GUILLAUME PITRON

L'ENFER NUMÉRIQUE

VOYAGE AU BOUT D'UN LIKE

LLL
LES LIENS QUI LIBÈRENT

Guillaume Pitron

L’ENFER NUMÉRIQUE

Voyage au bout d’un *Like*

ÉDITIONS LES LIENS QUI LIBÈRENT

À Camille, Victor, Anaïs.
À Roland Boman et son fleuve disparu.

« Notre avenir est une course entre la puissance croissante de notre technologie et la sagesse avec laquelle nous l'utiliserons. »

Stephen Hawking

Introduction

Une fois n'est pas coutume, domptons la furieuse cavalcade du temps. Inversons le cours des horloges. Et figurons-nous le rythme auquel s'est écoulé le quotidien de nos semblables jusqu'au XIXe siècle. Qu'il s'agisse de cultiver le millet, de lever des armées ou d'édifier des pyramides, la moindre de nos actions était assujettie au pas des esclaves, au débit des fleuves et aux vicissitudes des brises océanes. De ce monde subsistent des réseaux de communication toujours visibles : voies romaines, comptoirs coloniaux ou anciennes écuries édifiées, dans l'Ouest américain, par les postiers du Pony Express.

Ces routines millénaires furent bouleversées le 6 octobre 1829. Ce jour-là, « la fusée », une locomotive à vapeur conçue par l'ingénieur britannique George Stephenson, s'élança à 40 kilomètres à l'heure sur la ligne de chemin de fer reliant Manchester à Liverpool, condamnant diligences et caravelles à l'oubli. Associé au télégraphe et aux aéronefs, le train a transformé notre rapport au temps. Les hommes, les marchandises et les idées purent sillonner le monde à une vitesse inédite, servis à présent par un réseau de transports planétaire mêlant ports, aérogares et tours relais.

Nouvelle étape le 2 octobre 1971, lorsque l'ingénieur américain Ray Tomlinson envoya le premier e-mail sur Arpanet[1], un réseau informatique prisé des scientifiques et des militaires américains. L'humanité fut soudainement projetée dans l'ère de l'immédiateté. Tout change et s'échange aujourd'hui à la vitesse de la lumière ou presque. Après les routes pavées de l'Antiquité et les chemins ferrés de l'ère industrielle, vous vous demandez peut-être quelles infrastructures rendent nos actions numériques quotidiennes désormais possibles.

Que se passe-t-il lorsque vous envoyez un e-mail ou pressez le pouce levé en l'air – le fameux *Like* – sur un réseau social ? Quelle est la géographie de ces milliards de clics, ainsi que leur impact matériel ? Quels défis écologiques et géopolitiques charrient-ils à notre insu ?

C'est le sujet de ce livre.

Arpanet appartient à la préhistoire du numérique et ses concepteurs – les pionniers de l'informatique – nous apparaissent comme une lointaine bande d'australopithèques. Conçu en 1969, ce réseau, qui connectait à l'origine une poignée d'ordinateurs installés en Californie et dans l'Utah, se déploya la décennie suivante, reliant davantage de terminaux aux États-Unis puis en Europe. L'élaboration en 1983 du protocole TCP/IP[2] autorisa ensuite les ordinateurs du monde entier à communiquer entre eux, signant la naissance d'Internet, un réseau de réseaux dont nous sommes, aujourd'hui, les colocataires.

Depuis, Internet a permis aux technologies numériques de coloniser chaque recoin de notre planète. À force de transmuer la moindre action tangible en processus informatique, tout ce que nous entreprenons aujourd'hui recèle une dimension digitale. Dormir est un acte numérique pour qui a installé une application sur son téléphone pour mesurer ses cycles de sommeil ; prier est une action numérique si nous téléchargeons sur le Web une méditation proposée par quelque communauté religieuse ; un combattant de Daech qui guerroie en Syrie agit dans le monde numérique car les données de géolocalisation de son mobile sont conservées par les États-Unis dans le cadre du programme « Gallant Phoenix » visant à le traduire, un jour, en justice[3] ; câliner son chat est tout autant une activité numérique si l'idée nous prend de diffuser les ronronnements dudit félin sur les réseaux sociaux.

Bref, tout ce que nous entreprenons dans le monde réel est désormais dupliqué dans les sphères virtuelles. Une numérisation du monde que le Covid-19 n'a fait qu'accélérer. Cette pandémie mondiale nous a, de toute évidence, rendus encore plus tributaires des outils digitaux pour travailler chez soi, acheter un livre sur un site d'e-commerce ou organiser une fête virtuelle entre amis. L'expansion de l'univers numérique est si rapide que ses acteurs peinent quelquefois à suivre son infernale cadence : en 2020, plusieurs opérateurs durent

ainsi dégrader la qualité de leurs services de vidéo en ligne afin de prévenir une « saturation des réseaux[4] ». De même, les ventes d'ordinateurs et de PlayStation explosent et les constructeurs de voitures connectées se débattent dans une pénurie inédite de puces électroniques[5].

Cette virtualisation générale du monde sensible n'en est qu'à ses bégaiements : en 2030, les géants du Net auront connecté la totalité de l'humanité au World Wide Web[6]. Les expressions « Internet sensoriel », « réalité fusionnée » et « intelligence artificielle verte » feront bientôt partie de notre langage courant[7], stimulant un prodigieux métissage des idées et des cultures. Les États-Unis et la Chine domineront le monde parce qu'ils auront pris le contrôle du cyberespace. Et pourtant, l'immense majorité d'entre nous se montre bien incapable d'expliquer quelles installations ont été déployées pour relier nos ordinateurs à nos tablettes ou nos smartphones.

D'abord parce que les technologies numériques provoquent un malentendu. À écouter leurs hérauts, l'univers digital ne serait en effet guère plus concret qu'un « nuage », le fameux *cloud* dans lequel nous stockons nos documents et photos. Tout au plus s'apparenterait-il à une espèce de « blob », cet organisme unicellulaire, composé d'un réseau de veines, informe et visqueux[8]. Pour un peu, le monde digitalisé serait synonyme de « vide » ou de « néant ». Il nous invite à commercer en ligne, jouer virtuellement et nous étriper sur Twitter sans que cela ne mobilise, à première vue, le moindre gramme de matière, le plus infime électron, la première goutte d'eau. Bref, le numérique est le plus souvent réputé ne générer aucun impact matériel. « Allez déjà prendre conscience de ce que cela consomme de laisser une pièce allumée ! », s'amuse Inès Leonarduzzi, directrice d'une organisation visant à rendre le numérique plus écoresponsable[9]. Alors pour les réseaux informatiques…

Supposément libéré de toute contrainte physique, le capitalisme numérique peut dès lors s'épanouir à l'infini. L'industrie digitale peut même vanter, comme nous allons le découvrir, son tribut positif à la préservation de la planète compte tenu des fabuleux leviers d'optimisation de nos méthodes agricoles, industrielles, « servicielles » qu'elle permet. Autrement dit, nous ne « sauverons » pas la planète sans un recours massif aux technologies numériques. Et puis il est très

difficile de nous représenter le « blob » ! La croissance de l'industrie digitale s'apparente en effet à celle d'une forêt de séquoias ou à l'acidification des océans : elle a beau être réelle, elle reste insaisissable à l'œil nu. Or, ce qui ne se perçoit pas ne se conçoit pas davantage.

Pourtant les questions, cruciales, demeurent : quel est l'impact spatial de cet outil ? Ces nouveaux réseaux de communication sont-ils compatibles avec la « transition écologique » ? Des régiments d'infanterie et des porte-avions devront-ils protéger ces infrastructures pour que nous puissions continuer à nous divertir sur la Toile ? Quelle entité gouvernera demain le monde parce qu'elle contrôlera l'architecture physique de nos vies censément « dématérialisées » ?

Pendant deux ans, nous avons suivi, sur quatre continents, la route de nos e-mails, de nos *Like* et de nos photos de vacances. Pour cela, il nous a fallu sillonner les steppes de la Chine septentrionale à la recherche d'un métal qui fait fonctionner nos smartphones, arpenter les vastes plaines du cercle arctique où refroidissent nos comptes Facebook et enquêter sur la consommation d'eau de l'un des plus grands centres de données de la planète, celui de la National Security Agency (NSA), bâti dans l'un des États les plus arides des États-Unis. Nous avons voulu comprendre pourquoi la minuscule Estonie, au bord de la mer Baltique, est devenue la nation la plus digitalisée de la planète, enquêté sur le monde discret de la finance algorithmique dépendante des hydrocarbures et traqué le raccordement d'un câble transocéanique sur la façade atlantique de l'Hexagone.

Nous avons découvert qu'Internet a une couleur (le vert), une odeur (de beurre rance), et même un goût, salé comme l'eau de mer. Il émet également un son strident, semblable à celui d'une immense ruche. Bref, nous avons fait l'expérience sensorielle de l'univers numérique, prenant par là même la mesure de sa démesure. Car pour envoyer un simple *Like*, nous déployons ce qui sera bientôt la plus vaste infrastructure jamais édifiée par l'homme. Nous avons structuré un royaume de béton, de fibre et d'acier, hyper-disponible, sommé d'obtempérer à la microseconde près. Un « inframonde », constitué de *datacenters*, de barrages hydroélectriques, de centrales à charbon et de mines de

métaux stratégiques, tous unis dans une triple quête : celle de puissance, de vitesse et… de froid.

Il s'agit également d'un royaume amphibie sillonné par des navires câbliers et des supertankers, peuplé d'hommes d'affaires et de marins, de mineurs et d'informaticiens, de maçons et d'électriciens, de balayeurs et de convoyeurs de camions-citernes. Des hommes et des femmes propulsés au-devant de fascinants défis écologiques, économiques et géostratégiques. Des machinistes de l'exode numérique bravant les lois de la physique pour que des milliards d'internautes aient l'illusion d'en être affranchis.

Une dizaine de pays visités plus tard, voici la réalité : la pollution digitale est colossale, et même celle qui croît le plus rapidement. « Lorsque j'ai découvert les chiffres de cette pollution, je me suis dit : "Comment est-ce possible ?" », se rappelle Françoise Berthoud, ingénieure de recherche en informatique[10]. Cette pollution est d'abord due aux milliards d'interfaces (tablettes, ordinateurs, smartphones) constituant notre porte d'entrée sur Internet. Elle provient également des données que nous produisons à chaque instant : transportées, stockées, traitées dans de vastes infrastructures consommatrices de ressources et d'énergie, elles permettront de créer de nouveaux contenus digitaux pour lesquels il faudra… toujours plus d'interfaces ! Aussi ces deux familles de pollution se complètent-elles et s'alimentent-elles l'une l'autre.

Les chiffres sont édifiants : l'industrie numérique mondiale consomme tant d'eau, de matériaux et d'énergie que son empreinte est le triple de celle d'un pays comme la France ou l'Angleterre. Les technologies digitales mobilisent aujourd'hui 10 % de l'électricité produite dans le monde et rejetteraient près de 4 % des émissions globales de CO_2, soit un peu moins du double du secteur civil aérien mondial[11]. « Si les entreprises du numérique se révèlent plus puissantes que les pouvoirs de régulation qui s'exercent sur elles, le risque existe que nous ne soyons plus en mesure de contrôler leur impact écologique », avertit Jaan Tallinn, le fondateur de Skype et du Future of Life Institute, qui travaille sur l'éthique des technologies[12]. Nous en sommes même convaincu : la pollution digitale met la transition écologique en péril et sera l'un des grands défis des trente prochaines années.

Une course est désormais engagée : d'un côté, les entreprises du numérique déploient leur formidable puissance financière et d'innovation pour optimiser et « verdir » Internet, les smartphones et même les pelouses bordant leur siège social. L'enjeu d'un numérique « écologique » et « responsable » se trouve aujourd'hui au cœur des préoccupations de l'industrie, car c'est à cette condition que nous pourrons continuer à cliquer et « liker » à l'envi. À leur tête, les GAFAM[13] entendent même entretenir notre ignorance de leur formidable tribut matériel. Omniprésents sur nos écrans, mais difficilement saisissables sur la terre ferme, ces géants ont, comme nous le verrons en Scandinavie, littéralement organisé leur « insolvabilité physique ». « Intouchables » au sens premier du mot, ils parviennent, de la sorte, à être inattaquables. Ils n'ont de comptes à rendre à personne… puisqu'ils n'existent pas ! À telle enseigne que leur mot d'ordre pourrait être : « Pour vivre heureux, vivons dématérialisés. » Et évaporés.

De l'autre, des réseaux et communautés de « défricheurs[14] » pensent qu'un autre numérique, plus sobre, responsable et respectueux de l'environnement est possible. Nous les avons rencontrés : un entrepreneur néerlandais qui rapatrie des dizaines de milliers de téléphones portables de l'Afrique vers l'Europe ; une militante estonienne qui a lancé la première journée mondiale consacrée au nettoyage de nos données numériques ; un marin néerlandais qui récupère de vieux câbles au fond des océans, ou encore une armée d'ingénieurs de tous horizons qui ont conçu le smartphone le plus écologique du monde. Tous partagent les valeurs de collaboration, de sobriété, de partage… au service d'un numérique réellement durable.

C'est alors que surgit un puissant raz-de-marée médiatique : la « génération climat ». À Sydney, Berlin ou Manille, les « grèves du vendredi » rassemblent, depuis 2018, des millions de jeunes militants prenant à partie les dirigeants politiques et les entreprises incapables de se montrer à la hauteur de la crise écologique[15]. Il ne s'agit pas seulement d'un mouvement spontané, horizontal et majoritairement féminin, porté par des idéaux de justice et de solidarité ; c'est aussi et surtout un phénomène… numérique, amplifié par une déferlante de hashtags (mots-dièse) et de vidéos sur YouTube. Il fut initié par Greta Thunberg

qui lança, le jour de la rentrée des classes de l'année 2018, la première grève du climat. Cette courageuse militante suédoise s'est transformée en une icône après qu'une photo la présentant assise avec sa pancarte devant le Parlement suédois fut devenue virale en deux heures. Voilà pour la légende. Ce que l'on sait moins, en revanche, c'est que ce cliché est l'œuvre d'un photographe professionnel, dépêché par une start-up suédoise engagée dans la cause écologique afin de faire le buzz[16]. Puis les images passèrent entre les mains de brillants *community managers*, qui calibrèrent un puissant message pour les réseaux sociaux faisant, ainsi, naître une célébrité[17].

Cela n'enlève rien à la sincérité du combat de Greta Thunberg. Mais n'oublions pas qu'à l'image de ce génie du marketing aujourd'hui suivi par 16 millions d'abonnés sur Twitter et Instagram, la « génération climat » est d'abord constituée de jeunes consommateurs drogués aux outils numériques. Aux États-Unis, un adolescent passe sept heures et vingt-deux minutes de son temps libre par jour devant un écran[18], dont près de trois heures à regarder des vidéos sur Netflix ou Orange Cinéma Séries (OCS) et une bonne heure sur des réseaux sociaux tels que TikTok, SnapChat, Twitch, House party ou Discord. En France, un adulte de 18 ans a déjà possédé en moyenne… cinq téléphones mobiles ! Et plus on est jeune, plus on renouvelle souvent ses équipements, lesquels comptent pourtant pour près de la moitié de la pollution numérique[19].

Pour la première fois dans l'histoire, une génération entière se lève pour « sauver » la planète, traîner des États en justice pour inaction climatique et replanter des arbres[20]. Des parents soupirent d'avoir « trois Greta Thunberg à la maison », vent debout contre la consommation de viande, le plastique et les voyages en avion[21]. Mais dans le même temps, cette progéniture est celle qui a le plus recours aux sites d'e-commerce, à la réalité virtuelle et au *gaming*. Les jeunes raffolent également de la vidéo en ligne pour regarder la télévision, ce qui constitue, comme nous allons le voir, un non-sens écologique total. Une étude britannique devait confirmer que les *digital natives*, nés avec Internet, seront les premiers à adopter, à l'avenir, les nouveaux services et interfaces proposés par les grandes entreprises du secteur numérique[22]… La « génération climat » sera l'un des principaux acteurs du doublement, annoncé à l'horizon 2025, de la

consommation d'électricité du secteur numérique (20 % de la production mondiale) ainsi que de ses rejets de gaz à effet de serre (7,5 % des émissions globales). Exposé à ce paradoxe lors d'un débat auquel nous participions, en 2020, un jeune adulte, pourtant spécialiste de ces questions, esquiva avec cette réponse négligente : « On consomme des produits numériques parce que l'on nous propose de les consommer. »

La réalité est que la « génération climat » hérite d'une infrastructure dont elle tirera le meilleur comme le pire. Cette enquête entend l'interpeller : que ferez-vous des fabuleux pouvoirs dont vous serez bientôt les dépositaires ? Saurez-vous dompter l'hubris que ces technologies excitent en vous ou serez-vous, tels des Icare, consumés par les radiations de ce soleil synthétique ? Dans cette course entre la puissance croissante des technologies et la sagesse que leur emploi réclame, de quel côté pencherez-vous ? Pour l'heure, vous frisez, selon l'agence Eurostat, la « saturation[23] » face à l'avalanche de contenus dont vous bombardent les GAFAM. Vous ne vous rendez donc pas compte qu'en faisant du numérique un instrument de votre émancipation, vous vous précipitez dans les bras de vos nouveaux maîtres. Vous courez le danger que le bénéfice de vos nouvelles habitudes véganes et locavores soit annihilé par l'explosion de votre empreinte numérique et les prodigieux effets rebonds que ce Léviathan électronique va engendrer.

« Cette situation me rappelle 1968, avec une jeune génération qui prend le chemin de la rue », analyse un expert du numérique. Suivant l'injonction de Karl Marx, les prolétaires de tous les pays étaient alors appelés à s'unir. Rien de tout cela ne s'est produit… cependant que les capitalistes, eux, se sont organisés pour façonner la mondialisation. Et pour cause : « Certains manifestants étaient des socialistes qui sont ensuite devenus des dirigeants de grandes compagnies pétrolières », trahissant de la sorte les idéaux qu'ils clamaient dans la rue, un pavé à la main, décrypte ce commentateur. Cinquante ans plus tard, « j'ai l'impression que l'histoire se répète », confie notre homme.

