causes des problèmes d'environnement. La solution est de consommer moins et mieux. Une enquête Eurobaromètre ¹³¹ montre que la grande majorité des habitants de l'Europe des 25 estiment que, pour le « long terme », c'est-à-dire d'ici à vingt ans, les politiques (à tous les niveaux), devraient moins favoriser la consommation individuelle, et encourager davantage d'autres aspects de la qualité de la vie. Par ailleurs, les perspectives à l'horizon de vingt ans sont plutôt pessimistes : une majorité d'Européens sont persuadés que « demain sera moins bien qu'aujourd'hui », ce qui laisse songeur sur le rôle à venir des politiques publiques.

Ce n'est donc pas d'indifférence qu'il s'agit, mais d'une relative impossibilité d'action. D'où un transfert des responsabilités sur le progrès technique, ou sur l'instance régulatrice, avec l'idée qu'en cas de problème celle-ci n'hésitera pas à remettre les TIC en cause, précisément parce qu'elle a été investie par le pouvoir de retenir loin de nous tous les risques, ou parce qu'elle est ce

pouvoir de synthèse qui peut appréhender ensemble les différents aspects des problèmes auxquels chacun doit faire face. Qu'elle n'assume pas son rôle (mensonge, déni de responsabilité, etc.) et elle se trouvera brutalement délégitimée, à l'exemple des divers scandales sanitaires et environnementaux. C'est précisément pour cette raison, malheureusement, que les individus membres de ces institutions peuvent être poussés à se retrancher dans le déni..

Les mesures proposées par les experts d'étiquetage environnemental ou d'écoconception paraissent donc être à mille lieues du contexte qui est celui du consommateur, qui reste largement façonné par les entreprises et leur impératif de croissance. Que ce soit en contexte d'achat ou d'usage, l'environnement est clairement assimilé à un enjeu de deuxième, voire troisième rang, derrière le progrès triomphant reculant les limites de l'espace et du temps, battant sans cesse de nouveaux records de vitesse (2G, 3G, 4G...). Pour échapper à ce contexte qui est déterminé de l'extérieur, le consommateur doit mettre en œuvre des stratégies actives de résistance¹³², afin de reconstituer du collectif, qui seul permet l'action. Il peut être tenté, par exemple, de ne pas venir dans les lieux d'achat de masse...

MAIS QUE FONT LES ÉCOLOGISTES ?

Faut-il alors attendre que le changement vienne des organisations de la société civile ? Quelles sont leurs formes d'action ? Sont-elles efficaces ? Sont-elles un relais des mouvements « écologistes », si par là on entend désigner les groupes de ceux qui entendent explicitement intégrer la dimension écologique dans leur mode de vie ?

Dans le domaine des TIC, tout a commencé semble-t-il avec la Silicon Valley Toxic Coalition (SVTC), l'organisation qui a probablement le plus d'ancienneté sur le sujet. Elle naît en 1982 quand on découvre que les industries *high-tech* de la Silicon Valley californienne, réputées « propres », polluent en fait gravement les nappes d'eau souterraines. Plus de 100 000 maisons à San José furent exposées à des solvants toxiques. La SVTC est une coalition large, qui regroupe environnementalistes, travailleurs du *high-tech*, juristes et communautés locales.

Le Basel Action Network (BAN) se structura un peu plus tard à l'échelle internationale, au tournant des années 1990, suite à la convention de Bâle dont nous avons déjà parlé. Il entend fournir l'information la plus à jour sur les mouvements internationaux de déchets toxiques issus des TIC, mène des campagnes pour les réduire et dénoncer les exportations de déchets vers les pays pauvres, incapables de les traiter correctement.

Mais dans le cadre français ce sont surtout Greenpeace et le WWF qui ont animé le débat, et de manière plus secondaire les Amis de la Terre et le CNIID. Détaillons leur action.

Greenpeace

C'est en 2005 que Greenpeace se saisit du sujet, avec la campagne www.greenmyapple.com, qui faisait suite à des actions que menaient déjà la SVTC, le BAN et d'autres organisations contre la société informatique Apple, au motif qu'elle contribuait activement à ralentir la réglementation sur les déchets électroniques, que ses produits scellés n'encourageaient pas la réutilisation et que les consommateurs étaient en droit d'attendre mieux d'une compagnie qui affirmait « penser différemment » (*Think different*, slogan de la marque). Apple fut présenté comme un « traînard » face à Dell ou HP, notamment à cause de son manque de transparence sur les toxiques et sur l'élimination des appareils en fin de vie. Steve Jobs, l'emblématique PDG de la firme, fut ainsi pressé de répondre aux questions. L'action spécifique contre Apple fut arrêtée en 2007 suite à une évolution de sa politique en la matière.

Greenpeace entreprit alors de noter les produits et les entreprises selon l'impact environnemental de leur activité, *via* un comparateur qui connaîtra seize éditions, et dont la dernière, datée de novembre 2012, place en tête un constructeur... indien ! Preuve, s'il en fallait une, que le souci écologique n'est pas plus présent dans les pays industrialisés que dans les pays en développement. Le premier classement parut en août 2006, et quatorze constructeurs y étaient notés. Les premiers critères utilisés étaient similaires à la campagne contre Apple : présence ou non de toxiques dans les produits en fabrication ou en fin de vie ; étude de leur impact sur les travailleurs, les riverains des usines et les usagers ; évaluation de la réutilisation et du recyclage des produits en fin de vie, leur financement, voire la prise en main de

l'ensemble de la filière (comme dans le cas de la *green box*), même en l'absence de réglementation; ou encore quantité de produits recyclés. Le huitième classement, publié en juin 2008, vit l'adjonction de cinq nouveaux critères concernant l'énergie et le climat, un critère concernant le taux de plastique recyclé dans les produits neufs, et des engagements concernant l'élimination de produits toxiques non prévus par la directive européenne DEEE – notamment l'antimoine, le béryllium et les phtalates.

Pour procéder à son évaluation, Greenpeace se base d'abord sur les informations publiques communiquées par les compagnies, soit dans les rapports «développement durable» et les fiches techniques des produits, soit par le dialogue avec elles – que toutes ont accepté, à l'exception de Nintendo. Greenpeace ne veut s'appuyer que sur des données publiques, au motif que les promesses doivent être faites au public, et non à Greenpeace. Il s'agit de prendre les entreprises au mot, d'agir en *watchdog*, chien de garde. Pas question d'avoir l'air d'être dans la confiance avec les entreprises!

Mais Greenpeace mène aussi ses propres enquêtes. L'organisation est allée visiter des usines spécialisées dans la fabrication de cartes-mères, de puces, ou dans l'assemblage de composants en Chine, en Thaïlande, aux Philippines et au Mexique. L'association a démontré une pollution importante en termes de RFB (retardateurs de flammes bromés), phtalates, solvants chlorés, métaux lourds, en particulier dans les eaux de rejet, ainsi qu'en photo-initiateurs (benzophénones, acétophénones et thioxanones), composés organiques volatiles, et en cuivre et nickel. Une partie de ces substances se retrouve dans les eaux des puits. Greenpeace a également démonté divers produits comptant parmi les plus

populaires pour les analyser sur le plan chimique ou en montrer l'absurdité en termes de conception : iPhone, Wii, Xbox et PS3. En 2009, Greenpeace Royaume-Uni réalisa un gros coup médiatique en implantant un GPS sur une télévision Philips usagée et en suivant cet appareil jusqu'à sa destination finale, qui se révéla être... le Nigéria, très loin d'installations garantissant un démantèlement de qualité. L'association organise aussi des manifestations devant les sièges des entreprises, notamment Philips, en mars 2008, ou Dell en mai 2010. En 2011, Greenpeace s'attaqua aux centres de données, notant que si Internet était un pays, il serait le cinquième plus grand consommateur mondial d'électricité, avec un taux de croissance de 12 % par an.

En parallèle à ces différentes actions, l'organisation cherche aussi à faire évoluer la législation. En mars 2007, en partenariat avec le BAN et d'autres associations, Greenpeace signa une déclaration commune avec une grande partie des entreprises du secteur, montrant du doigt onze pays (dont la France) pour leur mauvaise application de l'article de la directive DEEE relatif à la responsabilité individuelle des producteurs. En août de la même année, Greenpeace publia avec d'autres associations un rapport sur l'état déplorable de la directive REACH, truffée d'exemptions et d'échappatoires.

Greenpeace entend également pousser les grands utilisateurs de serveurs (Facebook, Google, etc.) à revoir leur politique d'approvisionnement en énergie. Ces différentes actions sont désormais situées au sein d'ensembles plus vastes, comme le Cool It Challenge, qui demande aux entreprises de s'engager dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre ; ou la « révolution énergétique » qui s'appuie sur des scénarios élaborés avec des consultants et des entreprises pour démontrer

qu'une réduction massive des émissions de gaz à effet de serre est possible en sortant du nucléaire. Du côté des appareils tels que le téléphone et l'ordinateur, les solutions sont la substitution et la collecte.

L'organisation ne semble pas savoir jusqu'où les constructeurs peuvent aller pour réduire l'impact écologique du cycle de vie des produits et s'en tient à appuyer là où il existe des possibilités au moins théoriques de progrès. Mais Greenpeace ne remet pas fondamentalement en cause la consommation des TIC, ni le consumérisme, ni la « manufacture de la demande ». Au contraire, l'association semble en partie s'aligner sur les industriels, notamment pour intégrer les nouvelles sources d'énergies renouvelables.

WWF

Sur le plan de la stratégie, le World Wildlife Fund diffère nettement de Greenpeace. L'organisation a toujours refusé les actions coup de poing de type interposition non violente. Réformiste, pragmatique, elle entend rester un partenaire respectable en toute situation, mais sait aussi « créer l'événement » sur le plan médiatique. Elle définit sa mission générale par le souci de préserver la diversité génétique, promouvoir l'exploitation durable des ressources naturelles et réduire la pollution et la consommation des ressources et de l'énergie. Elle possède quatre champs d'action principaux : la conservation de trois biomes prioritaires (forêts, écosystèmes d'eau douce, océans et littoraux), la conservation des espèces, l'observation des changements climatiques et la lutte contre les produits toxiques. Le WWF déclare faire appel à quatre modes d'action : l'action de terrain

(notamment pour la gestion de zones protégées) ; le lobbying direct ou indirect ; l'expertise, l'étude, le conseil et l'information ; et enfin la communication (dont fait partie l'éducation environnementale).

Les actions dans le domaine des TIC sont diverses, et se font sans réel souci de cohérence. En France, c'est sous l'angle de l'écoconsommation et de la lutte contre les toxiques que le WWF s'intéresse aux TIC. L'organisation anime notamment le classement dit « *top ten* », qui permet de comparer différents types de produits, dont des téléviseurs et des écrans d'ordinateur. Le WWF a aussi noué un partenariat avec Orange, sur la dématérialisation des factures. La réduction de papier permet de faire des économies, dont une partie est reversée au WWF qui utilise ces fonds pour protéger les forêts dans le massif des Maures, en Nouvelle-Calédonie et dans le bassin du Congo. Le partenariat s'est ensuite orienté, depuis 2008, vers un étiquetage environnemental des téléphones. Ce projet poursuivait à l'origine quatre objectifs : l'évaluation environnementale des produits distribués par Orange, l'éco-conception des boutiques de l'opérateur, la promotion de la collecte et du recyclage des terminaux et la sensibilisation à la question des ondes électromagnétiques – ce dernier point étant curieusement absent du site Internet d'Orange. Renouvelé pour trois ans en 2011, il s'organise désormais autour de « réflexes verts », qui se sont depuis lors répandus dans les pratiques des autres acteurs du secteur : favoriser l'allongement de la durée de vie des appareils, promouvoir l'occasion par rapport au neuf et inciter les utilisateurs à rapporter leurs anciens équipements pour permettre leur recyclage.