Saurez-vous lui donner tort ?

L'histoire nous enseigne qu'il faut nous méfier des peurs provoquées par l'apparition d'inventions. Des journaux au cinéma, du roman au téléphone, « les

nouveaux médias ont toujours généré des effets de panique », rappelle en effet le psychologue canadien Steven Pinker[24]. Au XVe siècle, l'imprimerie fut vue comme « un danger pour l'esprit » et, au début du XXe siècle, la radio fut décriée comme portant atteinte aux bonnes mœurs et à la démocratie. Dans les années 1960, on soutint que la télévision allait détruire notre santé mentale et physique[25]. L'ordinateur et le numérique concentrent dorénavant ces critiques auxquelles s'ajoute – c'est inédit – celle de nuire à l'environnement. Les technologies digitales sont, à l'évidence, le miroir de nos inquiétudes contemporaines, de notre nouvelle écologie angoissée.

Elles sont pourtant porteuses de fabuleux progrès pour l'humanité. Avec elles, nous allons allonger l'espérance de vie des hommes, sonder les origines du cosmos, généraliser l'accès à l'éducation et modéliser les prochaines pandémies. Elles stimuleront même de formidables initiatives écologiques. Mais ne soyons pas candides au moment de nous engager dans la mère des batailles de ce siècle naissant : le numérique tel qu'il se déploie sous nos yeux ne s'est pas, dans sa très grande majorité, mis au service de la planète et du climat. Élément le plus évanescent qui soit, il est paradoxalement celui qui nous projettera le plus au-devant des limites physiques, biologiques, de notre maison commune.

C'est pourquoi nous avons voulu enquêter sur un univers dont la substance nous échappe. Décrypter la face sombre d'une industrie qui ne veut jamais prendre la lumière, la géographie d'une prétendue abstraction. Révéler l'anatomie d'une technologie qui, au nom d'un idéal quasi-mystique de dématérialisation, est en train de produire une modernité prodigieusement matérialiste. Et mettre au jour cette évidence : envoyer un e-mail ou un *Like* charrie de vertigineux défis jusqu'alors soustraits à nos sens.

1. « Advanced research projects agency network ».

2. « Transmission control protocol/Internet protocol ».

3. « US heading anti-jihadist intelligence sharing operation – report », *The Times of Israel*, 25 mars 2021.

4. « YouTube and Netflix are cutting streaming quality in Europe due to coronavirus lockdowns », CNBC, 20 mars 2020. De nombreux experts, comme l'informaticien Stéphane Bortzmeyer, pensent au

contraire que les réseaux furent loin de la saturation. Lire « L'Internet pendant le confinement », framablog.org, 21 mars 2020.

5. « Why the world is short of computer chips, and why it matters », Bloomberg, 17 février 2021.

6. Littéralement, « la toile d'araignée mondiale », ainsi baptisée par le père du Web, le physicien britannique Tim Berners-Lee. À propos des projections d'extension du réseau à l'humanité entière, lire « Humans on the internet will triple from 2015 to 2022 and hit 6 billion », *Cybercrime Magazine*, 18 juillet 2019.

7. « 10 hot consumer trends 2030 », Ericsson ConsumerLab, décembre 2019.

8. « Giant cell blob can learn and teach, study shows », *Science News*, 21 décembre 2016.

9. Entretien avec Inès Leonarduzzi, directrice de Digital For the Planet, 2019.

10. Entretiens avec Françoise Berthoud, ingénieure de recherche en informatique, 2019 et 2020.

11. « Lean ICT : pour une sobriété numérique », rapport du groupe de travail dirigé par Hugues Ferreboeuf pour le think tank The Shift Project, octobre 2018.

12. Entretien avec Jaan Tallinn, fondateur de Skype et du Future of Life Institute, 2020.

13. Acronyme des cinq entreprises américaines les plus puissantes de l'économie numérique : Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft.

14. Nous devons ce terme à Agnès Crepet, responsable de la division *information technology* et longévité logicielle de Fairphone.

15. fridaysforfuture.org

16. Il s'agit de la start-up We Don't Have Time : wedonthavetime.org

17. « Comment la grève solitaire de Greta Thunberg est devenue virale en deux heures », La Netscouade, 18 octobre 2019.

18. Victoria Rideout, Michael B. Robb, « The common sense census: media use by tweens and teens », Common Sense Media, 2019.

19. « La face cachée du numérique – Réduire les impacts du numérique sur l'environnement », ADEME, janvier 2021.

20. Simon Kessler et Johan Boulanger, *Génération Greta*, documentaire de 53 minutes, AFP et Galaxie presse, 2020.

21. « J'ai trois Greta Thunberg à la maison… Ces ados écolos qui prennent en main le bilan carbone de la famille », *Le Monde*, 16 novembre 2019.

22. « Today's youth, tomorrow's internet A Nominet Digital Futures Report », Nominet, 2019.

23. « Being young in Europe today – digital world », Eurostat, juillet 2020.

24. « The perils of progress », *The New Republic*, New York, 29 juin 2010.

25. Trine Syvertsen, *Media Resistance: Protest, Dislike, Abstention*, Palgrave Macmillan, 2018.

1.

Numérique et écologie : un lien fantasmé

Depuis la rugissante ville d'Abou Dhabi, aux Émirats arabes unis, une demi-heure de route suffit à rejoindre Masdar City. Posée sur 640 hectares de désert brûlant, bordant l'autoroute du golfe Persique qui file vers l'Arabie saoudite, c'est une forteresse voûtée sur elle-même, réfugiée dans son écrin d'aluminium, de verre et de béton aux teintes rouges. Dans l'enceinte de la ville, les rues sont étroites et ombragées. Ici, des silhouettes enveloppées dans une *dishdash*, la longue chemise blanche traditionnelle des hommes, glissent sous un bouquet de palmiers. Là, les façades des immeubles sont ornées de *moucharabiehs*, des cloisons ajourées filtrant les intrusions lumineuses. Et sur une placette s'élance une tour à vent qui, comme dans les antiques villes persanes, capte les courants d'air et les redirige vers le cœur de Masdar pour la rafraîchir.

Si cette ville aux allures de vaisseau spatial[1] égaré dans un ourlet de dunes fascine tant, c'est parce que de formidables ambitions technologiques pourraient bientôt s'y concrétiser : les autorités émiraties entendent faire de Masdar (« la source » en arabe) l'éco-cité la plus durable du monde[2], pilotée par des technologies numériques les plus modernes jamais conçues. En 2030, lorsque 17 milliards d'euros y auront été investis, Masdar promet d'être un modèle régional et même mondial de développement urbain intelligent[3]. Quant à ses 50 000 futurs habitants, ils profiteront « de la qualité de vie la plus élevée avec l'impact environnemental le plus faible possible[4] », s'enthousiasment les

réclames officielles. Bref, Masdar City est déjà un rêve éveillé : celui d'une ville parmi les plus agréables où vivre sur la Terre.

LES VILLES INTELLIGENTES AU CHEVET DE LA PLANÈTE

Masdar symbolise à elle seule les espoirs aujourd'hui placés dans les villes intelligentes. Également appelées *smart cities*, elles sont la quintessence de ce que le numérique peut nous apporter de mieux. Et pour cause ! Plus de la moitié de la population mondiale est dorénavant concentrée dans les agglomérations. Ces dernières n'ont beau accaparer que 2 % de la surface du globe, on y produit par ailleurs 75 % de l'énergie dans le monde et on y émet 80 % des émissions globales de CO_2 ! Inutile de préciser que la pression sur l'eau, les ressources alimentaires et les réseaux électriques y est colossale. Un défi consiste dès lors à articuler et mieux organiser les flux de personnes, de biens et d'énergie, afin de rendre la ville de demain plus agréable à vivre et écologique. Adieu les armadas de policiers munis de sifflets pour administrer les flux de voitures, de camions et de motos aux carrefours ! Sus au simple « bouche-à-oreille » pour que les stocks de produits périssables trouvent acheteurs en temps et en heure : dans les villes intelligentes, les données collectées et traitées par les technologies de l'information et de la communication (TIC), les capteurs, les systèmes de géolocalisation et même l'intelligence artificielle permettent de décupler la capacité des citadins à collaborer et à interagir, le tout au service de la planète. Un monde écologique sera d'abord un monde mieux organisé.

Masdar fait figure de test grandeur nature. La ville doit entièrement s'approvisionner en énergies renouvelables et n'émettre ni CO_2 ni déchets. Comment ? Grâce aux capteurs de mouvements et aux compteurs reliés à des logiciels qui pourraient réduire de plus de moitié la consommation d'électricité et d'eau de la ville. Au moyen, également, de 1 800 véhicules autonomes qui composeraient (selon les plans initiaux) un réseau de transports baptisé *Personal Rapid Transit* (PRT). À l'aide, enfin, d'installations domotiques qui permettraient, dans les habitations, de moduler le fonctionnement des

climatiseurs en fonction de la présence de leurs occupants, de façon que la consommation d'énergie des villas soit abaissée de 72 %. « Les autorités émiraties ont fait le pari que la technologie est la solution à tous les défis urbains ! », constate Federico Cugurullo, universitaire italien ayant longuement étudié Masdar City[5].

Dès 2007, l'agence d'architectes britannique Foster + Partners[6] missionnée pour faire jaillir Masdar des sables avait mis l'accent sur des aménagements urbains de bon sens, à l'efficacité éprouvée. La ville est orientée vers le nord-est afin de limiter son exposition au soleil, les ruelles sont alignées dans le sens du vent pour faciliter les courants d'air. Quant aux escaliers disposés avant les ascenseurs, ils incitent à davantage d'exercice physique. Mais les autorités émiraties ont préféré miser sur les innovations technologiques… De sorte que rien ne s'est déroulé comme prévu. Cumulant les obstacles techniques, les officiels ont admis que la part des énergies renouvelables nécessaires au fonctionnement de la ville serait plutôt de 50 %, soit moitié moins qu'envisagé à l'origine. Le *Personal Rapid Transit* s'est avéré un bourbier technique au point d'être remplacé par une flotte de navettes autonomes plus modeste[7]. Quant à la domotique, le *Building Management System*, un ambitieux projet de contrôle et de diminution de la consommation énergétique des habitants de Masdar, sa mise en œuvre est fortement retardée tant personne ne sait comment le faire fonctionner[8].

LE VÉRITABLE COÛT ÉCOLOGIQUE DES *SMART CITIES*

Aujourd'hui, seuls 10 % du plan initial de l'éco-cité ont été bâtis et la ville accueille à peine 2 000 résidents. Masdar est-elle condamnée à devenir la première « cité verte fantôme », comme s'en est inquiétée la presse internationale[9] ? Et surtout, est-elle, comme le répètent à l'envi ses promoteurs, une ville réellement respectueuse de l'environnement ? La question paraît scandaleuse quand on sait que rendre tout plus intelligent est le nouvel horizon de l'écologie. Le Parlement européen n'a-t-il d'ailleurs pas affirmé que les villes

smart généreront « de la prospérité économique et du bien-être social », tout en étant « efficientes et durables[10] » ? Voilà qui explique pourquoi 443 projets de *smart cities* ont déjà vu le jour à l'initiative de 286 villes à travers le monde[11].

Or, « une ville est comme un individu : elle a besoin de nourriture, d'eau et d'espace pour s'épanouir », raconte Federico Cugurullo. En étudiant le « métabolisme urbain » d'une agglomération, les urbanistes entendent recenser les flux de matières, d'énergie et de déchets qui y entrent et en sortent afin d'en apprécier les performances écologiques. Or, quel est le métabolisme d'une *smart city* telle que Masdar ? « La question est légitime car les technologies intelligentes nécessitent des matériaux dont il faut calculer l'impact », insiste Curugullo, qui confie avoir demandé – sans succès – des rapports chiffrés auprès des promoteurs. De toute façon, « vous ne vous procurerez jamais de tels documents à Abou Dhabi », tranche l'universitaire turque Gökçe Günel, auteure d'un ouvrage sur Masdar City, dans une allusion à peine voilée au régime autoritaire émirati[12].

Le plus stupéfiant est que, jusque récemment, aucune étude d'impact globale d'une *smart city* n'avait été conduite dans le monde[13]. Il faut en réalité attendre 2016 pour qu'un groupe de chercheurs danois, emmené par Kikki Lambrecht Ipsen, établisse un cadre d'analyse théorique pour le compte d'une revue scientifique[14]. Durant six mois, l'universitaire va passer en revue les coûts et bénéfices de sept catégories de technologies *smart* telles que les fenêtres intelligentes, les compteurs d'eau connectés et les réseaux électriques informatisés – soit des millions d'équipements[15]… D'un côté, ces outils réduisent la consommation d'électricité des agglomérations. Mais pour obtenir un tel gain, il a fallu industrialiser et transporter quantité d'équipements, avec un coût matériel et énergétique important. Or l'analyse coûts-bénéfices de Kikki Lambrecht Ipsen, publiée en 2019, laisse abasourdi : « Le développement de solutions de villes intelligentes génère, d'une manière générale, une influence négative sur les performances environnementales d'un système urbain[16] », conclut la chercheuse.

Soyons clairs : les *smart cities* peuvent être des agglomérations agréables à vivre et localement propres pour les milliards d'urbains qui les habitent. De plus,

des progrès technologiques les rendront encore plus efficientes et contribueront probablement à réduire leur bilan écologique. Il n'est dès lors pas insensé que nos édiles en fassent un fer de lance de leur action politique. Mais si l'on tient compte des véritables frontières de ces villes, qui s'étirent à des milliers de kilomètres des périphériques, là où l'on fabrique les technologies intelligentes, il semble que nous aggravions actuellement leur impact global. « Les conclusions de l'étude ne peuvent être généralisées à l'ensemble de la planète, prévient Kikki Lambrecht Ipsen. Mais lorsqu'il est question de villes intelligentes, il nous faut rester méfiants. » Federico Cugurullo a, lui, l'intuition – sans pouvoir le prouver – que « les coûts écologiques de Masdar City sont [eux aussi] supérieurs aux bénéfices escomptés ». Il assure d'ailleurs que « les solutions avancées sont précisément la cause du problème. Si vous consultez des géographes ou des urbanistes, 95 % d'entre eux demeurent sceptiques à propos de la ville intelligente ».

Comment une telle cécité a-t-elle été rendue possible ?

LES MATHÉMATIQUES AU SERVICE DE LA NATURE

Pour répondre à cette question, il nous faut ouvrir une fenêtre sur la longue histoire des mathématiques. Depuis des milliers d'années, les hommes n'ont cessé de traduire le monde qui les entoure en chiffres ou en nombres – de calculer. Projetons-nous pour commencer dans une société agraire s'épanouissant en Mésopotamie, il y a cinq mille ans, sur les rives de l'Euphrate. Pour compter leurs troupeaux, les bergers plaçaient dans un récipient un nombre de jetons d'argile équivalent aux têtes de bétail composant leur cheptel et, partant, ils les comptaient[17]. Par la suite, les diverses branches des mathématiques (algèbre, statistique, géométrie, arithmétique, etc.) ont permis de poursuivre cette œuvre de conceptualisation du monde… et donc d'étendre l'emprise de l'homme sur ce qui l'entoure.

Dans l'Antiquité romaine, par exemple, les aqueducs furent construits grâce, notamment, à l'utilisation du dioptre, un instrument de mesure topologique qui

mesurait les angles des édifices. Au Moyen Âge, avec la trigonométrie, les arpenteurs arabes purent traduire leurs pas en distances géographiques, ce qui favorisa l'apparition des premiers cadastres. À l'aube de la Renaissance, aucune exploration des océans n'eût été possible sans le recours à des outils de calcul géométrique tels que les compas, les rapporteurs et autres astrolabes. Et que dire des statistiques et des probabilités qui, au XVIIIe siècle, permirent d'anticiper les évolutions démographiques et les rentrées fiscales, et donc de mieux administrer l'État français ? Au cours de l'histoire, les mathématiques se sont révélées une puissante discipline pour comprendre le monde, l'organiser et, bien entendu, le conquérir.

Mais cela fait trois siècles que les mathématiciens nourrissent aussi un but différent… Tout remonte au début du XVIIIe siècle : afin de rationaliser la gestion forestière outre-Rhin (et bien sûr d'accroître leurs profits), les forestiers allemands organisèrent la rotation des coupes et accélérèrent la régénération de la ressource avec force calculs. Après la Seconde Guerre mondiale, on appliqua le même objectif à l'industrie halieutique grâce à la mesure du rendement maximal durable, c'est-à-dire la quantité maximale de poissons pouvant être pêchés sans que les espèces ne soient mises en danger[18]. « Le recours aux mathématiques pour limiter la consommation de matières et d'énergie, mieux étudier l'évolution de la faune et de la flore ou encore optimiser les déplacements a une longue histoire », confirme un expert[19]. Pour le dire autrement, cela fait belle lurette que les sociétés humaines mesurent la nature pour la dominer… et pour la protéger.

C'est alors qu'intervient le numérique, c'est-à-dire l'entreprise la plus aboutie de représentation de ce qui nous entoure en chiffres, nombres, caractères et autres signaux. Couplé à la formidable puissance de traitement des outils informatiques contemporains, le numérique a pour conséquence, au XXe siècle, non seulement de démultiplier nos désirs de connaissance et de conquêtes jusque dans les recoins d'une lointaine galaxie, mais également de poursuivre, en plus grand, l'œuvre de conservation des forestiers allemands.

• Tout d'abord, le numérique permet d'acquérir une connaissance inédite de la santé de la planète. L'extraordinaire masse d'images et de données ainsi

combinées sert une compréhension profonde des pollutions qui nous menacent. Un épisode récent l'illustre : depuis plusieurs années, des scientifiques constataient la présence persistante dans l'atmosphère de CFC-11[20], un gaz responsable du trou dans la couche d'ozone et interdit par le protocole de Montréal de 1987[21]. Mais ils s'avouaient incapables de savoir quel pays en était l'émetteur. Par le truchement des images satellitaires[22] et de la modélisation des vents qui propageaient ces gaz, une équipe de recherche internationale a pu identifier, en 2019, l'origine des émissions[23] – plusieurs usines situées dans l'est de la Chine – et faire cesser un trafic illégal de CFC-11. Quelle autre technologie que le numérique aurait pu générer de tels gains écologiques en un laps de temps si court ?

Et nous n'avons qu'effleuré, à ce jour, cet effet de levier écologique. Vous vous rappelez peut-être que dans le roman *1984*[24], le seul arpent de l'Océania où Winston Smith peut encore se soustraire à *Big Brother* est un taillis de frênes, une clairière tamisée de jacinthes, des pâturages, un ruisseau… En clair, la nature. Celle-ci échappe aux télécrans et aux micros annoncés par George Orwell. Or la réalité a dépassé la fiction depuis que des « méga-constellations » de milliers de satellites catapultés dans l'espace permettent d'observer en temps réel la pollution par le plastique des océans, de mesurer l'acidité des terres agricoles, d'évaluer l'érosion de la grande barrière de corail ou la fonte des neiges au sommet du Kilimandjaro… S'il fut un temps où nous regardions le ciel pour affiner notre lecture du monde ici-bas, aujourd'hui, c'est l'exact inverse qui se produit : des milliers d'astres électroniques nous regardent sans arrêt, ainsi que nos compagnons les thons de Méditerranée, les manchots du Cap et les pins de Paraná du Brésil. Jamais la nature ne s'était trouvée soumise à une telle surveillance !

• Ensuite, le numérique concourt à optimiser nos modes d'organisation. « Il permet ainsi d'adapter l'éclairage public aux besoins réels des populations, de localiser les fuites dans les réseaux d'eau […], d'informer en temps réel des solutions de mobilité qui s'offrent aux usagers. Il contribue à l'amélioration du fonctionnement des réseaux énergétiques […]. Il peut servir à optimiser la collecte des déchets, l'utilisation des intrants dans

l'agriculture », énumère un rapport qui fait autorité sur le sujet[25]. En Chine, les autorités misent par exemple beaucoup sur l'utilisation des données de circulation routière afin de limiter la pollution de l'air. C'est le concept de *city brain* (« cerveau urbain ») développé par l'entreprise Alibaba dans la ville de Hangzhou[26] grâce à plusieurs centaines de milliers de caméras ! Selon la firme chinoise, les informations recueillies auraient permis d'adapter les feux de signalisation au trafic de voitures, de réduire les embouteillages de 15 % et donc de baisser les émissions de CO_2[27] ! Dans les maisons connectées, des capteurs permettent d'anticiper notre consommation précise d'énergie, de réduire la climatisation lorsque nous nous absentons ou de baisser automatiquement les stores en cas de forte chaleur. De la sorte, jusque 30 % d'énergie pourrait être économisée[28]. Étendons ces dispositifs à l'ensemble de la planète, et leurs effets bénéfiques se feront ressentir à un degré inégalé.

• Enfin, le numérique nous encourage à verdir nos modes de consommation. Aux États-Unis, les plateformes CropSwap[29] et FarmMatch[30] multiplient les circuits alimentaires courts en mettant en relation des consommateurs avec des agriculteurs locaux. Quant à la start-up danoise Too Good to Go[31], aujourd'hui présente dans quatorze pays, elle connecte des producteurs de produits périssables sur le point d'être jetés à des acheteurs souhaitant les acquérir à moindre coût. Depuis 2016, assure l'entreprise, près de cinquante millions de repas auraient été ainsi « sauvés » à travers le monde. À la clé, un gain écologique massif quand on sait qu'un tiers de la nourriture produite sur Terre est jetée, ce qui représente tout de même 8 % des émissions de CO_2… Et ce n'est pas tout, puisque le numérique permet également « d'insérer les biens dans des systèmes de partage [tels que le don entre particuliers ou le prêt], il facilite le financement participatif des énergies renouvelables ou de l'agroécologie […]. Le numérique propose aussi de lutter contre l'obsolescence, à l'instar de Spareka, une plateforme de vente de pièces détachées couplée à une communauté de réparateurs », renchérit une étude[32].

À l'heure des *fake news* et des faits alternatifs, nous n'avons jamais disposé d'informations aussi précises pour améliorer notre compréhension du monde. L'ingénierie des outils numériques est une aide précieuse : un seul smartphone est aujourd'hui plus puissant que l'ensemble des systèmes informatiques ayant envoyé l'homme sur la Lune[33] ! Multipliez maintenant ces outils par le nombre d'humains sur Terre, concevez des légions de supercalculateurs capables de réaliser des milliards d'opérations par seconde : un nouvel évangile est prêt à l'emploi. On l'a baptisé l'*IT for Green*, c'est-à-dire les technologies de l'information au service du vert, « à tel point que l'on considère de plus en plus qu'il ne sera pas possible de maîtriser le changement climatique sans un recours massif au numérique », souligne un groupe de travail du think tank The Shift Project[34]. Et pourquoi pas, comme nous le verrons plus loin, une « intelligence artificielle verte » capable de planifier, seule, la politique écologique des deux cents prochaines années ? Dans ce futur déjà envisagé par certains technoprophètes, les hommes donneraient alors mandat aux algorithmes d'être maîtres et possesseurs de la nature… au nom de la santé de notre planète.

QUAND L'INDUSTRIE NUMÉRIQUE RÉÉCRIT LE FUTUR

Gagner la bataille de l'opinion suppose, en outre, des chiffres irréfutables. On en trouve, dès 2003, les premières mentions dans des rapports à la diffusion confidentielle[35]. Et en 2015, le message gagne en intensité parmi les instances intergouvernementales : « Alors que l'empreinte carbone des TIC devrait atteindre 1,27 GtCO2e[36] d'ici à 2020, le potentiel total de réduction [de cette empreinte grâce aux] TIC est sept fois plus élevé », clame alors l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO)[37]. Peu après, la Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement (CNUCED) ajoute que « les économies (…) de CO_2 résultant de l'utilisation efficace des TIC représentent 15 % des émissions mondiales[38] ».

S'il est un organisme qui surpasse tous les autres en influence sur ce terrain, c'est bien le Global e-Sustainability Initiative (GeSI). Ce groupement d'acteurs

privés du numérique et d'organisations internationales est établi à Bruxelles[39]. Il se veut « une source majeure d'informations impartiales […] afin de permettre la durabilité sociale et environnementale au moyen des TIC ». Sans l'affirmer clairement, le GeSI est un lobby qui défend les intérêts de ses membres. C'est donc une puissante machine à communiquer : en 2012, l'organisme publie un premier rapport, le *SMARTer2020*, dans lequel il pronostique une réduction, à l'horizon 2020, de 16,5 % des émissions de gaz à effets de serre grâce aux TIC[40]. Trois ans plus tard, une nouvelle étude, le *SMARTer2030*, avance des estimations encore plus grandioses : « Les émissions évitées via l'utilisation des TIC sont près de dix fois plus importantes que celles générées par le déploiement de ces technologies[41] ».

L'industrie numérique ne dit pas que son impact écologique est limité ; elle promet carrément un gain positif net sur le climat. En effet, ses performances irrigueront l'ensemble des acteurs économiques effectuant leur transition numérique : les petits paysans capables, grâce aux images satellites, de doser plus précisément leurs intrants ; les constructeurs automobiles développant des outils d'éconavigation à même d'optimiser la consommation de carburant des voitures ; les géants miniers qui, grâce à des capteurs, peuvent suspendre la ventilation des galeries inexploitées et diminuer ainsi leur consommation d'électricité… Ces enthousiasmantes démonstrations expliquent certainement pourquoi le rapport *SMARTer2030* fut préfacé par Christiana Figueres, secrétaire générale, de 2010 à 2016, de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC)[42], dont l'organe suprême est la fameuse « COP » (Conférence des parties) où se discute, chaque année, l'avenir de la planète. Christiana Figueres déclarera même combien « le rapport souligne le rôle essentiel des TIC » pour atteindre les objectifs de lutte contre le changement climatique.

Via leurs médias de communication, des organisations telles que l'Organisation des Nations unies (ONU) et l'Union internationale des télécommunications (UIT) ont relayé les principales conclusions du GeSI tandis que la Banque mondiale les a reproduites dans une note publique[43]. Idem pour de puissantes entreprises telles que McKinsey, le Boston Consulting Group,

Deloitte ou Orange. Résultat : les rapports du GeSI sont devenus des bibles, et le lobby bruxellois peut s'enorgueillir d'être aujourd'hui l'une des principales sources d'informations mondiales sur le « numérique vert ».

Très vite, pourtant, plusieurs experts devaient émettre des doutes sur le sérieux de ces travaux. Françoise Berthoud, chercheuse au Centre national de la recherche scientifique (CNRS), s'inquiétait que « les critères permettant de juger de la robustesse des données utilisées [soient] parfois légers » et que « les sources sur lesquelles les hypothèses sont basées ne [soient] pas claires[44] ». De plus, nous dit-elle, « ces deux rapports ne se concentrent que sur les émissions de CO_2. Quantité d'e-déchets ne sont pas comptabilisés comme tels, comme les voitures connectées… Aucun organisme indépendant n'a cautionné ces documents[45] ».

Les conditions de réalisation du rapport *SMARTer2030* pourraient-elles nous en apprendre davantage sur la crédibilité de ce document ? Nous avons mené l'enquête, des semaines durant, en rencontrant plusieurs co-auteurs du rapport, jurant de respecter leur anonymat. Premier étonnement lorsque l'on consulte la composition du panel : 13 des 17 organismes ayant dépêché leurs experts sont des entreprises privées[46]. Il aurait fallu contrebalancer cette écrasante domination par une expertise venue du secteur non marchand. Cela semble être le cas avec le Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production (CSCP). Il semble également que plusieurs organisations non gouvernementales (ONG), dont le World Wildlife Fund (WWF), aient été approchées, sans succès car il leur aurait été alors demandé de payer pour participer à la rédaction du rapport[47], ce qu'elles ont refusé.

« La première réflexion que je me suis faite à la vue du panel est que ce groupe était inexpérimenté, nous dit un participant. Je ne connaissais aucun des experts présents. Il n'y avait aucune crédibilité académique. » Les travaux sont néanmoins engagés, au cours desquels notre interlocuteur s'inquiète, à plusieurs reprises, du manque d'impartialité de l'étude. En effet, trop d'affirmations avancées « étaient invérifiables. Les experts ne pouvaient pas prouver leurs dires, notamment certaines fantastiques économies d'électricité permises par le

recours au numérique. Selon moi, les chiffres avancés rendaient le GeSi peu crédible ».

La suite des travaux semble générer des tensions au sein des équipes. Certains chercheurs mirent par exemple au défi leurs collègues de revenir, cinq ans plus tard, prouver que leurs hypothèses de base, jugées trop optimistes, s'étaient réalisées. À telle enseigne que deux représentants du groupe de matériels de télécommunications suédois Ericsson finissent par claquer la porte, regrettant le manque de rigueur scientifique à l'œuvre. Mais après tout, pourquoi s'en étonner ? « Dès le départ, tout le monde savait que les conclusions du rapport seraient positives, reconnaît froidement notre source. Le business, c'est le business ! Tout cela, c'est d'abord du marketing, un "marketing vert" dont l'objectif est de toujours mettre en avant des chiffres positifs. » Un autre dissident admet quant à lui se montrer « très sceptique à propos de toutes ces affirmations » contenues dans le rapport. « Je ne vis pas très bien avec l'idée que mon nom soit associé à cette étude, conclut-il. Aujourd'hui, je ferais les choses différemment. »

L'un de nos apostats confie même qu'« il serait très dangereux que les rapports du GeSI soient utilisés à des fins de politique publique » ! Or, c'est précisément ce qu'il s'est produit… et pour cause, « c'était tellement agréable et séduisant de croire que le numérique, en plus de produire de la croissance économique, était écologique », analyse une spécialiste du numérique responsable[48]. Peu de contre-feux ont été engagés par des études indépendantes. Faute de temps, faute d'argent. « C'est David contre Goliath. L'industrie a confisqué le discours sur les bénéfices environnementaux d'Internet. Elle a essayé par tous les moyens de vendre cette idée et elle continue », confirme-t-elle[49].

Des milliers d'années de guerres nous apprennent combien des puissances victorieuses ont eu à cœur de revisiter l'histoire à leur avantage… Au XXIe siècle, les entreprises du numérique raffinent ce procédé et proposent carrément de réécrire l'avenir ! Car le numérique pollue. Énormément. Compte tenu notamment de sa consommation d'eau, d'énergie et de sa contribution à l'épuisement des ressources minérales, ce secteur génère, comme nous l'avons

déjà exposé plus tôt, une empreinte équivalente à deux ou trois fois celle d'un pays comme la Grande-Bretagne ou la France[50]. En cause, entre autres, les 34 milliards d'équipements numériques qui circulent sur Terre : ceux-là pèsent, au total, 223 millions de tonnes – autant que 179 millions de Berlines[51]. Sur le volet énergétique, les TIC consomment environ 10 % de l'électricité mondiale[52], soit l'équivalent de la production de 100 réacteurs nucléaires[53]. Si le numérique était un pays, il se classerait au troisième rang des consommateurs d'électricité, derrière la Chine et les États-Unis. Or, les électrons sont aujourd'hui produits à près de 35 % à partir du charbon[54]… Dès lors, le numérique représenterait un peu moins de 4 % des émissions globales de gaz à effet de serre[55].

Voilà pour la situation actuelle. Mais en fait de pollution numérique, il faut apprécier le film et non la photographie. C'est d'ailleurs le fil rouge qui nous conduira jusqu'au dernier chapitre de cet ouvrage : les mécanismes d'une fabuleuse amplification de l'empreinte environnementale d'Internet, et que rien ne semble en mesure d'arrêter. En effet, la consommation électrique du numérique augmente de 5 à 7 %[56] par an, et par conséquent, celui-ci pourrait solliciter 20 % de l'électricité mondiale en 2025[57]. Quant à la part des TIC dans les émissions globales de CO_2, elle pourrait doubler au même horizon[58]. « Nous ne nous rendons pas compte à quel point l'impact du numérique est énorme. C'est monstrueux, c'est grave ! », souligne Frédéric Bordage, fondateur de GreenIT.fr[59]. Peut-être parce que « cette pollution est incolore, inodore, ce n'est pas une fumée noire qui sortirait d'une usine », analyse Inès Leonarduzzi, fondatrice de l'entreprise de conseil Digital For the Planet[60]. Mais aussi parce que nous peinons à comprendre le fonctionnement de cette technologie encore récente. Un petit détour par la tuyauterie du Net s'impose.

GÉOGRAPHIE D'UN *LIKE*

Et plus précisément un détour par Montréal, où nous nous rendons à l'automne 2020. Une tempête de neige vient de s'abattre sur la capitale économique du Québec. Gommant les trottoirs, un duvet virginal et glacé

adoucit les pas des passants et étouffe les bruits de respiration. On marche prostré, comme si le froid accroissait ici la force de gravité. Pendant ce temps, un luxueux hôtel du vieux Montréal accueille l'une des conférences phares de l'industrie numérique, le Digital Infra Montréal. Il y est question de « centres de données à très grande échelle », d'« efficacité énergétique des infrastructures digitales », de « réseau à fibres optiques grande distance », d'« informatique en périphérie » ou encore de « plateformes nuagiques »… Avouons-le, ces mots n'évoquent rien à la majorité d'entre nous ; et pourtant, sans eux, le quotidien de milliards d'humains serait bouleversé. La preuve : nous ne pourrions plus envoyer, chaque jour, des milliards de *Like* (le fameux pouce en l'air) sur Facebook, YouTube ou LinkedIn.

Vous en mouriez d'envie, vous l'avez fait : pour entreprendre votre charmante collègue de travail, vous avez « liké » une photo de son profil Facebook. Or, pour parvenir jusqu'au portable de l'être aimé, le *Like* a voyagé à travers les sept couches de fonctionnement d'Internet. La septième couche correspond à votre terminal (un ordinateur, par exemple). Puis votre notification amoureuse s'est enfoncée dans les strates intermédiaires du Net (couche liaison, couche réseau, couche transport, etc., voir l'annexe 1) jusqu'à atteindre la première couche physique d'Internet, composée notamment de câbles sous-marins. Entre les deux, la notification a emprunté l'antenne 4G d'un opérateur mobile ou une box Internet, glissé le long des parties communes de l'immeuble pour atteindre des tuyaux de cuivre enfouis 80 centimètres sous les trottoirs. Puis elle a parcouru des câbles qui filent le long des grandes voies de communication (autoroutes, fleuves, chemins de halage, voies ferrées…), pour rejoindre d'autres *Like* dans les locaux techniques de l'opérateur. Il lui a ensuite fallu traverser les mers et transiter par un centre de données. Des tréfonds du Net, le *Like* a enfin pris le chemin inverse jusqu'à la septième couche : le téléphone du sujet de votre désir. Et même si cette collègue se trouve à dix mètres de vous, votre signal a en réalité voyagé sur plusieurs milliers de kilomètres[61]. Il existe bien une géographie d'un *Like*.

Pour réaliser des actions aussi impalpables qu'envoyer un e-mail sur Gmail, un message sur WhatsApp, une émoticône sur Facebook, une vidéo sur TikTok

ou des photos de chatons sur Snapchat, nous avons donc édifié, selon Greenpeace, une infrastructure qui, bientôt, « sera probablement la chose la plus vaste construite par l'espèce humaine[62] », composée de matières et consommant de l'énergie. Comme nous l'avons vu, les études disponibles tendent à démontrer que les bienfaits du numérique excèdent néanmoins les préjudices… Jusqu'à ce qu'un rapport très fourni publié en 2018 par le think tank The Shift Project ne mette les pieds dans le plat : « La transition numérique telle qu'elle est actuellement mise en œuvre participe au dérèglement climatique plus qu'elle n'aide à le prévenir[63] », affirment ses auteurs. Et le risque que le numérique aboutisse « à une augmentation nette de l'empreinte environnementale des secteurs numérisés est donc bien réel[64] ».

Alors, qui croire ? D'un côté, les universitaires et les ONG soulignent la partialité des études conduites par les industriels. En retour, ces derniers fustigent les approches trop théoriques du monde académique. « Nous n'avons ni le temps, ni l'argent, ni les données pour vérifier les études réalisées [par les industriels] sur le numérique », admet d'ailleurs une chercheuse sur les questions numériques[65]. « Beaucoup de gens donnent leur opinion, très peu de recherches ont été conduites. Et, finalement, personne n'en sait rien », résume Mark Acton, spécialiste des *datacenters*[66]. Une chose est néanmoins certaine : « les décennies de numérisation de nos sociétés sont aussi celles de la plus forte augmentation de notre empreinte écologique », soulignent les chercheurs du *Livre blanc Numérique et Environnement*[67].