La question de l'affichage environnemental est jugée très importante par le WWF, qui a conscience que le

consommateur n'a souvent aucune idée de l'impact du produit qu'il achète. À l'origine, cinq critères avaient été retenus par l'organisation : le bilan carbone, l'efficacité énergétique du téléphone, les « ressources sensibles » (telles que l'argent, l'or ou le coltan), la limitation et la substitution des substances dangereuses, et la réduction des déchets, les efforts pour augmenter la recyclabilité, la réparabilité, y compris l'emballage. Depuis cette première initiative, l'affichage a évolué, notamment en raison des travaux dirigés par l'Ademe et l'Afnor (Agence française de normalisation) autour de la plateforme d'affichage environnemental. Aujourd'hui trois différents critères sont intégrés :

- La présence ou non de CO₂ dans la fabrication, la distribution, l'utilisation et le recyclage ;
- La proportion de matières non renouvelables (or, argent et étain) dans la composition du produit ;
- La conception éco-responsable valorisant les autres initiatives d'amélioration de la performance environnementale du produit, comme l'utilisation limitée de substances dangereuses, la traçabilité des ressources sensibles (or, argent, étain, tantale), les possibilités de réparation du produit et l'emploi de matériaux recyclés.

Pour le WWF, l'important est 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 tongues, comme on a voulu le faire croire parfois¹³³. » Il est important 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. » Le classement de Greenpeace souhaite également aller dans ce sens, preuve que l'écart entre les deux associations n'est pas si grand que cela. Il est toutefois curieux de constater que ce discours reste sans lien avec les activités de certains des membres du WWF, comme Dennis Pamlin, dont nous avons déjà parlé et qui se démène avec les syndicats d'entreprise tels qu'ETNO pour expliquer que les TIC peuvent sauver le climat !

Les Amis de la Terre et le CNIID

Les Amis de la Terre et le CNIID se sont intéressés à la question des TIC sous un angle largement ignoré des deux organisations que nous venons de présenter : l'obsolescence accélérée, ou programmée, qui a fait l'objet de deux rapports parus en 2010¹³⁴ et 2012¹³⁵, et dont nous avons déjà parlé plus haut. Le rapport de 2010 dresse un tableau des « coulisses » de nos « sociétés de surconsommation » : épuisement imminent des ressources naturelles, production massive de déchets et gaspillage de la matière contenue dans les biens abandonnés en fin de vie. Pour Sylvain Angerand, chargé de campagne ressources naturelles aux Amis de la Terre, « le renouvellement incessant des appareils, notamment de haute technologie, contribue à l'explosion de la consommation des ressources naturelles minières et énergétiques. Cette surexploitation détruit des écosystèmes, déplace des populations, provoque des pollutions chimiques et engendre des conflits, notamment dans les pays du Sud ».

L'étude de 2010 explique les différentes astuces qui sont utilisées aujourd'hui pour rendre un appareil obsolète afin qu'il soit rapidement remplacé par un nouveau : des produits indémontables, la sophistication croissante des appareils, l'effet de mode (démoder un produit, le rendre infréquentable), etc. Tout ceci permet de réduire la durée de vie des appareils. Elle est en moyenne de six à huit ans pour les appareils électroménagers courants, contre dix à douze ans auparavant. Et cela de l'avis même des vendeurs ! L'étude s'est employée à poser un certain nombre de questions faussement naïves à différents distributeurs français, pour mesurer l'effort qu'ils déploient (ou non) pour allonger la durée de vie des produits, notamment grâce à l'entretien et la réparation. Et elle constate que le bénéfice environnemental et social de l'allongement de la durée de vie n'est pas un enjeu prioritaire pour les services après-vente.

Le dernier chapitre de l'étude de 2010 formule des recommandations à destination des consommateurs, ainsi que des demandes destinées aux entreprises et aux pouvoirs publics. Dans les recommandations adressées aux consommateurs, sont mis en avant les avantages d'un mode de vie plus sobre, les « nouvelles richesses », la simplicité volontaire et la sobriété heureuse. Bref : ne pas acheter les produits en question ! Cette position qui passe pour être très radicale n'est pourtant que l'expression du libre choix du consommateur dont le libéralisme se veut être l'inventeur et l'unique garant. Les implications ne sont cependant pas très développées. De leur côté, les industriels devraient être amenés, est-il écrit, à « concevoir des produits combinant notamment les critères suivants : durables et fiables ; réparables (accès facile et disponibilité rapide des pièces détachées) ; capables d'intégrer des innovations ; compatibles pour

que les pièces soient facilement réutilisables». Aux pouvoirs publics, enfin, il est demandé d'imposer un affichage sur la durée de vie des produits, une garantie de dix ans, et de soutenir la réparation. Rien de bien méchant. Mais il ne s'agit là que des mesures de court à moyen terme. À plus long terme, le rapport en appelle à l'invention de nouveaux modèles de développement, moins axés sur la croissance et davantage sur la soutenabilité, la résilience et l'équité, à l'intérieur des pays développés comme à l'extérieur, dans les relations avec les pays en développement. Le rapport fait le lien avec différentes initiatives qui cherchent à relativiser la croissance économique et mettre en valeur de nouveaux indicateurs de richesse¹³⁶, voire à jeter des bases d'une «décroissance soutenable», concept qui reste toutefois assez vague.

Alors que le rapport de 2010 s'attaquait à la question de l'obsolescence programmée dans son ensemble, le rapport de décembre 2012 cible plus précisément celle des «produits *high-tech*». Certains des aspects de ce rapport ont été évoqués plus haut, comme au sujet des terres rares et du faible taux de recyclage des équipements TIC. D'autre part, ce travail met en évidence certains types d'obsolescence spécifiques aux TIC, comme l'«obsolescence logicielle», très répandue depuis l'arrivée des *smartphones*, qui désigne en fait la manipulation des systèmes d'exploitation afin de ne les rendre compatibles qu'avec les dernières générations de produits. Il s'agit là d'un type d'obsolescence particulièrement trompeur, puisque l'appareil «continue de fonctionner mais ne peut plus être utilisé pour l'usage pour lequel il a été vendu»... Le rapport cite notamment le cas très parlant de l'iPhone d'Apple. La marque à la pomme «innove régulièrement pour maîtriser la durée de vie de ses produits: impossible de mettre à jour le système

d'exploitation pour les modèles les plus anciens. Ainsi, un iPhone de 2007 ne peut plus être mis à jour en 2010 avec la sortie de l'iOS 4, mais les applications étaient toujours utilisables. C'est en fait l'iOS 5, lancé en 2011, qui a sonné sa mort logicielle, alors que le téléphone fonctionne encore, mais comme un simple téléphone¹³⁷».