POLLUTION NUMÉRIQUE : UNE PRISE DE CONSCIENCE

La Suède est le premier pays à s'être attaqué à la pollution numérique. Au début des années 1990, l'organisation TCO Development[68] devait introduire le premier label mondial de certification pour les équipements numériques responsables. L'informatique restait alors une affaire de secrétaires, or celles-ci s'arrachaient les yeux devant les écrans et en subissaient les champs magnétiques. « Pour protéger leur santé, nous avons requis que les ordinateurs

obéissent à certains critères de fabrication », rappelle Sören Enholm, patron de TCO, au cours d'une rencontre à Stockholm. Ce dernier se remémore qu'« au départ, l'industrie des TIC a vu ce label comme un obstacle à ses intérêts. Mais, face à eux, des centaines de milliers de salariés faisaient pression sur leurs employeurs pour que la certification soit respectée ». Puis les doléances de TCO devaient progressivement s'étendre à la pollution générée par la fabrication des produits électroniques eux-mêmes : limitation de l'utilisation de certains métaux lourds, interdiction des « minerais de conflits », respect des conditions de travail dans les chaînes de production…

Dans le reste du monde, la prise de conscience fut plus tardive – et surtout l'œuvre de francs-tireurs. Au tournant du millénaire, le professeur Eric Williams fut l'un des tout premiers chercheurs américains à consacrer un ouvrage à la pollution des TIC[69]. « Le groupe Intel [un producteur américain de microprocesseurs, NDLR] s'est beaucoup plaint de mes travaux, mais, finalement, cet industriel a fini par cesser de me contredire », rapporte l'universitaire[70]. En Europe, le consultant, éditeur et chercheur Michael Oghia semble être le premier à avoir organisé, en 2017, une conférence internationale sur ce sujet[71], « seul et sur [son] temps libre », précise-t-il[72]. De rapports sur la pollution numérique en colloques sur l'électronique durable, en passant par des actions militantes menées par des ONG devant les sièges sociaux des GAFAM, un bruit de fond a progressivement pris forme. On y retrouve notamment des ONG comme Greenpeace. Côté universitaire, Asta Vonderau confirme qu'« un nombre croissant de chercheurs se penchent aujourd'hui sur cette thématique, et de plus en plus d'articles sont publiés dans les médias[73] ».

Néanmoins, le sujet n'est quasiment pas relayé au niveau institutionnel. « La pollution du numérique, c'est un angle mort de la pensée politique au niveau européen », regrette une attachée parlementaire à l'Assemblée de Strasbourg[74]. Quant à la Commission européenne, elle soutient sans faille que le numérique va servir la transition écologique. « Le Pacte vert [une feuille de route pour une Europe durable présentée en 2019 par la présidente de la Commission européenne, Ursula von der Leyen, NDLR] repose sur l'idée que les technologies vont sauver la mise, constate une conseillère parlementaire. La

pollution numérique semble être le cadet des soucis des institutions bruxelloises. »

Finalement, c'est peut-être le secteur privé qui va devoir se dresser en première ligne… « L'écologie numérique est un sujet émergent dans les entreprises », admet la chargée de responsabilité sociétale des entreprises (RSE) d'une banque européenne, qui ajoute que les grands groupes « sont encore à l'âge de l'adolescence sur ces sujets ». Or, de l'aveu du directeur des services informatiques d'une société d'assurances européenne, les TIC représentent 30 % du bilan carbone de son entreprise[75]… Ces chiffres vont inévitablement entamer la bonne réputation écologique des principaux acteurs de l'économie – un actif immatériel ô combien valorisé ! Certaines firmes sont déjà sommées d'agir, à l'image de Google : en 2019, deux mille employés ont adressé une lettre à la direction du groupe, l'enjoignant de ne plus produire d'émissions de CO_2 d'ici à 2030[76]. Les entreprises réalisent également qu'une image écornée peut nuire à leur politique de ressources humaines. D'ailleurs, explique une entrepreneuse du numérique, « de nombreux étudiants ne veulent plus travailler aujourd'hui pour des sociétés non éthiques[77] ». Enfin, l'argument économique commence à résonner, surtout quand on sait que chaque employé d'une entreprise du secteur tertiaire peut coûter jusqu'à 20 000 euros par an d'équipements et de gestion informatiques.

Ainsi, de nombreux éléments laissent à penser que les campagnes de communication sur le numérique « vert », « durable » et « écologique » contribuent à propager une dangereuse illusion. Un nombre croissant de militants, d'entrepreneurs, d'hommes et de femmes politiques posent désormais une question que l'on pouvait penser insensée il y a peu encore : peut-on vraiment parler de « numérique au service du vert » (« IT for Green ») si ce dernier n'est pas, lui-même, vert (« Green IT ») ? La question vous paraîtra d'autant plus pertinente lorsque vous saurez dans quelles conditions on produit les matériaux qui permettent de fabriquer les objets connectés de notre quotidien.

1. L’expression s’inspire du livre de la chercheuse turque Gökçe Günel, *Spaceship in the Desert. Energy, Climate Change and Urban Design in Abu Dhabi*, Duke University Press, 2019. En raison de la pandémie mondiale, nous n’avons pas pu nous rendre à Masdar. Les documents promotionnels diffusés par les autorités émiraties ont permis d’écrire les descriptions ci-dessus.

2. Federico Cugurullo « Exposing smart cities and eco-cities: Frankenstein urbanism and the sustainability challenges of the experimental city », *Environment and Planning A: Economy and Space*, 16 novembre 2017.

3. Federico Cugurullo, *op.cit*.

4. Consulter la vidéo « Welcome to Masdar City » sur : youtube.com/watch?v= FyghLnbp20U. De nombreux documents promotionnels sont consultables sur : masdarcity.ae/en/

5. Entretien avec Federico Cugurullo, professeur assistant en urbanisme intelligent et durable au Trinity College de Dublin, 2020.

6. fosterandpartners.com/projects/masdar-city/

7. En effet, si un oiseau volait au-devant d’un véhicule autonome, celui-ci s’arrêtait net pour ne pas le heurter. Il aurait fallu faire fonctionner le PRT dans un tunnel, proposition qui n’a jamais été mise en œuvre…

8. De multiples anomalies liées à la mesure de la consommation d’eau et d’air conditionné n’ont pas été résolues « et personne ne semble comprendre pourquoi ces installations ne fonctionnent pas », rapporte Gökçe Günel dans son ouvrage, *Spaceship in the Desert. Energy, Climate Change and Urban Design in Abu Dhabi*, *op. cit.*

9. « Masdar’s zero-carbon dream could become world’s first green ghost town », *The Guardian*, 16 février 2016.

10. « Mapping Smart Cities in the EU », Directorate General For Internal Policies, Policy Department, Economic and Scientific Policy, janvier 2014.

11. « Navigant Research’s smart city tacker 2Q19 highlights 443 projects spanning 286 cities around the world », Business Wire, 20 juin 2019. Toujours selon la société de conseil Navigant Research, le marché annuel mondial des technologies au service des villes intelligentes, qui avoisinait 97,4 milliards de dollars américains en 2019, atteindra 263 milliards de dollars en 2028.

12. Entretien avec Gökçe Günel, maîtresse de conférence en anthropologie à l’université de Rice, Houston, Texas, 2020.

13. Dès 1994, dans son étude « Green signals: The environmental role of telecommunications in cities », le chercheur anglais Simon J. Marvin remet en cause l’idée communément acceptée selon laquelle les télécommunications pourraient activement contribuer au développement de villes plus durables. Et en 2014, dans un article publié dans *Environment and Planning A* intitulé « Smart cities and green growth: outsourcing democratic and environmental resilience to the global technology sector », deux chercheurs anglais, Jenni Viitanen et Richard Kingston, citent et poursuivent les travaux de Simon J. Marvin. À tâtons, ils émettent des hypothèses sur l’impact environnemental des s*mart cities* : « Il est probable que plus une ville devient intelligente, plus elle produira de déchets électroniques. » Enfin, ils enjoignent les législateurs à « adopter une approche moins naïve des risques et des bénéfices » des villes intelligentes. Aucun calcul précis n’est néanmoins réalisé. En 2016, enfin, le rapport effectué par la Environmental Industries Commission, « Getting the green light: Will smart technology clean up city environments? » conclut qu’il « existe un manque de preuves définitives que les technologies intelligentes […] joueront un rôle majeur dans l’amélioration des performances environnementales des villes ».

14. Kikki Lambrecht Ipsen, Regitze Kjær Zimmermann, Per Sieverts Nielsen, Morten Birkved, « Environmental assessment of Smart City Solutions using a coupled urban metabolism – life cycle impact assessment approach », *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2019.

15. Étaient combinées deux méthodes, l'une qui s'intéresse à l'ensemble des flux de matières entrant et sortant d'une ville (*urban metabolism*) et l'autre qui analyse ces flux de matières à toutes les étapes de vie de la ville, c'est-à-dire au moment de l'extraction des ressources, de la fabrication des produits, de leur utilisation puis de leur fin de vie (*life cycle analysis*).

16. Entretien avec Kikki Lambrecht Ipsen, chercheuse au département génie civil, université de Sherbrooke, Québec, Canada, 2020.

17. Mickaël Launay, *Le Grand Roman des maths, de la préhistoire à nos jours*, Flammarion, 2016.

18. Le rendement maximal durable (RMD) a été théorisé en 1935 par le biologiste britannique Michael Graham.

19. Entretien avec Alexandre Gaudin, professeur à AgroParisTech, 2020.

20. Trichlorofluorométhane.

21. Stephen A. Montzka, Geoff S. Dutton, Pengfei Yu *et al.*, « An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC-11 », *Nature*, 557, 16 mai 2018.

22. On parle de *space data* : les « données de l'espace ».

23. Matt Rigby, Sangho Park, Takuya Saito *et al.*, « Increase in CFC-11 emissions from eastern China based on atmospheric observations », *Nature*, 569, 22 mai 2019. Voir également « Ozone layer: Banned CFCs traced to China say scientists », BBC, 22 mai 2019.

24. George Orwell, *1984*, Gallimard, 2020 (première édition du Royaume-Uni en 1949).

25. Frédéric Bordage, Marine Braud, Damien Demailly *et al.*, *Livre blanc Numérique et Environnement*, Institut du développement durable et des relations internationales, Fondation Internet nouvelle génération, World Wide Fund for Nature France, GreenIT.fr, mars 2018.

26. Située à 200 kilomètres au sud de Shanghai, Hangzhou est la capitale de la province chinoise du Zhejiang.

27. « In China, Alibaba's data-hungry AI is controlling (and watching) cities », *Wired*, 30 mai 2018.

28. « Évaluation des systèmes de GTB [gestion technique du bâtiment] dans le tertiaire », rapport de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie devenue en 2020 l'Agence de la transition écologique, décembre 2015.

29. cropswap.com

30. farmmatch.com

31. toogoodtogo.org/en

32. *Livre blanc Numérique et Environnement, op. cit.*

33. Hubert Tardieu, « La troisième révolution digitale. Agilité et fragilité », *Études*, octobre 2016.

34. « Lean ICT : pour une sobriété numérique », rapport du groupe de travail dirigé par Hugues Ferreboeuf pour le think tank The Shift Project, octobre 2018.

35. Pour embrasser l'histoire des études dédiées à l'impact environnemental du numérique, nous vous recommandons le document « Estimating the enabling potential of ICT – a challenging research task », publié par le groupe Ericsson en 2019. La note de synthèse renvoie également à une étude antérieure plus

complète, « Considerations for macro-level studies of ICT's enabling potential » Jens Malmodin, Pernilla Bergmark, Nina Lövehagen, Mine Ercan, Anna Bondesson, ICT for Sustainability, 2014.

36. Gigatone de CO_2 équivalent.

37. « Lean ICT : pour une sobriété numérique », *op. cit.*

38. *Ibid.*

39. gesi.org. Parmi les membres du GeSI, les entreprises AT&T, Dell, Deutsche Telekom, Huawei, IBM, Swisscom, ZTE…

40. « GeSI SMARTer 2020: The role of ICT in driving a sustainable futur », Global e-Sustainability Initiative aisbl and The Boston Consulting Group, Inc, décembre 2012.

41. « #SMARTer2030 : ICT Solutions for 21st Century Challenges », GeSI et Accenture Strategy, 2015.

42. unfccc.int

43. « ICT at COP21: Enormous potential to mitigate emissions », World Bank Group, décembre 2015.

44. « Potentiel de contribution du numérique à la réduction des impacts environnementaux : état des lieux et enjeux pour la prospective », rapport de l'ADEME, décembre 2016.

45. Entretiens avec Françoise Berthoud, ingénieure de recherche en informatique au CNRS, 2019 et 2020. La chercheuse devait même procéder à une analyse critique plus poussée des rapports du GeSI dans le document de l'ADEME cité plus haut : « De manière générale, les […] rapports donnent le sentiment d'un exercice de communication à l'usage d'industriels souhaitant mettre en avant leurs solutions technologiques. […] À la lecture des chiffres concernant les émissions évitables par secteur et par pays, on a du mal à faire abstraction du biais pro-industriel de chacun des rapports, et donc à faire confiance aux résultats et recommandations. [...] Effectuer une revue critique par un panel indépendant permettrait de lever les doutes sur la partialité de ces travaux. »

46. Citons notamment BT Group, Deutsche Telekom, Huawei, Microsoft ou encore Verizon.

47. Selon nos sources, la réalisation de l'étude aurait coûté au total entre 500 000 euros et 2 millions d'euros.

48. Entretien avec Françoise Berthoud, 2019 et 2020.

49. *Ibid*.

50. Frédéric Bordage, rapport « Empreinte environnementale du numérique mondial », GreenIT.fr, septembre 2019.

51. *Ibid.*

52. Françoise Berthoud, « Numérique et écologie », *Annales des Mines – Responsabilité et environnement*, n° 87, 2017/3.

53. « Journée du dépassement : Internet est le 3e "pays" le plus énergivore », RFI, 1er août 2018.

54. « Global electricity generation mix, 2010-2020 », Agence internationale de l'énergie (IEA), 1er mars 2021.

55. « Lean ICT : pour une sobriété numérique », *op. cit*.

56. « Numérique : le grand gâchis énergétique », *CNRS Le journal*, 16 mai 2018.

57. D'après l'intervention de Bruno Lafage, chef du pôle géomatique et parcs nationaux, Agence française pour la biodiversité, aux Assises nationales de la biodiversité 2019 – Ville numérique et

biodiversité.

58. « Lean ICT : pour une sobriété numérique », *op. cit.*

59. Entretien avec Frédéric Bordage, fondateur de GreenIT, 2018.

60. Entretien avec Inès Leonarduzzi, directrice de Digital For the Planet, 2019.

61. Merci à Henri Sabatié-Gravat, délégué général de Cap'Oise Hauts-de-France dont l'entretien, en 2020, a permis d'écrire ces lignes.

62. « Clicking clean – Who is winning the race to build a green internet? », rapport de Greenpeace International, 2017.

63. « Lean ICT : pour une sobriété numérique », *op. cit.*

64. *Ibid.*

65. Entretien avec Anne-Cécile Orgerie, chargée de recherche CNRS, Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (IRISA), 2020.

66. Entretien avec Mark Acton, responsable de la division conseil technique Data Center, CBRE Data Center Solutions, 2020.

67. *Livre blanc Numérique et Environnement*, *op. cit.*

68. Total Cost of Ownership. tcocertified.com

69. Ruediger Kuehr et Eric Williams, *Computers and the Environment: Understanding and Managing their Impacts*, Springer Netherlands, 2003.

70. Entretien avec Eric Williams, professeur au Rochester Institute of Technology, New York, 2020.

71. Il s'agissait de la conférence « Drowning in data – digital pollution, green IT, and sustainable access », qui s'est tenue à Tallinn (Estonie) le 7 juin 2017.

72. Entretien avec Michael Oghia, consultant, éditeur, chercheur, 2020.

73. Entretien avec Asta Vonderau, directrice exécutive, Centre for interdisciplinary Regional Studies (ZIRS), université Martin-Luther de Halle-Wittenberg (Allemagne), 2020.

74. Entretien avec Sophie Rauszer, attachée parlementaire du groupe confédéral de la Gauche unitaire européenne/Gauche verte nordique (GUE/NGL), 2020.

75. Pour une vision plus complète de l'empreinte numérique d'un salarié, consulter le rapport « Quelle démarche Green IT pour les grandes entreprises françaises ? », Club Green IT & WWF France, 2018.

76. « Google workers double down on climate demands in new letter », The Verge, 4 novembre 2019.

77. Entretien avec Inès Leonarduzzi, 2019. Lire également « Ces étudiants des grandes écoles qui ne veulent pas travailler dans des entreprises polluantes », francetvinfo.fr, 15 octobre 2018.

2.

De la zénitude des smartphones

« La police vient de me joindre sur mon téléphone ! Ils veulent savoir ce que nous faisons ici ! » Xian[1] a dévalé le champ en pente douce, le souffle court. Sa respiration saccadée couvre un lointain ronronnement : c'est le drone avec lequel nous filmons une décharge sauvage de rebuts provenant des usines de graphite voisines. Cela fait une bonne heure que, sous nos yeux, des ballets de camions gravissent ce morceau de colline et, une fois juchés en son sommet, déversent en contrebas leurs cargaisons de résidus noirâtres. Avec les années, ces coulées de déchets à ciel ouvert ont façonné un relief artificiel chaotique, convulsé.

Notre fixeuse[2] nous dévisage désormais d'un œil inquiet. Tout dans son attitude indique qu'il faut déguerpir. « Nous avons tout au plus une demi-heure devant nous avant que les agents ne nous retrouvent », insiste Xian. Ces derniers ont facilement récupéré ses coordonnées, avec lesquelles elle a réservé notre Airbnb, dans la proche ville de Jixi. Or des voisins suspicieux ont averti leur commissariat local de la présence de *laowai* (des étrangers) dans leur immeuble. Les policiers vont désormais vite atteindre la localité de Mashan, où nous nous trouvons actuellement. Notre enquête sera alors compromise : s'ils sont zélés, ils ne nous quitteront plus d'une semelle. Quant à la perspective d'une expulsion de Chine, elle doit être prise au sérieux.