Pour lutter contre cette situation, les auteurs du rapport militent pour l'adoption de dispositions légales, comme par exemple l'extension de la garantie, afin de favoriser la réparation des produits plutôt que le remplacement systématique, mais aussi la création d'un « délit d'obsolescence programmée », afin que le consommateur puisse le cas échéant dénoncer les pratiques abusives des entreprises¹³⁸.

Une vision trop environnementaliste

Le petit inventaire que nous venons de dresser ne rend pas entièrement compte de l'ensemble des actions des associations. Il aurait également fallu détailler l'action de France Nature Environnement, association très présente lors de la transcription de la directive DEEE dans le droit français¹³⁹, parler du collectif ChemSec (International Chemical Secretariat), qui a publié au printemps 2011 la SIN List (Substitute It Now), recensant 378 substances « très préoccupantes » au sens de la réglementation REACH, qui doivent être remplacées sans tarder par d'autres, moins dangereuses, ou encore l'initiative e-Stewards du BAN, un label attribué aux entreprises qui s'engagent à confier leurs équipements en fin de vie à des recycleurs certifiés, etc.

Ces actions sont louables, et ne peuvent pas être suspectées de cacher des intérêts financiers. Mais force est

de constater que les associations ne situent pas leur discours au niveau d'une critique globale de la consommation : elles cherchent d'abord à améliorer l'efficacité écologique du système, lui permettant ainsi d'atteindre certains potentiels de « vertitude » qui resteraient inaccessibles sans elles. La pression extérieure qu'elles exercent joue un rôle analogue à la réglementation et permet de faire évoluer le marché sans brusquer les entreprises, ce qui leur donne le temps de s'adapter.

Mais contrairement à la réglementation émanant des pouvoirs publics, l'action de ces associations reste marginale. Elle est quasiment inconnue du grand public, qui ne la voit qu'en cas de coup médiatique. Agissant essentiellement au niveau des marchés, et non de l'évolution des produits et des usages – à l'exception de l'action sur l'obsolescence accélérée, qui est la seule à véritablement poser la question des besoins – elle ne remet pas non plus en cause les grandes évolutions telles que la multiplication des écrans et des différents équipements électroniques, qui restent le moteur principal de l'empreinte écologique. L'entreprise Ericsson put ainsi ouvertement se féliciter d'avoir été classée à la première place du classement Greenpeace en 2007¹⁴⁰. Finalement, l'accord est total : les TIC bien employées seraient décidément la solution à tous nos problèmes !

À aucun moment Greenpeace ou le WWF n'envisagent de scénario ou de cadre plus large leur permettant de savoir si les actions qu'elles mènent sont cohérentes entre elles. Le fait de promouvoir les TIC en leur donnant un certificat de « vertitude » va-t-il dans le sens d'une moindre empreinte écologique ? Le fait de cautionner la logique marchande (que Greenpeace ne dénonce guère non plus) n'est-il pas contradictoire avec la promotion de réduction de gaz à effet de serre, par exemple ? Ces

contradictions possibles ne sont pas abordées directement, les deux organisations préférant adopter une stratégie plus pragmatique que programmatique.

En outre, ces associations passent sous silence les conséquences sociales du déploiement des TIC. Elles agissent, en général, comme des «syndicats de l'environnement», au sens étroit du terme, plus que comme des associations «écologistes», si on veut reprendre des distinctions que le mouvement écologiste lui-même met en avant. Selon les définitions strictes, il existe en effet une différence entre «protection de la nature» (ou «environnementalisme»), renvoyant à celui qui s'en tient à une activité sectorielle, étroite, à la manière d'un syndicat, et «écologisme», qui implique une approche plus radicale et une remise en cause plus générale de nos sociétés¹⁴¹. Si «la thématique écologiste se construit d'abord, dans son origine comme dans sa tonalité et son apparence, comme une critique fondamentale de la société industrielle et de ses aspects productivistes, technocratiques et de consommation», que la poursuite de la croissance symbolise¹⁴², alors il faut convenir que, de manière surprenante peut-être, les associations dites «écologistes», dans le domaine des TIC, se comportent principalement comme des environnementalistes, même si elles ont fréquemment, à la marge, un discours écologiste – à l'exception, peut-être, des rapports des Amis de la Terre et du CNIID, qui commencent à aborder la question en profondeur.

CONCLUSION : SE PASSER DES NOUVELLES TECHNOLOGIES ?

Nous nous trouvons donc dans une situation identique à celle du jeu de la « patate chaude », ou bien, pour reprendre une autre expression, une situation où tout le monde se regarde en « chiens de faïence »... Les consommateurs attendent que des mesures soient prises par les autorités publiques, dont c'est le rôle, et estiment que le progrès technique se pliera aux nouvelles demandes ; les autorités publiques attendent pour leur part que des solutions techniques soient disponibles chez des industriels ; ceux-ci de leur côté attendent des autorités publiques qu'elles réglementent, et des consommateurs qu'ils veuillent bien acheter les solutions qu'ils leur proposeront... Chacun attend que l'autre commence. Ce jeu se déroule dans un espace d'action et de débat qui reste étroitement confiné à quelques acteurs très spécialisés. La question de la « vertitude » des TIC ne s'est pas installée dans l'espace public, sauf à la faveur de coups médiatiques épisodiques organisés par les associations.

Le cadre dans lequel ces experts se proposent de penser le problème et d'agir conduit à définir des alternatives qui ont cinq caractéristiques en commun :

- Elles sont **relativistes**, au sens où les alternatives proposées sont définies comme étant « plus vertes » que d'autres, à fonction sociale égale et exclusion de toute considération d'effet de système. Un produit « vert » est plus vert que les produits actuels ou concurrents, dans le domaine étroitement confiné de produits rendant des services considérés comme strictement équivalents. L'effet global, qui est pourtant seul per-

minent sur le plan écologique, n'est guère perçu quand on parle des TIC (à l'inverse de ce que Greenpeace fait dans le domaine des politiques climatiques, par exemple, où l'organisation défend l'idée d'un « budget carbone » global, fini, à répartir) ;