Tout avait pourtant bien commencé, deux jours plus tôt ! Nous sommes au printemps de l'année 2019 lorsque nous rejoignons le Heilongjiang pour un reportage[3]. Il s'agit de la province la plus septentrionale de l'empire du Milieu.

La frontière avec sa voisine du Primorie, dans l'Extrême-Orient russe, n'est qu'à 200 kilomètres. C'est un territoire austère, pétri par la rudesse du climat et tenu à l'écart du développement économique. Sur le tchernoziom[4] jaillissent d'immenses bouquets de pins et de bouleaux, ainsi que des cultures de maïs, de blé et de lin. Mais c'est son sous-sol qui fait la notoriété du Heilongjiang : il regorge de charbon et surtout de graphite, un minerai indispensable à nos vies connectées puisque, sans lui, la grande majorité des smartphones et des ordinateurs ne pourrait pas fonctionner.

Le drone a atterri, les caméras sont rangées. Nous courons jusqu'à notre véhicule. La première opération, vitale, consiste à sauvegarder les enregistrements vidéo sur un disque dur crypté, inviolable en cas de fouille. Nous nous attendons désormais à un face-à-face avec une voiture coiffée de gyrophares… À moins que nous ne changions de mode de transport pour davantage de discrétion. Un taxi parqué sur la grand-place d'un village voisin est notre salut. Direction : l'aéroport de Jixi, d'où nous prendrons le premier avion susceptible de nous éloigner d'ici. Quelques heures plus tard, un coucou à hélices se posera sur le tarmac de la ville de Harbin, 400 kilomètres plus à l'ouest – et aucun agent de la sécurité intérieure ne nous arrêtera dans le hall de l'aéroport.

VOYAGE AU CŒUR DES MINES DE GRAPHITE

Si les autorités chinoises avaient confisqué nos films, elles auraient certainement effacé des preuves de la pollution générée par l'exploitation du graphite. La Chine produit près de 70 % de ce minerai dont les particules, à la lentille du microscope, prennent la forme de flocons. Des flocons sombres et scintillants qui ne tombent pas du ciel, mais que l'on fait remonter du centre de la Terre. Comme dans la localité de Liumao : cette bourgade du Heilongjiang truffée de caméras de vidéosurveillance, est l'un des épicentres de la production nationale de graphite. Depuis le fond des vallées, on ne devine guère la présence de mines dans les plissements des montagnes environnantes. Pour s'en

approcher, il faut s'égarer dans un dédale de chemins de terre serpentant à travers des forêts de pins. Après nous être faufilés dans un sous-bois, nous escaladons encore une muraille de caillasse pour rejoindre un plateau offrant un point de vue sur l'une de ces mines.

Cernés par une imposante arène minérale, enveloppés dans des brouillards de poussière, des engins de chantiers font, littéralement, tomber la montagne de Nanling. Puis les roches blanchâtres sont acheminées vers des usines délabrées, en fond de vallée. Concassée, la caillasse est plongée dans des bains d'acide et chargée dans des fours à très haute température[5]. Le produit fini s'apparente à une poudre grise à l'odeur de beurre rance, que l'on stocke dans des sacs de 25 kilos dans de vétustes hangars. Les ouvriers, bleu de travail et traits crasseux parfois protégés d'un simple fichu, ont le pas hâtif, le regard fuyant et le verbe rare. Tout au plus nous laissent-ils examiner leurs mains recouvertes de cette poudre grasse semblable à une suie anthracite. Les conditions de travail sont rudes, bien qu'ils ne s'en plaignent pas. Savent-ils que les poussières de graphite contiennent de l'acide fluorhydrique, un puissant corrosif extrêmement toxique qui peut, à terme, s'avérer mortel ?

À une heure de voiture de Liumao, nous voici donc à Mashan, un autre haut lieu de la production chinoise de graphite. Chemin faisant, la route étroite a tutoyé des plaines agricoles purifiées par une lumière blanche et froide. Le véhicule marque l'arrêt. En contrebas de la chaussée, une procession de bennes attire le regard : c'est la décharge sauvage décrite plus haut. Dans une heure, Xian donnera l'alerte. C'est plus qu'il n'en faut pour que Wei[6], un paysan dont la maison nargue la colline de rebuts, témoigne au milieu de son champ : « Sans le graphite, pas de salut ! La région entière vit de cette ressource. Les trous se succèdent les uns aux autres ! », observe-t-il en s'accoudant au manche de sa pelle. Puis il poursuit : « Les industriels en font de très bonnes batteries, n'est-ce pas ? » Nous acquiesçons. Les batteries de milliards de téléphones dans le monde ne contiennent guère plus de deux grammes de graphite, qui assure une bonne conductivité électrique. Mais l'impact de cette industrie sur les hommes et l'environnement peut s'avérer particulièrement lourd. En cause, les résidus des mines et usines alentour : « Ils peuvent se répandre dans l'atmosphère à des

dizaines de kilomètres à la ronde, continue Wei. Il n'y a plus de feuillages et d'eau claire à Mashan, tout est pollué. Malheureusement, les industriels ne font pratiquement rien pour empêcher cela. »

En principe, de strictes réglementations environnementales encadrent les activités industrielles en Chine. Mais c'est oublier que le graphite est stratégique pour le Heilongjiang… Chaque année, le flocon noir rapporte 1,2 milliard d'euros à la province. Un chiffre que les autorités espèrent même multiplier par dix d'ici à 2030 compte tenu, notamment, de l'engouement mondial pour les équipements électroniques[7] ! Comment cette croissance à marche forcée peut-elle s'accommoder de la promesse régulièrement faite par le président Xi Jinping de rendre la Chine « verte et bleue », autrement dit plus écologique ? D'abord, en sauvant les apparences… Quelques usines témoins peuvent bien être mises aux normes à l'occasion de la visite d'un officiel, la réalité des affaires reprendra vite le dessus une fois l'apparatchik rentré à Pékin. En clair, le pouvoir central n'aurait guère de prise sur la conduite locale des affaires. « Comme on le dit chez nous, "les montagnes sont hautes et l'empereur est loin !", confirme d'ailleurs Wei. Les patrons font de gros bénéfices, ils ne pensent qu'à l'argent et ne se préoccupent pas de la pollution que nous subissons. Ils sont grands et nous sommes petits, on ne peut pas les atteindre ! conclut-il. Et le petit peuple, lui, ne peut que verser des larmes. »

Loin de l'opulence des mégapoles, c'est une Chine invisible, muette, que nous avons explorée dans la province de Heilongjiang. Nous avons surtout, à cette occasion, levé le voile sur la principale cause de pollution numérique : les matières premières nécessaires pour fabriquer les 34 milliards de téléphones, tablettes et autres ordinateurs qui circulent aujourd'hui dans le monde. Ces équipements, que l'on appelle également « interfaces » ou « terminaux », sont la porte d'entrée de 4,6 milliards d'utilisateurs au réseau informatique mondial – et à l'infinité de services qu'il offre. Qu'il s'agisse de commander une pizza aux anchois, de réserver un billet d'avion, de regarder une série télévisée ou de trouver l'âme sœur sur un site de rencontres, Internet et le numérique ont fait de chacun de nous des seigneurs modernes, dirigeant du bout de l'index des

armadas d'assistants virtuels produisant la force de travail de dizaines de serfs et autres esclaves quelques siècles plus tôt.

Et ce n'est qu'un début puisqu'en 2025, chacun d'entre nous (ou presque) générera 5 000 interactions digitales par jour[8]. Pour épouser cette inflation des usages numériques, les fabricants d'équipements doivent relever le défi de commercialiser davantage d'interfaces toujours plus agréables à utiliser, performantes, polyvalentes, sophistiquées. Voyez vous-même : un smartphone classique contient dorénavant deux caméras, trois micros, un capteur de gestes infrarouge, un détecteur de proximité, un magnétomètre[9], sans oublier de multiples antennes GPS, WiFi, 4G et Bluetooth… À quel coût matériel fabrique-t-on ces prodigieux objets ? Pour le savoir, allez donc déambuler dans un vide-grenier. Vous tomberez certainement sur un vieux téléphone des années 1960 flanqué de son cadran circulaire : à l'époque, sa fabrication nécessitait tout au plus une dizaine de matières premières, telles que de l'aluminium ou du zinc. Vous exhumerez également les épais téléphones des années 1990 : plus évolués, ils contenaient alors 19 ressources supplémentaires telles que du cuivre, du cobalt ou encore du plomb.

Comparez-les maintenant à un smartphone actuel : son format bien plus réduit est trompeur, car il contient en réalité davantage de matières premières telles que l'or, le lithium, le magnésium, le silicium, le brome… plus d'une cinquantaine en tout (consulter l'annexe 2 pour la liste complète) ! Celles-ci sont utilisées pour concevoir la batterie, la coque, l'écran ainsi que l'ensemble de l'électronique des mobiles, et tout ce qui vise à les concevoir plus conviviaux et faciles à manipuler. Prenons l'exemple du néodyme : cet obscur métal fait vibrer votre appareil lorsqu'il est réglé sur le mode adéquat. L'écran contient également quelques traces d'indium, un oxyde (une poudre) qui a rendu nos écrans tactiles. Bref, nous transportons au quotidien souvent moins d'un gramme de chacune de ces ressources dont nous ignorons l'existence et l'utilité, et qui, pourtant, ont largement suffi à bouleverser nos vies.

Internet induit également tous les réseaux de télécommunication (câbles, routeurs, bornes WiFi) et les centres de stockage de données, les fameux *datacenters*, qui permettent aux objets connectés de communiquer entre eux –

une gigantesque infrastructure qui siphonne une part croissante des ressources terrestres : 12,5 % de la production mondiale de cuivre et 7 % de celle de l'aluminium[10] (tous deux des métaux abondants) sont destinées aux TIC. De même, ces dernières fonctionnent grâce à des petits métaux aux exceptionnelles propriétés chimiques, et que l'on retrouve dans les écrans plats, les condensateurs, les disques durs, les circuits intégrés, les fibres optiques ou encore les semi-conducteurs. Le numérique engloutit une large part de la production mondiale de ces métaux : 15 % du palladium, 23 % de l'argent, 40 % du tantale, 41 % de l'antimoine, 42 % du béryllium, 66 % du ruthénium, 70 % du gallium, 87 % du germanium, et même 88 % du terbium (liste complète en annexe 3).

Quant à assembler ces ressources dans un smartphone tenant dans la paume d'une main, c'est devenu une ingénierie d'une folle complexité, notoirement énergivore… Résultat : sa seule fabrication est responsable de près de la moitié de l'empreinte environnementale[11] et de 80 % de l'ensemble de sa dépense énergétique[12] durant son cycle de vie. Impossible, donc, de parler de révolution numérique sans explorer les entrailles de la Terre, dans les dizaines de pays à travers le monde – tels que le Chili, la Bolivie, la République démocratique du Congo, le Kazakhstan, la Russie ou l'Australie – où l'on produit les ressources d'un monde plus connecté. « Le numérique, c'est très concret ! », rappelle un ingénieur[13], s'excusant presque de proférer une telle évidence. Car nous le sentons bien : il est incongru de parler de « dématérialisation » de nos économies dès lors que le virtuel génère des effets colossaux dans le monde réel.

PRODUIRE MOINS POUR GAGNER PLUS

Mais pour les milliards d'entre nous qui buvons les paroles des gourous du numérique, affirmer que la « dématérialisation » de nos économies et de nos modes de vie n'est pas possible sans matière a tout d'une hérésie. L'irruption des technologies digitales, forcément « virtuelles », n'allait-elle pas au contraire permettre de réduire notre consommation de ressources, voire tout bonnement de

nous en passer pour certain de nos usages ? Ce message est extrêmement séduisant pour qui sait l'extraordinaire pression sur les matières premières engendrée par la mondialisation des échanges. Dans une tribune publiée en 2008 dans le *New York Times*, l'anthropologue américain Jared Diamond[14] indiquait ainsi que, « si l'Inde et la Chine devaient rattraper le mode de vie occidental, la consommation mondiale de ressources naturelles pourrait tripler[15] » – une perspective insoutenable selon lui. Et en 2019, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) confirmait ces prédictions dans une fascinante étude consacrée à la consommation planétaire de ressources à l'horizon 2060. Celle-ci, selon ses auteurs, risquerait d'être multipliée par 2,5 par rapport à 2011, passant de 79 à 167 gigatonnes de matières premières par an[16].

Pour altérer pareils scénarios, des expressions envoûtantes ont fleuri telles qu'« économie circulaire », « efficacité des procédés » ou « gains de productivité sur les ressources[17] ». L'enjeu est de découpler la consommation de matières de la production de richesses – au Café des sports, on parlerait de « produire moins pour gagner plus ». Ce chemin est également célébré par les « écomodernistes » : dans un manifeste techno-optimiste publié en 2015, ce groupe de chercheurs international soulignait que, grâce aux avancées technologiques dans l'agriculture, « l'utilisation moyenne et par personne de surface agricole est aujourd'hui bien plus faible qu'il y a cinq mille ans » et deux fois moindre par rapport à celles des années 1960[18].

Internet change les règles du jeu : le réseau ne permet plus seulement d'améliorer les procédés de fabrication et de réduire les flux de matières ; il propose d'abolir le problème de la surconsommation des ressources. L'utopie d'un monde débarrassé des risques de pénurie de ressources est devenue réalité depuis que, dans les entreprises et les administrations, on parle à tout bout de champ de « gestion dématérialisée » de l'impôt, des fiches de paie, des courriers et des factures – c'est-à-dire la substitution de fichiers numérisés aux supports d'information physiques – et d'« interactions humaines virtuelles » à la place des réunions d'équipe. C'est dans le nord de l'Europe, dans un petit État bordant la mer Baltique, que nous allons prendre la mesure de ce puissant phénomène.

L'ESTONIE, L'ÉTAT QUI FAIT LE PARI DU TOUT-NUMÉRIQUE

Rien ne laisse présager, lorsque l'on embrasse du regard la vieille ville fortifiée de Tallinn, la capitale de l'Estonie, que l'on a rejoint un royaume de geeks[19]. Les édifices gothiques coiffés de tuiles rouges et les ruelles pavées ne donnent pas l'impression d'avoir été modélisés avec un logiciel 3D… De même, en nous aventurant au pied des tours de défense moyenâgeuses qui cernent la ville, nous nous attendons davantage à encaisser une volée de flèches qu'à subir une attaque cybernétique… Pourtant, cette petite république de 1,3 million d'habitants, où nous réalisons un reportage durant l'été 2020, détient la palme de l'État le plus numérisé et « dématérialisé » du monde.

Ici, 99 % des services administratifs sont en ligne. À part vous marier, divorcer et réaliser d'importantes opérations bancaires, tout se gère à distance. Munis de leur carte d'identité électronique, les « citoyens numériques » peuvent régler leurs impôts, créer une start-up, s'inscrire à la bibliothèque municipale, emprunter les transports en commun et même voter. Une plateforme informatique baptisée « X-Road » agit comme un système centralisé de gestion des services de l'État. C'est synonyme de simplicité pour les administrés, depuis leur naissance… jusqu'à leur décès ! Car l'e-administration voudrait même développer « E-Death », un service qui assure automatiquement le paiement des dernières factures d'un défunt… La réputation de « l'e-Estonie » est désormais telle que ses ingénieurs conseillent de nombreux États soucieux de réussir, à leur tour, leur transformation digitale.

Une soif de démocratie après des décennies de soviétisme expliquerait ce choix d'un État numérique mondialement réputé pour sa transparence. De même, cette nation forme de nombreux ingénieurs (les systèmes électroniques du satellite Spoutnik de 1957 ont été conçus à Tallinn) : elle serait culturellement plus ouverte aux technologies numériques. À moins que l'explication de ce tropisme pour le tout-digital ne s'explique par la volonté des Estoniens de briser l'asservissement à la terre éprouvé par des générations d'agriculteurs avant eux ? « Notre philosophie, y compris avec notre e-administration, a toujours consisté à

concevoir des systèmes et des infrastructures simples à utiliser parce que, pour les paysans estoniens, la vie ne l'a jamais été ! », suggère un haut fonctionnaire tallinnois[20]. Lorsque l'on sait que la bande noire du drapeau national évoque tout à la fois la terre et le douloureux passé estonien, l'explication est séduisante…

Résultat, le pays s'enorgueillit aujourd'hui d'être « la société la plus digitalisée de la planète[21] ». À terme, « nous nous dirigeons vers une automatisation de tout ce qui peut l'être », avance le directeur général du service public e-Residency[22], et on prophétise même un État piloté par les données, à même de prévenir les besoins des citoyens et d'anticiper certaines orientations politiques[23]… Les gains générés par ce virage numérique sont incontestables : le produit intérieur brut (PIB) par Estonien est plus élevé que celui de ses deux voisins baltes ; l'administration est plus efficace et ses coûts de fonctionnement moins importants qu'ailleurs. Et puis, que de bénéfices environnementaux générés ! Chaque mois, l'État numérique permettrait d'épargner une pile de papiers équivalente à la hauteur de plusieurs tours Eiffel, des kilomètres de transport et de l'énergie. De la sorte, « notre État économise 2 % de son PIB par an », confirme l'ancien président de l'Estonie Toomas Hendrik Ilves[24].

Tout est marqué du sceau de la simplicité en Estonie. La vie numérique y paraît fluide et douce. Quant aux infrastructures physiques, énergétiques et autres logiciels qui maintiennent tout cet appareil en état de fonctionnement, on ne les voit pas ni n'en entend jamais parler. Nos questions à ce propos n'ont rencontré que de vagues réponses, comme si le sujet paraissait incongru. L'objectif poursuivi éclipse les moyens employés pour y parvenir… Un peu comme ces toiles de maître dont nous aimons apprécier l'équilibre des volumes, le jeu des lumières, le style hyperréaliste ou bien figuratif, tout en ignorant les matières qui les composent et les marchands de couleurs qui ont permis aux peintres de se mettre à l'œuvre[25]. Comme pour le numérique, nous dédaignons, au fond, la question primordiale, élémentaire : comment ? Il s'agit pourtant de l'interrogation la plus noble qui soit, davantage peut-être que le « pourquoi », car, avant de nous enivrer d'idées et de concepts, il faut, plus prosaïquement, produire la matière. Et c'est cette même interrogation qui est posée, sans arrêt,

aux consommateurs de tablettes et de smartphones, bien qu'ils préfèrent l'ignorer.