- Elles sont **réductrices**, sur le plan écologique, car elles privilégient certaines variables (énergie, recyclage) à l'exclusion d'autres ;
- Elles semblent **contradictaires**, pour une partie d'entre elles, dans la mesure où elles se situent très largement dans un domaine étroitement technique, tout en déployant un discours politique voire civilisationnel. Les rapports tels que *SMART 2020* prennent bien souvent la forme d'une utopie technique. C'est un effet bien connu des scénarios de type *bottom-up*, qui s'appuient sur les techniques et les exemples nationaux pour tirer des conclusions globales¹⁴³. Ce biais pourrait être en partie corrigé par des scénarios *top-down*, privilégiant des analyses macroéconomiques. Mais ce champ est saturé de modèles qui démontrent que les TIC génèrent de la croissance, pas de l'écologie... Il faudrait donc affronter la contradiction !
- Ces alternatives sont irréductiblement **liées aux positions sociales**. Avoir « plus » ou « moins » d'impact, en relatif, dépend de ce que l'on s'accorde à soi (« mes besoins ») et de ce que l'on accorde aux autres – les deux étant inévitablement liés puisque c'est la somme des besoins de tous qui produit (ou non) l'empreinte écologique. Il n'existe pas d'« impact zéro ». Ce constat rejoint les travaux de Grégoire Wallenborn, qui montrent que les populations les plus pauvres, bien que peu sensibilisées à la question écologique, polluent de fait moins que les riches, qui sont pour-

tant souvent plus sensibilisés qu'eux¹⁴⁴. Les classes moyennes supérieures peuvent certes posséder des réfrigérateurs de classe «A++» (quand ils n'en possèdent qu'un), mais ils seront dans ce cas plus gros. Et on peut faire la même remarque au sujet d'autres équipements, comme les ordinateurs ou les voitures, souvent de plus grosse cylindrée que chez les catégories les plus pauvres, etc. Une consommation «verte» n'aura donc pas le même sens dans un cas ou dans l'autre. Le problème se retrouve à l'échelle internationale: ce qui est «consommation verte» pour les pays du Nord est restriction d'accès au marché ou protectionnisme pour les pays du Sud, qui considèrent quant à eux qu'ils ne polluent pas encore assez!

- Les alternatives proposées dans le domaine des TIC sont enfin le lieu de **transferts de responsabilité**, au sens où les bonnes solutions, pour un acteur, sont celles qui procèdent d'un changement de comportement... des autres!

Et pendant ce temps «le progrès» continue de faire rage. Le xx^e siècle a vu l'extraction de minerais multipliée par 27 et celle de combustible fossile par 12. L'utilisation de ressources a été globalement multipliée par 8, alors que le PIB mondial a été multiplié par 23. Face à la surexploitation et devant la raréfaction admise des ressources, le PNUE propose trois scénarios :

- Le gel de la consommation dans les pays développés et le rattrapage des autres pays, ce qui aboutirait à un total de 140 milliards de tonnes de ressources extraites annuellement. Mais dans ce cas de figure, les émissions de gaz à effet de serre augmenteraient de 50 %, conduisant à un risque d'élévation de la température de 4 à 6°C ;

- La contraction de la consommation d'un facteur deux dans les pays développés, avec rattrapage (70 milliards de tonnes), ce qui implique un risque climatique encore trop élevé ;
- La contraction de la consommation dans les pays développés d'un facteur trois à cinq, avec convergence, ce qui nous ramènerait au niveau d'extraction de l'an 2000. C'est la seule option compatible avec un réchauffement modéré de la planète.

Mais qu'est-ce que cela implique, sur le plan des usages et des modes de vie ? Ces chiffres paraissent bien théoriques et déconnectés des pratiques. L'écrasante majorité de nos concitoyens ne voient pas les effets de cause à conséquence entre leurs choix quotidiens, dont on a vu qu'ils étaient très fortement conditionnés par des forces qui leur échappent, et les phénomènes collectifs et globaux. Rien n'indique non plus que l'information soit largement diffusée, quant à l'état de la planète. Tout est fait, au contraire, pour ne pas décourager l'achat, au nom de cette croissance dont il faudrait absolument garantir la pérennité, ou plutôt assurer la reprise, et dont on attend toutes sortes de miracles qui tardent à se concrétiser. Et ceci parce que cette croissance ralentit régulièrement déjà depuis plusieurs décennies. Les « leaders d'opinion » et autres dirigeants persistent à vouloir se comporter en ingénieurs sociaux, craignant plus que tout que les gens fassent des choix par eux-mêmes, estimant par avance que ça ne serait pas « les bons ». Ce paternalisme contraire à la démocratie a été patent, tout au long de notre étude. Pourtant, faire le bonheur des gens à leur place est une attitude qui a souvent été critiquée, à juste titre. Ironie de l'histoire, ce sont les mêmes qui, constatant que leurs solutions ne fonctionnent pas,

vont accuser les consommateurs-citoyens de ne pas s'être comportés comme ils auraient dû ! Pile, les élites ont raison, face, le citoyen a tort... Le contraste entre l'introuvable et incompréhensible ACV (analyses des cycle de vie) de téléphone portable produite par l'Ademe et le déluge omniprésent de publicité et de régulations publiques pro-téléphone portable illustre ce déséquilibre.

Alors que faire ? Diffuser l'information, tout d'abord, et c'est l'objectif de ce petit livre. 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 anticiper. Aller plus loin supposerait de déployer une théorie du changement social, ce qui n'entre pas dans le périmètre de cette étude. On peut toutefois indiquer quelques pistes, en renvoyant à l'énorme littérature sur l'écologisme et le mouvement écologiste.