À leur décharge, trois catégories de professionnels ont contribué, ces dernières décennies, à les détacher de cette réalité : les théoriciens, les publicitaires et les designers.

• D'abord, les théoriciens. Animés par des idéaux libertaires, les pionniers d'Internet concevaient le réseau comme un espace de libre expression totale. Les libertaires y côtoyaient les libertariens, c'est-à-dire des libéraux radicaux prônant l'effacement de l'État, à l'image du militant John Perry Barlow. S'opposant à la mainmise des nations sur Internet, celui-ci leur adressa, en 1996, sa célèbre déclaration d'indépendance du cyberespace : « Vos concepts légaux de propriété, d'expression, d'identité, de mouvement, de contexte, ne s'appliquent pas à nous, y écrit-il. Ils sont basés sur la matière, et il n'y a pas ici de matière. » Selon John Perry Barlow, c'est dans le monde électronique, débarrassé des carcans de son homologue physique, que peut s'épanouir un projet d'émancipation politique. D'ailleurs, ajoute-t-il, « nos identités n'ont pas de corps, c'est pourquoi […] il ne peut pas, chez nous, y avoir d'ordre accompagné de contrainte physique[26] ».

Cette utopie de l'affranchissement de la matière trouve un écho dans le monde des affaires. L'économie de la connaissance[27] (ou « économie de l'immatériel ») repose sur le savoir, la créativité, l'imagination plutôt que sur les ressources ; or cela peut être synonyme de croissance infinie et durable[28]. Cette démonstration épouse le sens de l'histoire : au début des années 1980, les cent entreprises les plus riches des États-Unis « creusaient le sol pour en tirer quelque chose ou transformaient une ressource naturelle (pétrole ou minerai de fer) en quelque chose de tangible », rappelle la star du management, l'Américain Seth Godin[29]. Aujourd'hui, « seules 32 [d'entre elles] fabriquent encore des choses qu'on peut toucher [avions, voitures, aliments…]. Les 68 autres manipulent principalement des idées », des services de santé ou bien des marchandises « où le coût de production

du produit physique est mince comparé au coût de son invention », note Chris Anderson, physicien américain devenu journaliste[30].
Corollaire de ce capitalisme cognitif, de nouveaux modèles économiques ont émergé tels que l'économie « servicielle » : la vente de l'objet s'y efface derrière celle du service et l'accès à une expérience. C'est le génie des plateformes de streaming comme Spotify et Deezer : elles ne vendent pas de disques, mais de la musique. Généralisez ce raisonnement, et des armadas de commerciaux vous proposeront de la lumière plutôt que des ampoules, de la mobilité à la place des voitures et des services d'impression plutôt que des photocopieuses. Ainsi, nous désolidarisons toujours plus l'objet de sa valeur intrinsèque. C'est d'ailleurs un dualisme qui rappelle Platon : dans son dialogue *Le Phédon*, le philosophe grec nous explique que le corps, fait de matière donc vil, est une entrave à la recherche de la vérité. C'est pourquoi Platon lui préfère l'esprit qui, lui, est noble… Regagnons le XXIe siècle : en conférant aux objets une valeur intellectuelle plus forte que leur valeur matérielle, en extrayant les brevets, marques, algorithmes, designs ou modèles d'organisation de leur support tangible, des armées d'ingénieurs et de négociants transposent jour après jour, à coup de tableaux Excel et de présentations PowerPoint, les enseignements de Platon à l'économie de marché.

• Ensuite, les publicitaires. Ils ont enraciné un vocabulaire de marketing parant le numérique des attributs de la virtualité. Et sans même prendre la mesure des mots que nous employons, nous « dématérialisons » désormais nos billets d'avion et enfilons des casques « holographiques », de « réalité virtuelle », ou « augmentée » pour nous divertir. Mais le terme le plus ambigu est sans conteste le *cloud* ou « nuage », cet espace prétendument dématérialisé dans lequel nous stockons nos documents[31]. « Le *cloud*, c'est éthéré, c'est cotonneux », convient une spécialiste du numérique responsable[32]. Comment trouver les mots justes ? « Lorsque vous voyez la seule capitalisation boursière d'une entreprise comme Apple, vous prenez la

mesure de la pression marketing que cela peut représenter », convient Frédéric Bordage[33].

• Enfin, les designers de produits électroniques, qui ont déployé des trésors de créativité pour effacer la matérialité du digital. Le premier – et souvent unique – contact d'un consommateur avec le monde numérique est le smartphone lui-même : un bel objet qui véhicule une idée de pureté. Et comment ce qui est beau pourrait-il être sale ? La perfection esthétique de ces produits est, intuitivement, incompatible avec la notion de pollution.
Le design épuré des appareils commercialisés par Apple a beaucoup contribué à cette ambiguïté. Chez Steve Jobs, le co-fondateur de la société Apple, cette quête puise ses sources dans le bouddhisme zen, une philosophie qui invite à la simplicité et au dépouillement[34]. Le corollaire esthétique de cette injonction, ce sont les temples aux formes châtiées et à la décoration minimaliste. « Steve Jobs n'était pas bouddhiste, mais la simplicité du zen l'a beaucoup inspiré, y compris pour penser le design d'Apple », confirme Erick Rinner, un professionnel de l'investissement qui pratique la méditation[35]. L'intéressé devait lui-même admettre avoir toujours trouvé le bouddhisme zen « esthétiquement sublime[36] ». En 1977, la première brochure marketing d'Apple ne devait-elle d'ailleurs pas déclarer que « la simplicité est la sophistication ultime » ? Sous l'influence de Steve Jobs, « la mode s'est alors répandue de rendre simple un monde technologique qui se complexifie, poursuit Rinner. Or, dans cet univers digital, tout est bien, tout est parfait, tout est figé. Il n'y a pas de mauvaise sensation, et c'est dangereux, car la vie ce n'est pas cela ![37] » En clair, la sophistication de Steve Jobs et sa recherche de l'harmonie esthétique ont contribué à nourrir des milliards de consommateurs de l'illusion d'un numérique indolore pour la planète[38].

Pourtant, toutes les entreprises de dématérialisation qui se sont succédé depuis cinq mille ans racontent une autre histoire… On ne pense pas à l'utilité de l'écriture en ces termes, mais, avec elle, les Mésopotamiens ont bien inventé le

premier outil de la dématérialisation… des individus eux-mêmes ! « L'écrit a la caractéristique d'être accessible à la demande et consultable à tout instant. C'est ainsi que, grâce à l'écrit, un ordre va pouvoir être donné avec précision par un homme en dehors de toute présence physique », analyse un expert en technologies[39]. Par ailleurs, les sociétés antiques se complexifiant, la monnaie va faire office de référent de la valeur d'un produit commercialisable. « C'est ainsi que les biens, objets ou denrées, n'existent plus en tant que tels, mais uniquement par rapport à leur valeur en argent, et cela à tel point que la "négociation commerciale" va même pouvoir s'opérer en dehors de la présence physique de la chose négociée[40]. » Puis avec la lettre de change, « c'est maintenant l'argent lui-même qui est dématérialisé afin de favoriser le commerce. La lettre de change va devenir, dès le XVe siècle, l'outil de base du commerce international, elle va représenter la première grande étape de la dématérialisation dans le monde de l'économie[41] ». Avec les technologies modernes, enfin, « l'homme va chercher à confier à la machine le soin de réfléchir pour lui, dématérialisant en quelque sorte sa pensée[42] » (c'est le cas de l'outil de calcul), mais aussi sa parole (téléphone) ou bien son image (supports visuels).

Ainsi, la dématérialisation trouve ses origines bien avant l'apparition de l'informatique, œuvrant au remplacement des animaux par du métal, du métal par du papier, et enfin du papier par des supports digitaux. À chacun de ces basculements, une ressource n'a pas été supprimée, mais on lui en a ajouté une autre présentant des propriétés plus avantageuses. Et compte tenu de nos colossaux besoins en matériaux pour concevoir les équipements électroniques modernes, l'informatisation actuelle ne fait que confirmer ce mécanisme. En réalité, comme le dit une spécialiste du numérique responsable, « dématérialiser, c'est matérialiser autrement[43] ».

UNE ÈRE DE PURGES ÉLECTRONIQUES

Au-delà de la composition des interfaces, c'est l'issue que nous leur réservons qui alourdit le tribut matériel du numérique, à l'image de cette décision spectaculaire prise par la Chine fin 2019. En pleine guerre commerciale avec les États-Unis, Pékin, obnubilé par sa sécurité informatique, annonça que toutes les administrations et entreprises de l'empire du Milieu devraient, sous trois ans, remplacer leurs ordinateurs et logiciels des marques américaines Dell, HP ou encore Microsoft par des produits chinois[44]. L'affaire illustre avec éclat la « séparation numérique » à l'œuvre entre les deux superpuissances, la Chine poursuivant l'objectif de ne plus dépendre des technologies étrangères et d'atteindre l'autosuffisance informatique. Personne ne semble s'être posé les questions élémentaires : qu'allait-il advenir des 20 à 30 millions de produits électroniques, parfaitement fonctionnels et pourtant rendus inutilisables parce qu'un haut fonctionnaire l'avait décrété ? Seraient-ils reconditionnés ou bien les serveurs, lestés d'informations sensibles, seraient-ils promis aux déchiqueteurs ? Termineraient-ils dans des décharges sauvages comme celle de Guiyu, dans la province du Guangdong, dans le sud de la Chine ?

Il est extrêmement difficile de le savoir, mais une chose est certaine : cette décision revient à éliminer, de façon radicale et soudaine, une génération entière d'outils informatiques. L'histoire abondait déjà en purges politiques d'adversaires aux idées non conformes à celles du parti dominant ; voici désormais venu le temps des purges électroniques, puisque des millions d'ordinateurs, jugés indésirables au vu de leur origine, cessent brutalement de fonctionner. Ce phénomène n'est pas l'exclusivité de la Chine : craignant des opérations d'espionnage, les États-Unis ont débloqué, fin 2020, près de 2 milliards de dollars afin que soient « jetés et remplacés » tous les équipements de communication et de vidéosurveillance installés sur le sol américain produits par plusieurs firmes chinoises[45]. Pour les mêmes raisons, plusieurs pays européens ont également annoncé qu'ils allaient épurer leur territoire de milliers d'antennes 5G conçues par le groupe Huawei[46].

Ces purges électroniques constituent la mutation la plus saillante d'un phénomène bien connu sous le nom d'« obsolescence programmée », c'est-à-dire une stratégie consistant à accélérer l'usure d'un produit. Cette obsolescence

peut être « matérielle » : ainsi en est-il d'un composant d'un smartphone – le plus souvent sa batterie – qui cesse de fonctionner et ne peut être changé car il est collé au reste de l'appareil. Dès lors, c'est tout le smartphone qui part au rebut. Il peut également s'agir d'une obsolescence « culturelle », lorsqu'une nouvelle technologie rend la précédente moins désirable et finalement inutile. En 2025, 80 % des entreprises auront ainsi fermé leurs propres *datacenters* pour leur préférer le stockage de *data* chez des prestataires externalisés offrant des services de *cloud*. Cette transition va logiquement conduire à liquider des millions de serveurs à travers le monde[47]. L'obsolescence peut enfin être « logicielle », lorsqu'un produit électronique cesse de fonctionner car il est rendu incompatible avec un programme informatique plus récent. En 2020, Sonos a par exemple annoncé que ses enceintes connectées vendues entre 2011 et 2015 ne fonctionneraient plus correctement car leur logiciel ne serait plus actualisé[48]. « On transforme une enceinte qui marche bien en déchet. Je trouve cela scandaleux ! », tonne à ce propos une militante de l'association HOP, Halte à l'obsolescence programmée[49].

Les éditeurs de logiciels portent une large responsabilité dans cette affaire. En effet, les applications et programmes installés sur les interfaces s'avèrent de plus en plus lourds. Au point, pour certains, d'être dorénavant baptisés « obésiciels » : des logiciels complexes, intégrant pléthore de fonctionnalités énergivores. Cette évolution est révélée par l'association GreenIT : « Le poids d'une page Web a été multiplié par 115 entre 1995 et 2015[50]. » Variante : la puissance sollicitée pour écrire un texte double tous les deux ou trois ans[51]. Astreints à digérer toujours plus de lignes de code toujours plus complexe, les ordinateurs rament… conduisant leurs utilisateurs à les remplacer par des produits plus performants.

Ces éléments expliquent pourquoi la durée de vie d'un ordinateur est passée, en trois décennies, de onze… à seulement quatre ans[52]. *Sapiens* est logiquement devenu un *Homo detritus* qui produit, chaque année, l'équivalent de cinq mille tours Eiffel de déchets électroniques[53]. Au point que la signature de l'anthropocène ne se lit pas simplement dans le réchauffement du climat et l'acidification des océans… En 2017, des chercheurs ont fait une découverte

insensée : l'homme est une force géologique dont les activités ont donné naissance à 208 nouveaux minéraux, le plus souvent nés de l'altération des résidus miniers ou de déchets électroniques enfouis, tels que les circuits intégrés et les batteries[54]. Nos habitudes de consommation, en particulier numériques, modifient donc la composition de l'écorce terrestre. En exhumant de sites archéologiques des minéraux exotiques tels que la néalite, la devilline ou l'hydromagnésite, les géologues du XXXe siècle pourront donc reconstituer nos modes de vie comme nous-mêmes le faisons aujourd'hui en fouillant des vestiges romains et égyptiens.

Et ce n'est qu'un début, puisque nous assistons à une mutation profonde, historique, de la nature des déchets. Dans un monde où s'épanouira l'« Internet de tout » – nous y reviendrons au chapitre 7 –, chaque objet, chaque corps sera en effet « connecté » et « intelligent », des habitations aux animaux sauvages, des forêts de pins aux automobiles. Cela signifie que des centaines de milliards d'objets et d'êtres vivants en fin de vie, bardés de capteurs, vont se transmuer en déchets électroniques. Un dalmatien pucé, mort d'une indigestion de pâtée, sera un déchet électronique. Un chêne connecté découpé en scierie et un bovin équipé d'une micro-puce quittant l'abattoir seront également des déchets électroniques. Que le lecteur nous pardonne cette affirmation abrupte, mais même nos défunts, lestés d'implants cérébraux et d'organes artificiels, seront des déchets électroniques pour lesquels il faudra des organismes de collecte agréés, des filières de recyclage compétitives, une économie circulaire performante. À l'accumulation de ces rebuts hybrides, mêlant matières animales, végétales et minérales, répondront ces quatre injonctions cardinales : récupérez, réparez, réutilisez et recyclez. Une part substantielle de la créativité des générations futures ne sera plus occupée à donner vie à des produits révolutionnaires, mais à pérenniser tout ce qui existe déjà.

Mais nos enfants auront-ils seulement le droit de rafistoler et de rapiécer ces objets ? La question paraît absurde, elle est malheureusement pertinente… Un nombre croissant de fabricants s'emploient en effet, depuis plusieurs années, à refuser aux propriétaires de produits électroniques la liberté, élémentaire, de les réparer. Car en vendant un smartphone, une entreprise cède dorénavant deux

droits bien distincts : la propriété effective de l'appareil et une licence d'utilisation du système d'exploitation lui permettant de fonctionner (Android, par exemple). Or, si un consommateur est propriétaire de l'objet acquis, il n'est que titulaire d'une licence d'utilisation du logiciel, auquel il n'a, en revanche, pas le droit de toucher. L'entreprise américaine John Deere peut de la sorte interdire à ses clients de réparer les tracteurs qu'ils ont pourtant achetés, car ce serait altérer le logiciel, qui demeure son entière propriété[55] ! En 2020, Apple a décliné cette stratégie en n'autorisant que les réparateurs agréés à remplacer le bloc photo des iPhone 12[56]. Le logiciel embarqué dans n'importe quel produit « permet donc au vendeur de contrôler qui va effectuer une réparation, quand et à quel prix et, comme un produit ne peut souvent même pas être réparé, vous devrez en acheter un nouveau », tempête l'Américain Kyle Wiens, fondateur de iFixit, une entreprise californienne qui propose des services d'aide à la réparation des objets électroniques[57].

L'argument opposé aux acheteurs est similaire à celui affiné de longue date par Monsanto : le chimiste américain permet, sous licence, aux agriculteurs indiens de planter ses semences résistant au Roundup (un puissant pesticide), mais ne les leur vend pas. Faute d'être propriétaires des graines, les exploitants doivent en racheter, chaque année, de nouvelles auprès de Monsanto, plutôt que de faire leurs propres semences[58]. Nous pourrions tous devenir comme des fermiers indiens si notre droit de propriété sur n'importe quel objet était systématiquement restreint par toutes sortes de brevets nous empêchant, en pratique, de jouir de nos produits électroniques comme bon nous semble.

UNE AUTRE INFORMATIQUE EST POSSIBLE

Voilà pourquoi les contenus dissimulés sous la coque des smartphones, le capot des voitures connectées et les claviers d'ordinateurs se trouveront, dans les prochaines décennies, au cœur d'un formidable affrontement. D'un côté, les industriels useront de tous les stratagèmes pour accentuer notre dépendance à leurs produits. De l'autre, des réseaux de consommateurs mieux organisés

tenteront de reprendre le contrôle et la maîtrise des objets qui les entourent. Cette dynamique a déjà commencé à se structurer autour du phénomène « Maker ». Né en Allemagne et aux États-Unis il y a vingt-cinq ans, ce mouvement essaime dans des milliers de « fablabs[59] » à travers le monde aux cris de « Si vous voulez savoir comment fonctionne un objet, eh bien, fabriquez-le vous-même ! » À ces espaces communautaires s'ajoutent dorénavant des milliers de « Repair Cafés », où tout un chacun peut faire rafistoler son petit matériel électronique par des bénévoles. Il s'agit d'un phénomène mondial, né à Amsterdam en 2009 sous l'impulsion de Martine Postma, que nous rencontrons en 2020. Cette ancienne journaliste, qui vante les 350 tonnes de déchets électroniques évités chaque année dans le monde grâce aux Repair Cafés, pressent l'approche d'un « point de bascule, où les consommateurs vont réaliser que les produits réparables sont des produits désirables. Ils sont toujours plus nombreux à ne plus vouloir être les esclaves de leur machine à café ou de leur téléphone mobile[60] ».