NOTES

1. D'après le physicien Erwin Schrödinger (*Qu'est-ce que la vie?*, Seuil, «Points», 1993 [1946]), dans une formule qui fit mouche.
2. Le Club de Rome, groupe de réflexion international créé en 1968 et regroupant des scientifiques, industriels ou économistes, publia en 1972 son premier rapport, intitulé *The Limits of Growth*, qui fut traduit en français par *Halte à la croissance ?* Ce rapport s'interrogeait sur une possible pénurie des sources d'énergie, et sur les conséquences environnementales du développement des pays industrialisés.
3. S. Faucheux, Ch. Hue, I. Nicolaï, *TIC et développement durable. Les conditions du succès*, De Boeck, 2010, p.191.
4. P. Romer, « Post-scarcity prophet », *Reason*, décembre 2001.
5. <http://gesi.org/ReportsPublications/Smart2020/tabid/192/Default.aspx>
6. Insee, comptes nationaux, base 2005.
7. Insee, comptes nationaux, base 2000.
8. Chiffres Observatoire du numérique.
9. « *Data centers, la donnée écolo* », *Libération*, 14 avril 2013.
10. Voir le site www.datacenterknowledge.com
11. « *Data centers, la donnée écolo* », art. cit.
12. Voir le site www.idc.com/prodserv/idc_cloud.jsp
13. Étude globale *DatacentersDynamics* 2012, www.afjv.com/news/1671_etude-data-centers.htm
14. A. Gorz, *L'Immatériel. Connaissance, valeur et capital*, Paris, Galilée, 2003, p. 41.
15. Network of Excellence in Internet Science, *D8.1. Overview of ICT energy consumption*, 5 février 2013.
16. BIO IS, *Impacts of ICT on Energy Efficiency*, Report to DG INFSO, 2008.
17. H. Breuil *et al.*, *Rapport TIC et développement durable*, CGEDD (Conseil général de l'environnement et du

- développement durable) et CGTI (Conseil général des technologies de l'information), 2008. Disponible sur www.telecom.gouv.fr
18. Nicholas Carr, *The Big Switch*, Norton & co, 2009.
 19. *Enertech, Mesure de la consommation des usages domestiques de l'audiovisuel et de l'informatique – Rapport du Projet REMODECE*, Ademe, Union européenne, EDF, 2008.
 20. Voir étude *Enertech*, 2008, *op. cit.*
 21. Voir Breuil *et al.*, *op.cit.*, 2008.
 22. Source: BIO IS, *op. cit.*, 2008, p. 101-114.
 23. Europe Campos Survey Results, janvier 2013.
 24. Voir le site www.greenit.fr
 25. Citons notamment C. Barthel *et al.*, « GHG Emission Trends of the Internet in Germany », in T. Langrock, , H. E. Ott, T. Takeuchi (ed.) *Japan & Germany: International Climate Policy & the ICT Sector*, Wuppertal Institute, 2001 ; C. Cremer, B. Aebischer *et al.*, *op.cit.*, 2003.
 26. Breuil *et al.*, *op. cit.*, 2008, p. 28.
 27. www.arobase.org/culture/chiffres-email.htm
 28. PNUE / StEP, *From e-Waste to Ressources*, 2009, p.1.
 29. www.ecoinfo.cnrs.fr/spip.php?article181
 30. Ademe, *Synthèse équipements électriques et électroniques – données 2009*.
 31. L. Hilty, T. Ruddy, « Towards a sustainable information society », *Informatik* n° 4, août 2000.
 32. R. Kuehr, E. Williams (éd.), *Computers and the Environment: Understanding and Managing their Impacts*, Kluwer Academic Publishers and United Nations University, 2003.
 33. IPTS, *The Future Impact of ICTs on Environmental Sustainability*, 2004.
 34. Amis de la Terre et CNIID, *L'Obsolescence programmée, symbole de la société du gaspillage*, 2010.
 35. SVTC & BAN, *Exporting Harm – The High-Tech Trashing of Asia*, 2002.
 36. Toxic Link, *Is India Becoming Dumping Ground for British eWaste ?*, 2004.

37. Toxic Link, *Scrapping the Hi-Tech Myth*, 2003.
38. Amis de la Terre et CNIID, *L'Obsolescence programmée, symbole de la société du gaspillage*, *op. cit.*
39. European Environment Agency, *Movements of Waste across the EU's Internal and External Borders*, Copenhague, 2012, p. 27-28.
40. PNUE, « Les déchets électroniques, la face cachée de l'ascension des technologies de l'information et de la communication », in *Pré-alertes sur les menaces environnementales émergentes*, n°5, janvier 2005.
41. Pièces et main d'œuvre, *Le Téléphone portable, gadget de destruction massive*, L'échappée, 2008, p. 19.
42. PNUE / StEP, 2009, p. 29 pour tout ce passage.
43. www.preciousmetals.umicore.com/PMR/Media/e-scrap/
44. C. Hocquart, « Les enjeux des nouveaux matériaux métalliques », *Géosciences*, n°1, janvier 2005.
45. D. Abadie, A. Deneault, W. Sacher, « Balkanisation et pillage dans l'Est congolais », *Le Monde diplomatique*, décembre 2008.
46. Ressources et environnement, « Le lithium, or blanc de la transition énergétique ? », mars 2012. Cité dans le rapport des Amis de la Terre, *Obsolescence des produits high-tech*, *op. cit.*
47. http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2011-raree.pdf
48. P. Bihouix, B. de Guillebon, *Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société*, EDP Sciences, 2010.
49. Commissariat général au développement durable, « Matières mobilisées par l'économie française. Comptes de flux pour une gestion durable des ressources », 2009, p. 11.
50. www.unep.org/resourcepanel/metals_recycling/
51. Chiffres Gartner, cités sur le site www.planetoscope.com
52. Voir le site www.lifehacker.com
53. GeSI, 2008, p. 25.
54. Conseil général de l'environnement et du développement durable, *Rapport TIC et développement durable*, décembre 2008. Voir le site www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/005815-02_rapport_cle2aabb4.pdf

55. Cité dans le rapport des Amis de la Terre, *Obsolescence des produits high-tech : comment les marques limitent la durée de vie de nos biens*, décembre 2012. Voir le site www.rapportersonmobile.fr/trop_de_mobiles_dorment_dans_les_tiroirs.html
56. P. Singhal, *Integrated Product Policy Pilot Project – Stage I, II & III*, Reports, Nokia, Espoo, Finland, 2003, 2004, 2005. et Ademe, *Analyse du cycle de vie d'un téléphone portable*, CODDE, 2008.
57. Ericsson, *Von GSM zu UMTS. Informationen über neue Mobilfunktechniken*, 2001/2.
58. Rapport disponible sur le site de l'entreprise.
59. Voir *Enertech*, 2008.
60. Une revue très complète de ces études a été réalisée par le groupe EcoInfo : www.ecoinfo.cnrs.fr
61. Voir par exemple L. Grisel, Ph. Rosset, *Analyse du cycle de vie d'un produit ou d'un service*, AFNOR, 2004 ; W. Scharnhorst, « Life cycle assessment in the telecommunication industry : a review », *International Journal of LCA*, vol. 13, n°1, 2008.
62. G. Berhault, *Développement durable 2.0*, éditions de l'Aube, 2009.
63. S. Nora, A. Minc, *L'Informatisation de la société*, Seuil, 1978.
64. Groupe EcoInfo, *Impacts écologiques des TIC*, EDP Sciences, 2012, p. 189.
65. Chiffres GfK/Médiamétrie.
66. Voir étude *Enertech*, 2008.
67. CNIID et Amis de la Terre, *L'Obsolescence des produits high-tech*, *op. cit.*, sur les données publiques Apple.
68. Greenpeace, *Votre cloud est-il net ?*, avril 2012.
69. US EPA, *Life Cycle of Old Computers*, 2002. www.epa.gov/region02/r3/problem.html
70. Agence régionale de Haute-Normandie, dossier « Le boom des téléphones portables...mais aussi des déchets », décembre 2008.
71. Cité dans CNIID et Amis de la Terre, *L'Obsolescence des produits high-tech*, *op. cit.*
72. Groupe EcoInfo, *Impacts écologiques des TIC*, EDP Sciences, 2012, p. 191.

73. Étude réalisée par BIO IS pour l'Ademe, *Étude sur la durée de vie des équipements électriques et électroniques*, juillet 2012.
74. M. Glachant, «Le concept de responsabilité élargie du producteur et la réduction à la source des déchets de consommation», *Annales des Mines–Responsabilité et environnement*, 2005.
75. Breuil *et al.*, 2008, *op. cit.*, p. 30.
76. Note de synthèse ministère de l'Écologie et du Développement durable, C. Jouanno, «Bilan de la filière pour la période 2006-2009 et les nouveaux défis fixés pour 2010-2014», 22 février 2010.
77. D'après le consortium StEP, 2009.
78. Breuil *et al.*, 2008, *op. cit.*, p. 38.
79. Voir www.eco-label.com/ecat
80. D. Pamlin, *Innovation and ICT for a Better Planet: A Estrategy for Sweden*, 2005.
81. WWF Sweden, *The Potential Global CO₂ Reductions from ICT Use*, mai 2008.
82. WWF, *Outline for the First Global IT Strategy for CO₂ Reductions*, 2008.
83. Breuil *et al.*, 2008, *op. cit.*, p. 2.
84. Conférence «ICT for a global sustainable future», 22-23 janvier 2009. www.paradiso-fp7.eu/conference.php
85. «Croissance verte», www.blog-fillon.com/article-12465769.html
86. *Digital Europe*, 2002.
87. Breuil *et al.*, 2008, p. 51.
88. G. Claisse, *Transports ou télécommunications: les ambiguïtés de l'ubiquité*, PUL, 1983; P.L. Mokhtarian, «Now that travel can be virtual, will congestion virtually disappear?», *Scientific American*, octobre 1997; S. Graham, S. Marvin, *Telecommunication and the City: Electronics Spaces, Urban Places*, Routledge, 1996.
89. R. Caudill, P. Luo, Z. Wirojanagud, «Exploring the environmental impact of ecommerce on electronic products», www.merc.njit.edu. 2000

90. Fichter K., « E-commerce – Sorting out the environmental consequences », *Journal of Industrial Ecology*, vol.6, n°2, 2003.
91. Breuil *et al.*, 2008, *op. cit.*, p. 54.
92. Conseil général de l'environnement et du développement durable.
93. Conseil général des technologies de l'information, absorbé en 2009 par le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGIET).
94. CGEDD et CGI, *TIC et développement durable*, décembre 2008.
95. J. Gomez, *Optimisation des transports et mobilité durable: le cas des applications géolocalisées sur téléphonie mobile*, thèse de doctorat, sciences de gestion, SDS-université d'Évry-Val d'Essonne, 2011.
96. H. Herring, R. Roy, « Sustainable services, electronic education and the rebound effect », *Environmental Impact Assessment Review*, 22, 2002.
97. E. Heiskanen, M. Pantzar, « Toward sustainable consumption : new perspectives », *Journal of Consumer Policy*, vol.20, 1997.
98. L. Hilty, *Information Technology and Sustainability*, Books on Demand, 2008.
99. PNUE, *Decoupling*, 2011.
100. Voir le site www.greenworking.fr
101. Voir le site www.avis-droit-social.net/teletravail.php
102. Wuppertal Institute, *Digital Europe*, 2000.
103. Voir www.sustel.org/d10_d&&.htm
104. Face à de tels chiffres on se demande si ce n'est pas un nombre d'heures par mois plutôt que par semaine!
105. F. Flipo, C. Gossart, « L'impossible domestication de l'effet rebond », *Terminal*, n° 103-104, 2009.
106. Notre traduction. Le rapport dit : « *ICT technologies can improve efficiency and this will lead to reduced emissions. However, prevention of the rebound effect requires an emissions-containing framework (such as emission caps linked to a global price for carbon) to encourage the transition to a low carbon economy. Without such constraints there is no guarantee that efficiency gains will not lead to increased emissions* », GeSI, 2008, p. 50.

107. www.prixdelacroissancevertenumerique.eu
108. IPTS, *The Future Impact of ICT on Environmental Sustainability*, 2004.
109. S. Faucheux, Ch. Hue, I. Nicolăi, *op. cit.*
110. PNUE/StEP, *From E-waste to Ressources*, 2009.
111. Entretien société CODDE, réalisé en 2009.
112. F. Benoit-Moreau, B. Parguel, F. Larceneux, « Comment prévenir le *greenwashing*? L'influence des éléments d'exécution publicitaire », *Cahiers de recherche DMSP*, Paris-Dauphine/HEC, cahier n°379, juin 2008.
113. Entretien Hewlett Packard, 2009.
114. European Information and Communications Technology Industry Association, qui regroupe 60 multinationales, 1 000 sociétés et deux millions d'employés. Voir www.eicta.org
115. M. Porter, C. Van der Linde, « Green and competitive: ending the stalemate », *Harvard Business Review*, vol. 73, n° 5, 1995.
116. ARCEP, chiffres du premier trimestre 2013.
117. *Ibid.*
118. www.definitions-marketing.com/Definition-Early-adopter
119. B. Salgues, *Les Télécommunications mobiles*, Hermès Science, 1997, p. 88.
120. S. Dubreuil, V. Roger, *Le Marketing du multimédia mobile*, Éditions d'Organisation, 2003, p. 26.
121. P.-N. Giraud, *Le Commerce des promesses. Petit traité sur la finance moderne*, Seuil, 2001.
122. Didier Quillet, directeur général chez Orange, dans S. Dubreuil, V. Roger, *op. cit.*, p. 31.
123. D. Kaplan (dir.), *Hauts Débits*, LGDJ, 2003, p. 271.
124. J.K. Galbraith, *Le Nouvel État industriel*, Gallimard, « Tel », 1968, (éd. orig. 1967).
125. Voir www.blog-ethicity.net/
126. S. Faucheux, Ch. Hue, I. Nicolăi, *op. cit.*, p. 134.
127. M. Castells, *La Société en réseaux*, Fayard, 1998, p. 236.