Les solutions visant à limiter l'empreinte matérielle des terminaux sont multiples et connues, consultables dans de nombreux guides publiés en ligne[61]. Il nous faut acheter et revendre nos objets électroniques sur des plateformes de vente d'occasion telles que Swappa ou Back Market ; se connecter au site Spareka, qui vend des pièces détachées d'appareils électroménagers et propose des tutoriels de réparation ; louer son smartphone pour une longue durée auprès de la coopérative Commown plutôt que de l'acheter ; se contenter d'un seul mobile pour ses usages personnels et professionnels… Ces actions concrètes montrent que les consommateurs sont, aux côtés des entreprises de la « tech », coresponsables de la pollution numérique, et peuvent agir pour la réduire. Les pouvoirs publics, quant à eux, pourraient stimuler une économie de la réparation et du réemploi des équipements ; allonger les durées de garantie légale ; ordonner la compatibilité, dix ans durant, des interfaces avec les nouveaux logiciels ; enjoindre les industriels à fournir les pièces détachées des appareils qu'ils commercialisent[62]… Avancée significative : la France a rendu obligatoire, en 2021, un indice de réparabilité des outils électroniques et électroménagers, c'est-à-dire une note qui permet aux consommateurs de mieux connaître la robustesse des produits qu'ils achètent[63].

La collecte des déchets électroniques s'annonce comme un gigantesque défi, puisque moins de 20 % d'entre eux sont actuellement récupérés et recyclés[64]. Un reportage à Amsterdam en 2020 nous a justement mené jusqu'à Joost de Kluijver. À la tête de l'association Closing the Loop[65] depuis 2012, ce quarantenaire poursuit un projet fou : « Réimporter en Europe la même quantité de vieux téléphones que celle que nous avons envoyée dans les décharges électroniques d'Afrique » afin de les recycler. Il ne s'agit rien de moins que de renverser le parcours de nos mobiles usagés et d'aiguillonner une transhumance électronique à l'envers. Le potentiel est énorme et Joost de Kluijver pense qu'il pourrait, à terme, réexpédier deux millions de téléphones chaque année. Encore faut-il pouvoir collecter les vieux mobiles au Rwanda, en Zambie, au Nigéria, à la barbe des réseaux de recyclage indiens et chinois déjà très bien organisés, braver l'enfer des administrations africaines, ne pas se faire escroquer par des intermédiaires « vidant le contenu des mobiles de leurs métaux pour le remplacer par du ciment ou du savon »… et mettre sur pied un modèle économique pérenne. Joost de Kluijver pense l'avoir trouvé en instaurant un système de compensation : « Lorsqu'une entreprise comme Samsung vend un smartphone, elle s'engage à financer le rapatriement d'un téléphone depuis l'Afrique. » L'offre a déjà été étendue à des entreprises (KPMG, ING Bank, Accenture) et administrations néerlandaises (municipalités d'Amsterdam, d'Utrecht, de Groningue) qui acquièrent, pour leurs employés, des milliers d'appareils à usage professionnel. Elle leur permet d'améliorer leur réputation d'acteurs responsables, et à Joost de Kluijver de rentabiliser ses opérations de rapatriement[66].

Enfin, il faut acheter, massivement, des téléphones Fairphone, la première marque à commercialiser, depuis 2013, des smartphones dits « éthiques ». De nationalité néerlandaise, Fairphone a installé ses quartiers généraux dans la zone portuaire de l'Ijhaven, à Amsterdam. Nous y sommes reçu durant l'hiver 2020 : c'est un vaste plateau où des dizaines d'ingénieurs et de commerciaux parlant toutes les langues s'affairent dans une ambiance détendue. Si les téléphones conçus ici sont les plus écologiques du monde, c'est d'abord parce que l'entreprise fait de son mieux pour que les métaux de ses téléphones soient

extraits de manière « éthique ». Il s'agit également de concevoir des mobiles à la durée de vie la plus longue possible. « On veut que nos utilisateurs conservent leur téléphone pendant une période de sept à huit ans », explique un membre de l'équipe[67]. Pour cela, il faut fabriquer un téléphone « modulaire », dont les composants peuvent être montés et démontés – donc remplacés – séparément. « Cela vaut en particulier pour la batterie et l'écran, précise une technicienne. Il faut également pouvoir changer le haut-parleur, la caméra frontale, la caméra *selfie*… Je ne vais pas vous mentir, la modularité, c'est une vraie galère », soupire-t-elle.

Et ce n'est pas tout, puisqu'il faut également ouvrir de nouveaux centres de réparation de mobiles et batailler pour que les nouvelles versions d'Android[68] demeurent compatibles avec d'anciennes puces équipant les téléphones. « Les moments de découragement, j'en ai tous les jours », admet cette employée qui, pourtant, serait « incapable de bosser pour une boîte de domotique, ce serait comme travailler pour Monsanto ! » Autre limite : les quelques centaines de milliers de Fairphone de troisième génération que l'entreprise entend écouler représentent une infime part des 1,5 milliard de téléphones mobiles vendus chaque année dans le monde. Il n'empêche : un nombre croissant d'entrepreneurs, de militants et d'activistes œuvrent chaque jour à ce que nous puissions redevenir maîtres de nos objets – et de notre futur ! Ces initiatives sont d'autant plus indispensables qu'un discret indicateur est sur le point de nous le révéler : l'impact matériel du numérique est bien plus important que tout ce que nous avions pu, jusqu'à présent, imaginer.

1. Son prénom a été modifié.

2. Il s'agit des accompagnateurs et interprètes des journalistes lors de leurs reportages.

3. Ce voyage s'inscrivait dans le cadre du documentaire *La Face cachée des énergies vertes*, co-réalisé avec Jean-Louis Perez, produit par l'agence Grand Angle, 2020.

4. Le tchernoziom est un sol riche en humus.

5. Pour plus de détails sur le processus de raffinage du graphite, consulter notamment l'étude de Allah D. Jara, Amha Betemariam, Girma Woldetinsae, Jung Yong Kim : « Purification, application and current

market trend of natural graphite: A review », *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 29, n° 5, septembre 2019.

6. Son prénom a été changé.

7. « Heilongjiang promotes investment in graphite industry », Harbin Today, 20 décembre 2019.

8. « Data age 2025. The digitization of the world », Seagate, novembre 2018.

9. Un magnétomètre est un appareil qui permet de mesurer l'intensité et la direction d'un champ magnétique.

10. « The world of aluminium extrusions – an industry analysis with forecasts to 2025 », AlCircle, 22 août 2018.

11. « La face cachée du numérique – Réduire les impacts du numérique sur l'environnement », ADEME, janvier 2021.

12. Frédéric Bordage, *Sobriété numérique, les clés pour agir*, Buchet-Chastel, 2019 : « 80% de la dépense énergétique [d'un smartphone] se produit au cours de la fabrication de l'appareil ». Pour un iPhone 12 Pro de la marque Apple, ce chiffre peut même atteindre 86 %. Lire « The carbon footprint of your phone – and how you can reduce it », reboxed.co, 26 février 2021.

13. Entretien avec Paul Benoit, Qarnot Computing, 2019 et 2020.

14. Jared Diamond est notamment l'auteur du best-seller mondial *Effondrement. Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, Gallimard, 2006, (édition originale : *Collapse: How Societies Choose to Fail or Survive*, Penguin Books, 2005 et 2011).

15. « What's your consumption factor? », *The New York Times*, 2 janvier 2008.

16. « Global material resources. Outlook to 2060 economic drivers and environmental consequences », OCDE, 12 février 2019.

17. « 50 mesures pour une économie 100 % circulaire », « feuille de route » économie circulaire, ecologique-solidaire.gouv et economie.gouv.fr, avril 2018.

18. « An eco-modernist manifesto », ecomodernism.org, avril 2015. On peut d'ailleurs argumenter que l'agriculture « intelligente » contribuera à améliorer encore davantage ces rendements.

19. Un geek est un passionné de nouvelles technologies.

20. Entretien avec Siim Sikkut, le directeur des systèmes d'information du gouvernement estonien, 2020.

21. C'est aussi une « Silicon Valley de l'Europe » : le nombre de « licornes » par habitant (ces sociétés valorisées à plus de 1 milliard de dollars) est le plus élevé au monde : Skype, TransferWise, Playtech et Bolt.

22. Entretien avec Ott Vatter, directeur général d'e-Residency, 2020.

23. Entretien avec Robert Krimmer, professeur d'e-gouvernance au département d'innovation et de gouvernance Ragnar-Nurkse, Université technologique de Tallinn, 2020.

24. Entretien avec Toomas Hendrik Ilves, ancien président de la République d'Estonie (2006-2016), 2020.

25. On retrouve ici un débat engagé, à des siècles de distance, entre Hegel, pour qui l'art gagne en spiritualité à mesure qu'il s'abstrait de la matière, et l'historien de l'art Henri Focillon, pour qui « il n'y a pas d'abstraction qui ne soit pas encore matière, aussi volatile soit-elle, et qui ne soit pas soumise aux forces

structurantes de la matière, gravité, inertie, rythme, etc. » À ce propos, lire *La Matière*, textes choisis et présentés par Arnaud Macé, Flammarion, 2013.

26. « Déclaration d'indépendance du Cyberespace », par John Perry Barlow, 8 février 1996.

27. Fritz Machlup, *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*, Princeton University Press, 1972.

28. En effet, « si notre croissance est basée sur les matières premières, elle ne peut pas être infinie. Si elle est basée sur la connaissance, une croissance infinie est très facile à atteindre », soutient ainsi le chercheur français Idriss Aberkane en 2014 dans le blog du HuffPost. Voir « L'économie de la connaissance est notre nouvelle renaissance », *The Huffington Post*, 4 juin 2014.

29. Seth Godin, *Unleashing the Ideavirus: Stop Marketing AT People ! Turn Your Ideas into Epidemics by Helping Your Customers Do the Marketing thing for You*, Hachette Books, 2001.

30. Chris Anderson, *Free ! Entrez dans l'économie du gratuit*, Pearson, 2012, (version originale : *Free: The Future of a Radical Price*, Hyperion, 2009).

31. Lire « Internet : qu'est-ce que le "cloud", et depuis quand en parle-t-on? », Slate, 4 septembre 2014.

32. Intervention de Bela Loto, directrice de la Maison de l'informatique responsable, à l'occasion de la conférence « Dégâts environnementaux, dérèglement climatique : la face cachée du numérique », Fondation Good Planet, Paris, 29 février 2020.

33. Entretien avec Frédéric Bordage, fondateur de GreenIT.fr, 2018. La capitalisation boursière d'Apple était en 2020 de 2 000 milliards de dollars. En 2015, les dépenses de publicité de l'entreprise étaient de 1,8 milliard de dollars. Apple a cessé de communiquer sur ce dernier point. Lire « Apple mysteriously stopped disclosing how much it spends on ads », Business Insider, 25 novembre 2016.

34. Visionner également l'intervention du chercheur James Auger sur les « objets superlatifs » lors de la conférence #MiXiT21 : mixitconf.org/2021/means-and-ends

35. Entretien avec Erick Rinner, fondateur de Milestone Investisseurs et administrateur de Potential Project, 2020.

36. « How Steve Jobs' love of simplicity fueled a design revolution », *Smithsonian Magazine*, septembre 2012.

37. Entretien avec Erick Rinner, 2020.

38. À ce triptyque, nous pourrions ajouter les ingénieurs, qui ont su améliorer le réseau Internet lui-même : « Quand on se connectait sur Internet dans les années 1990, on pouvait en sentir la matérialité, on entendait le réseau, ses grésillements, ça ramait. Puis le réseau a gagné en fluidité et en impression de virtualité », analyse l'universitaire Dominique Boullier, dans « Les infrastructures d'Internet : quelle géopolitique ? » sur France Culture le 9 avril 2014.

39. Gilles de Chezelles, *La Dématérialisation des échanges*, Lavoisier, 2006.

40. *Ibid.*

41. *Ibid*.

42. *Ibid*.

43. Intervention de Bela Loto à l'occasion de la conférence « Dégâts environnementaux, dérèglement climatique : la face cachée du numérique », Fondation Good Planet, 2020. On devrait même parler « de "démultiplication de la matière". On passe de la matière à la pluri-matière ; en lieu et place de la "dé-

matérialisation”, on observe un phénomène de multi-matérialisation ». *In La Nouvelle Religion du numérique*, de Florence Rodhain, EMS-Libre & Solidaire, 2019.

44. « Beijing orders state offices to replace foreign PCs and software », *Financial Times*, 8 décembre 2019. En 2014, les autorités chinoises avaient déjà demandé, pour des raisons de « sécurité financière », aux banques du pays de remplacer leurs serveurs IBM par des produits fabriqués localement. Voir « China said to study IBM servers for bank security risks », Bloomberg, 28 mai 2014.

45. « US telcos ordered to “rip and replace” Huawei components », bbc.com, 11 décembre 2020.

46. « Bouygues to remove 3 000 Huawei mobile antennas in France by 2028 », Reuters, 27 août 2020.

47. « The data center is dead », Gartner, 26 juillet 2018.

48. « Sonos will stop providing software updates for its oldest products in May », The Verge, 21 janvier 2020.

49. Entretien avec Adèle Chasson, chargée de mission à HOP (Halte à l’obsolescence programmée), 2020. Et selon une étude conduite en 2021 par l’institut allemand Fraunhofer, 20 % des smartphones ne sont plus utilisés à cause de problèmes logiciels. Lire « Ecodesign preparatory study on mobile phones, smartphones and tablets », Fraunhofer pour la Commission européenne, février 2021.

50. Frédéric Bordage, *Sobriété numérique, les clés pour agir*, *op. cit.*

51. Frédéric Bordage, « Logiciel : la clé de l’obsolescence programmée du matériel informatique », Greenit.fr, 24 mai 2010.

52. *Livre blanc Numérique et Environnement*, *op. cit.*

53. « Working with microbes to clean up electronic waste », Next Nature Network, 8 mars 2021.

54. Robert M. Hazen *et al.*, « On the mineralogy of the “Anthropocene Epoch” », *American Mineralogist*, vol. 102, n° 3, mars 2017.

55. « John Deere just swindled farmers out of their right to repair », *Wired*, 19 septembre 2018.

56. « Seuls les réparateurs agréés peuvent remplacer le bloc photo d’un iPhone 12 », iGeneration, 30 octobre 2020.

57. Entretien avec Kyle Wiens, fondateur de iFixit, 2020. Consulter le site ifixit.com

58. Lire le passionnant ouvrage de Aaron Perzanowski et Jason Schultz, *The End of Ownership: Personal Property in the Digital Economy*, MIT Press, 2016. Consulter également le site theendofownership.com

59. Un fablab est la contraction de *fabrication laboratory* (« laboratoire de fabrication »).

60. Entretien avec Martine Postma, fondatrice du mouvement des Repair Cafés, 2020.

61. Tels que ce guide de l’ADEME, *La face cachée du numérique – Réduire les impacts du numérique sur l’environnement*, janvier 2021, ou encore l’étude « The environmental footprint of the digital world », GreenIT, septembre 2019.

62. *Livre blanc Numérique et Environnement*, *op. cit.*

63. Cet indice a été instauré par la loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l’économie circulaire.

64. « Global e-waste surging: Up 21 % in 5 years », United Nations University, 2 juillet 2020.

65. closingtheloop.eu

66. Une initiative similaire a été lancée en 2018 par l'entrepreneur belge Domien Declercq, avec l'organisme Recy-Call. Faute de modèle économique viable, Recy-Call a cessé ses activités en 2019.

67. Entretien avec Agnès Crepet, responsable de la division *information technology* et longévité logicielle de Fairphone, 2020.

68. Fairphone a par exemple réussi à assurer la compatibilité de sa gamme de Fairphone 2, fabriqués en 2015, avec Android 9. Lire « Redefining longevity: Android 9 now available for Fairphone 2 », fairphone.com, 25 mars 2021.

3.

La matière noire de l’immatériel

Nous avons exploré l’origine des terminaux, mais en réalité, nous n’avons qu’effleuré le vernis de l’écorce terrestre : l’empreinte d’Internet est bien plus étendue dans l’espace et le temps. Pour la débusquer, il va falloir plonger dans un univers multidimensionnel dont la plupart d’entre nous n’avons pas la première idée.

Les astrophysiciens le savent très bien : l’œil nu n’appréhende qu’une infime partie du cosmos – 3 000 étoiles environ. Or, la Voie lactée en comporte au moins 100 milliards ; il y a 100 milliards de galaxies dans l’univers ; et tout ceci ne constitue encore que 20 % de sa masse, le reste étant probablement composé d’une substance mystérieuse, la matière noire, dont nous ignorons à peu près tout. C’est pourquoi des technologies d’analyse des rayons gamma, des ultraviolets, des rayonnements infrarouges et même des ondes gravitationnelles permettent d’élargir quelque peu le spectre d’observation. Eh bien ici, nous allons procéder à l’identique, en maniant des outils souvent méconnus afin de mieux appréhender l’étendue de la pollution, largement invisible, générée par le numérique.

Il est temps d’explorer la matière noire de l’immatériel.

Le MIPS ou les rouages insoupçonnés de la matière

Aujourd'hui encore, Jens Teubler, chercheur à l'Institut de Wuppertal (Allemagne)[1], n'en revient pas tout à fait… Il y a quelques années, ce scientifique allemand assistait à une conférence donnée dans ce centre de recherche établi dans la ville du même nom, en Westphalie. C'est alors, se rappelle-t-il, qu'il est « tombé en arrêt devant l'illustration d'un homme qui portait à la fois une bague de mariage… et un énorme sac à dos sur les épaules, correspondant à l'empreinte réelle de son alliance. Cette image m'a marqué[2]. » L'Institut représentait ainsi une méthode de calcul inédite de l'incidence matérielle de nos modes de consommation, développée par ses chercheurs dans les années 1990 : le *Material input per service unit* (MIPS)[3], c'est-à-dire la quantité de ressources nécessaires à la fabrication d'un produit ou d'un service[4].