128. Les auteurs de ce livre ont aussi rédigé le rapport *Ecotic. Technologies numériques et crise environnementale : peut-on croire aux TIC vertes ?* (avec Cédric Gossart, François Deltour, Bernard Gourvenec et Laurent Berthet).
129. M. Dobré, S. Juan (éd.), *Consommer autrement. La réforme écologique des modes de vie*, L'Harmattan, 2009.
130. « Our green world », réalisé par TNS-Sofrès, publié dans *Le Monde*, 1^{er} avril 2009.
131. Le libellé exact de la question est : « *Policies should put less emphasis on individual consumption, and more emphasis on other aspects of the quality of life* », Flash Eurobarometer 227, mai 2008, p. 71.
132. M. Dobré, *L'Écologie au quotidien – éléments pour une théorie sociologique de la résistance ordinaire*, L'Harmattan, 2003.
133. Entretien avec le WWF.
134. Amis de la Terre, CNIID, *L'Obsolescence programmée, symbole de la société du gaspillage*, *op. cit.*
135. Amis de la Terre, CNIID, *Obsolescence des produits high-tech*, *op.cit.*
136. J. Stiglitz, A. Sen, J.-P. Fitoussi, *Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social*, 2009; T. Jackson, *Prosperity without Growth ?*, UK Sustainable Development Commission (Trad. *La Prospérité sans croissance*, De Boeck, 2010) ; Beyond GDP, initiative de la Commission Européenne, www.beyond-gdp.eu
137. CNIID et Amis de la Terre, *L'Obsolescence des produits high-tech*, *op. cit.*, p. 22.
138. *Ibid.*, p. 17.
139. F. Flipo, A. Boutet, L. Draetta, F. Deltour, *Écologie des infrastructures numériques*, Hermès, 2007.
140. Voir www.ericsson.com/ericsson/investors/doc/081211_sustainability_briefing_dec_2008.pdf
141. Y. Frémion, *Histoire de la révolution écologiste*, Paris, Hoëbecke, 2007, p. 13; P. Alphandéry, P. Bitoun et Y. Dupont, *L'Équivoque écologiste*, Paris, La Découverte, 1991, p. 133.
142. Sainteny G., *Les Verts*, Paris, PUF, « Que sais-je? », 1997, p. 57.

143. Voir la discussion des scénarios Facteur 4 dans le dossier *Développement durable & territoire*, vol. 2, n° 1, mars 2011, notamment Sandrine Mathy, Meike Fink et Ruben Bibas, « Quel rôle pour les scénarios Facteur 4 dans la construction de la décision publique? ».
144. G. Wallenborn, J. Dozzi, « Du point de vue environnemental, ne vaut-il pas mieux être pauvre et mal informé que riche et conscientisé? », in P. Cornut, T. Bauler, E. Zaccàï, *Environnement et inégalités sociales*, Éditions de l'université de Bruxelles, 2007.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
---------------------------	----------

ÉCOLOGIE DES INFRASTRUCTURES NUMÉRIQUES

13

UN DÉFERLEMENT DE TERMINAUX ET DE RÉSEAUX...	16
---	-----------

LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE	18
--	-----------

MATIÈRES TOXIQUES, TERRES RARES ET DÉCHETS ÉLECTRONIQUES	26
---	-----------

<i>ETUDES DE CAS</i>: LE TÉLÉPHONE PORTABLE ET L'ORDINATEUR.....	35
---	-----------

LE TÉLÉPHONE PORTABLE	35
-----------------------------	----

L'ORDINATEUR.....	37
-------------------	----

LIMITE DES ANALYSES DE CYCLE DE VIE	39
--	-----------

LES ILLUSIONS DE LA DÉMATÉRIALISATION

41

RÉSORBER L'IMPACT ÉCOLOGIQUE DU NUMÉRIQUE ...	46
--	-----------

DES PROGRÈS PAS SI « NATURELS » ?	46
---	----

LES RÉGLEMENTATIONS	51
---------------------------	----

LE LEVIER VERS L'ÉCONOMIE VERTE ?	62
--	-----------

LES TECHNOLOGIES VERTES POUR SAUVER LA PLANÈTE	63
--	----

L'APPORT DES ÉTUDES SECTORIELLES OU THÉMATIQUES	66
---	----

CONSÉQUENCES SOCIALES: LE CAS DU TÉLÉTRAVAIL.....	73
---	----

LE RÔLE DÉTERMINANT DE L'« EFFET REBOND »	77
---	----

MONDE VIRTUEL, RESPONSABILITÉS RÉELLES 85

LES ENTREPRISES : ENTRE *GREENWASHING* ET COMPÉTITIVITÉ 88

LES FABRICANTS DE MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE	88
LES DISTRIBUTEURS	92
LE « LIBRE CHOIX » DU CONSOMMATEUR	94
LE DROIT DE NE PAS CONSOMMER	99

LES AUTORITÉS PUBLIQUES : PRIORITÉ À LA CROISSANCE102

LES CONSOMMATEURS : UN IMAGINAIRE FAÇONNÉ PAR LES MARQUES104

MAIS QUE FONT LES ÉCOLOGISTES ?107

GREENPEACE.....	108
WWF	111
LES AMIS DE LA TERRE ET LE CNIID.....	114
UNE VISION TROP ENVIRONNEMENTALISTE	117

CONCLUSION SE PASSER DES NOUVELLES TECHNOLOGIES ? ...121

NOTES..... 127