Pour mesurer son impact environnemental, l'industrie s'intéresse surtout à ses émissions de CO_2. C'est logique puisque la lutte contre le réchauffement climatique figure tout en haut de nos priorités écologiques. Prenez le « *green deal* » européen, présenté en 2019 : il prévoit d'abord et avant tout que les émissions de gaz à effet de serre seront devenues neutres en 2050. Quant à la Chine, elle a récemment annoncé la neutralité carbone à l'horizon 2060, soit la mesure de référence de sa conversion écologique. Or, cette méthode comptable éclipse souvent d'autres pollutions, telles que l'impact sur la qualité des eaux des rejets de produits chimiques. Aussi, ne se pencher que sur les émissions de CO_2 des produits de consommation « demeure une approche très réductrice », confirme Karine Samuel, professeure de management et spécialiste des objets connectés[5]. Dès les années 1990, le MIPS devait donc adopter une autre démarche : au lieu de s'intéresser aux dégradations environnementales générées par les matières émanant d'un objet (les émissions de CO_2), il allait au contraire se focaliser sur l'impact de celles impliquées dans sa fabrication. Regarder ce qui entre dans un objet plutôt que ce qui en sort, voilà un renversement complet de perspective.

Concrètement, le MIPS évalue l'ensemble des ressources mobilisées et déplacées durant la fabrication, l'utilisation et le recyclage d'un vêtement, d'une bouteille de jus d'orange, d'un tapis, d'un smartphone… Et tout y passe : les ressources renouvelables (végétaux) ou non (minerais), les mouvements de

terrain générés par des travaux agricoles, l'eau mobilisée, les produits chimiques consommés, etc.[6] Prenons un tee-shirt : sa fabrication dans un atelier indien a nécessité de l'électricité, elle-même produite grâce à du charbon, pour l'extraction duquel on a abattu une forêt de pins… Le MIPS du tee-shirt englobe donc, à juste proportion, le coton utilisé, mais également la brique qui a permis d'édifier l'atelier, le filament de tungstène qui éclaire les établis, un peu de charbon, un morceau d'arbre, etc. En fait, avec cette méthode, « c'est comme si vous actionniez le levier de la boîte de vitesse d'un engin, et que, sous votre siège, tout un tas de roues se mettaient à tourner », explique Jens Teubler.

Cette image en tête, il paraît correct de parler d'« effet papillon de la matière ». Car de même qu'un battement d'ailes peut provoquer une tempête à l'autre bout du monde, la production d'un simple vêtement répercute ses effets à toutes les étapes de sa fabrication, éclatée aux quatre coins du monde. Le MIPS lève donc le voile sur une chaîne de causalités planétaire. Cette approche se traduit par un chiffre, le « sac à dos écologique », c'est-à-dire le coefficient multiplicateur de chacune de nos actions de consommation. Il ne s'agit pas d'une méthode parfaite : « La plupart des données utilisées pour le calcul du MIPS résultent d'opinions et d'estimations d'experts » où l'imprécision est souvent la règle, tempère Jens Teubler. Il n'empêche, on ne peut que tomber des nues devant sa redoutable sincérité : on apprend ainsi que la production du tee-shirt a nécessité 226 kilos de ressources, et un litre de jus d'orange, 100 kilos de matière[7]. Un journal, lui, a sans doute un MIPS de 10 kilos[8]. Quant à la bague contenant quelques grammes d'or, on comprend pourquoi son MIPS a ébranlé Jens Teubler : celui-ci est de… 3 tonnes ! Bref, les objets qui nous entourent sont beaucoup plus grands, beaucoup plus gros que nous ne nous le figurons : trente fois en moyenne[9] !

On peut également mesurer le MIPS d'un service ou d'une action de consommation : un kilomètre en voiture et une heure de télévision mobilisent respectivement 1 et 2 kilos de ressources. Une minute au téléphone « coûte » 200 grammes. Quant à un SMS, il « pèse » 0,632 kilo[10]… Et pour couronner le tout, vous pouvez même réaliser le MIPS de votre mode de vie sur de multiples sites Web. Le test vous prendra quinze minutes[11]. Il vous sera demandé votre

pays de résidence, la surface de votre habitation, le type d'électricité consommé, la destination de vos vacances… Nous l'avons calculé et, avouons-le, l'expérience est désagréable. En effet, notre sac à dos écologique avoisine 38 tonnes par an[12]. Et l'Institut de Wuppertal de nous inviter à un douloureux « régime » : faire baisser ce chiffre à 17 tonnes annuelles d'ici à 2030.

LE VERTIGINEUX COEFFICIENT DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES

Pour de nombreux produits, le MIPS peut révéler un ratio assez bas : ainsi la fabrication d'une barre d'acier nécessite « seulement » dix fois plus de ressources que son poids final. Mais « dès qu'une technologie est impliquée, le MIPS est plus élevé », explique Jens Teubler. Les technologies numériques le prouvent bien, compte tenu du grand nombre de métaux qu'elles contiennent, en particulier « des métaux rares difficiles à extraire du sous-sol », poursuit le chercheur. Ainsi, un ordinateur de 2 kilos mobilise, entre autres, 22 kilos de produits chimiques, 240 kilos de combustible et 1,5 tonne d'eau claire[13]. Le MIPS d'une télévision varie de 200 à 1 000/1[14] quand celui d'un smartphone est de 1 200/1 (183 kilos de matières premières pour 150 grammes de produit fini)[15]. Mais c'est le MIPS d'une puce électronique qui bat tous les records : 32 kilos de matière pour un circuit intégré de 2 grammes, soit un ratio ahurissant de 16 000/1[16].

« Les gens sont souvent surpris par l'écart entre l'effet perçu et l'impact réel de leur décision d'acheter un bien de consommation », confirme Jens Teubler. Et pour cause : c'est la zone géographique la plus en amont de la chaîne de fabrication qui paiera le plus lourd tribut matériel, bien loin du magasin de vente… C'est certainement pourquoi des urbains bien intentionnés continuent de louer les bienfaits écologiques et nutritifs des pâtes à la farine de pois chiches et de célébrer l'usage des vélos partagés pour se rendre à leur cours de yoga Bikram… tout en changeant de téléphone tous les dix-huit mois. C'est attendrissant, mais dangereux car le numérique a – insensiblement – fait exploser

notre empreinte matière. Multipliez maintenant ce volume par le MIPS des milliards de serveurs, antennes, routeurs et autres bornes WiFi actuellement en fonctionnement, soit 100, 1 000, voire 10 000… et vous parvenez à la conclusion que les technologies « dématérialisées » ne sont pas seulement consommatrices de matières ; elles sont surtout en voie de constituer l'une des plus vastes entreprises de matérialisation jamais engagées.

Des industriels du verre, du textile, de l'automobile et des entreprises de logiciels informatiques font aujourd'hui évaluer leur MIPS. Mais faute d'être forcément élogieux, les rapports ne sont pas toujours publiés par leurs commanditaires, ce qui n'aide pas à la bonne information du consommateur. De même, si « le MIPS est un indicateur désormais connu en Allemagne, nous avons à ce jour échoué à le populariser dans le reste de l'Europe et aux États-Unis », admet Jens Teubler, notamment parce que « la demande de mesures de pollution continue à d'abord porter sur les émissions de carbone[17] ». Étant donné qu'on ne connaît pas bien la « réalité écologique des technologies[18] », nous léguons donc, chaque jour qui passe, la gestion d'un colossal défi physique aux générations futures.

Il faut cependant voir dans le MIPS un formidable levier d'actions grâce auquel l'Institut de Wuppertal a pu donner corps à la théorie du « facteur 4 » : diviser par quatre notre consommation de matière et d'énergie permettrait de produire deux fois plus de biens tout en réduisant par deux l'impact matériel global de cette production. Deux fois plus de bien-être matériel en consommant deux fois moins de ressources[19] : cet horizon est atteignable… « L'objectif que vise l'Institut Wuppertal est de descendre à 8 tonnes [de ressources par personne et par an] d'ici à 2050 », soutient Jens Teubler. Voilà pourquoi il serait nécessaire d'obliger les fabricants de smartphones à inscrire le MIPS au dos de leurs produits. Ou bien tout ce qui se passe sous nos pieds continuera à nous passer totalement par-dessus la tête.

Vous le comprenez, être « bas carbone » ne suffit pas pour être écolo… Il faut également être « basses ressources ». Le constat peut paraître ubuesque : plus les technologies qui nous entourent seront discrètes, portables et légères, plus le legs matériel de nos existences sera considérable. Mais on ne peut se

contenter d'uniquement explorer les impacts de notre monde miniaturisé ! On se doit aussi de scruter ce qui est minuscule et même imperceptible à l'œil nu… « On parle tout le temps d'Apple, mais jamais des fabricants de puces électroniques, regrette Agnès Crepet, ingénieure chez Fairphone[20]. Or ils se trouvent au cœur d'un immense gâchis environnemental et social. »

LE TRIBUT ÉCOLOGIQUE DES NANOMONDES

« Passez ce sas et enfilez cette combinaison antistatique[21], ordonne François Martin. Vous ne pouvez pas prendre votre bloc-notes avec vous car il peluche. » Nous lui jetons un regard surpris. « Le papier répand des fibres. Vous êtes dans un environnement zéro particule et les poussières sont les ennemies mortelles des puces électroniques », explique l'ingénieur. En cette matinée de septembre 2019, nous sommes sur le point de pénétrer dans le LETI, le Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information, rattaché au CEA[22]. Entre Vercors et Chartreuse, dans l'agglomération de Grenoble, c'est un site industriel hors du commun en Europe. Et pour cause : on y conçoit des puces – également appelées « circuits intégrés » – de nouvelle génération destinées aux industriels de l'électronique. Depuis qu'un ingénieur américain, Jack Kilby[23], les a inventées en 1958, ces minuscules plaquettes de silicium ont bouleversé nos vies. Elles reçoivent et gèrent les informations nécessaires au fonctionnement d'une ribambelle d'objets. Bref, ce sont les cerveaux des produits électroniques. Une poignée d'entreprises telles que le sud-coréen Samsung, les américains Intel et Qualcomm ou encore le taïwanais TSMC[24] en produisent dorénavant 1 000 milliards chaque année[25], destinées aux ordinateurs, aux machines à laver, aux fusées et bien sûr aux téléphones mobiles.

Ce ne fut pas une mince affaire d'accéder au LETI. Compte tenu de la propriété intellectuelle qui s'y concentre, nos antécédents de journaliste ont été dûment passés au crible. Encore un sas, et nous y sommes ! La première impression qui se dégage est d'avoir rejoint la station spatiale internationale… Des centaines d'ingénieurs vêtus de blanc, portant masque et charlotte,

s'affairent, vingt-quatre heures par jour, sept jours par semaine, dans un bric-à-brac d'installations ultramodernes entre lesquelles court un dédale de tuyaux. Le produit final de ce drôle de laboratoire dort dans des sortes de petites couveuses et porte le nom de « *wafer*[26] ». Il s'agit d'espèces de gaufres arrondies, au diamètre équivalent à celui d'un disque vinyle, composées de petits rectangles correspondant chacun à une puce. Le LETI porte bien son surnom de « salle blanche » : les conditions de propreté y sont infiniment plus rigoureuses que dans un bloc opératoire. Sur le plateau vaste comme le quart d'un terrain de football, on ne fait pas de mouvement brusque, on ne court pas, on ne se serre pas la main… « Le maquillage est toléré, mais les parfums sont interdits », explique un laborantin qui mériterait le titre de moine-soldat de l'électronique.

Pourquoi un tel luxe de précautions ? Parce que nous avons pénétré dans la fabrique du nanomonde. En effet, pour qu'un téléphone puisse photographier, filmer, enregistrer, géolocaliser, capter (et, accessoirement, téléphoner), il a fallu démultiplier la puissance des puces, sans pour autant accroître leur taille. Pour graver toujours davantage de transistors sur une plaquette d'un centimètre carré, l'industrie a délaissé l'échelle du micromètre (un millième de millimètre, soit l'épaisseur d'un cheveu), pour le nanomètre, soit une dimension mille fois plus réduite encore. On comprend mieux pourquoi, dans cet environnement, la moindre poussière peut lourdement impacter la qualité des produits. « Si l'on veut qu'une puce fonctionne, il faut une organisation militaire, une attention de tous les instants, renchérit François Martin. Même l'air de la salle blanche est renouvelé toutes les six secondes[27]. »

Le résultat d'une telle ingénierie est époustouflant : « L'ordinateur de chaque smartphone est aujourd'hui cent fois plus puissant que les meilleurs ordinateurs conçus il y a trente ans », explique Jean-Pierre Colinge, un ancien ingénieur de l'industriel taïwanais TSMC, qui ne peut se retenir d'ajouter : « Quand on sait que cela sert à faire des *selfies*, c'est un peu désolant[28]. » Mais revenons à notre propos : les puces figurent parmi les composants électroniques les plus complexes qui soient. Il faut une soixantaine de matières premières, telles que du silicium, du bore, de l'arsenic, du tungstène ou du cuivre, toutes purifiées à 99,9999999 %, pour les produire. La gravure des transistors, quant à

elle, n’est pas chose plus aisée : « Certaines puces contiennent 20 milliards de transistors. Imaginez 20 milliards de petits roulements dans une montre, c’est absolument fantastique », explique l’ancien ingénieur. Dès lors, 50 puces sur un « wafer » totalisent 1 000 milliards de transistors, « soit quatre fois le nombre d’étoiles dans la Voie lactée entassées sur la surface d’un disque vinyle[29] ».

Les 500 étapes de la chaîne de fabrication d’un circuit intégré vont faire intervenir jusque 16 000 sous-traitants, éclatés dans des dizaines de pays à travers le monde. En clair, si la mondialisation devait se résumer à un objet, ce serait sans aucun doute la puce électronique… Voyez plutôt : « La mine de quartz se trouve probablement en Afrique du Sud et les plaques de silicium sont produites au Japon, explique Jean-Pierre Colinge. Les appareils de photolithographie viennent des Pays-Bas, l’un des plus grands fabricants de pompes à vide opère en Autriche et leurs roulements à billes sont fabriqués en Allemagne. Pour baisser les coûts, les puces sont sans doute mises en boîtier au Vietnam[30]. Puis on les expédie au groupe FoxConn, en Chine, pour qu’elles soient intégrées dans les iPhones. Et pour optimiser l’ensemble de ces processus, le groupe TSMC utilisait dans le passé des logiciels développés par des universités italiennes et écossaises[31]. » Cette logistique « engendre une consommation d’énergie absolument monstrueuse », s’exclame la chercheuse Karine Samuel[32].

UNE FUITE EN AVANT ÉNERGÉTIQUE

L’extraction et le raffinage du silicium, la fonte des « wafers » à 1 400 °C, l’énergie lumineuse mobilisée par des machines produisant des ultraviolets extrêmes[33] et les dizaines d’opérations de nettoyage des plaques constituent des procédés follement énergivores. Ne serait-il pas logique de vouloir minimiser l’intensité énergétique des procédés industriels, ne serait-ce que pour des raisons de coût ? « Moins le fabricant de puces consomme d’énergie, plus ses profits sont élevés », convient Jean-Pierre Colinge. Mais les industriels opèrent dans un environnement ultra-concurrentiel, où la signature d’un seul contrat avec des

groupes tels qu'Apple ou Huawei peut pérenniser l'activité de l'entreprise pour une année entière… Or, que veulent les fabricants de téléphones mobiles ? Des téléphones toujours plus rapides et fonctionnels… « Vous n'avez qu'à regarder les publicités pour les produits électroniques, on ne cesse de vanter leurs performances toujours meilleures », relève Jean-Pierre Colinge.

Asservie aux cahiers des charges de ses clients, une firme comme TSMC se condamne à multiplier les prouesses technologiques en un temps record… Graver des transistors de 5 ou 7 nanomètres ne suffira pas longtemps pour rester dans la course, la firme a déjà promis de descendre à 3, 2, voire 1 nanomètre, et dans ces conditions, « jamais la consommation d'énergie du groupe ne constituera une préoccupation de premier ordre[34] », conclut l'ancien ingénieur de TSMC. Pas étonnant, dès lors, que le total des combustibles brûlés s'avère des centaines de fois supérieur au poids final du circuit intégré. En somme, constate Agnès Crepet, dans leur immense majorité, les fabricants de circuits intégrés « n'en ont rien à [faire] d'améliorer leur bilan environnemental[35] ». À la décharge des industriels, les consommateurs ne sont pas plus écoresponsables. « Est-ce que les gens se soucient de l'énergie qu'il faut pour fabriquer cela ?, interroge Jean-Pierre Colinge. Non, ils s'en fichent parce que leur seule idée, c'est d'acheter le nouvel iPhone et de se débarrasser de celui qu'ils avaient acheté deux ans plus tôt. Lorsque l'on voit toute cette science et ce savoir-faire partir à la poubelle, ça fait mal au cœur[36]. »

Les répercussions environnementales et sanitaires de cette logique industrielle sont particulièrement évidentes dans le pays qui détient le record mondial de la fabrication de composants électroniques par habitant[37] : Taïwan. À 180 kilomètres des côtes chinoises, l'État insulaire abrite le groupe TSMC, qui assure à lui seul plus de la moitié de la production mondiale de circuits intégrés. Or, TSMC a aussi dû répondre, ces dernières années, de diverses accusations de pollution, car « l'industrie des microprocesseurs rejette des déchets liquides, solides et gazeux » dans l'environnement, énumère un chimiste taïwanais[38]. Les chiffres sont difficiles à établir, mais certains affirment que ce ne sont pas moins de 280 kilos de produits chimiques qui seraient générés pour chaque kilo de silicium produit[39]. Tous les déchets ne sont pas traités et, depuis 2013, plusieurs

sous-traitants de TSMC tels que les groupes d'électronique ASE Korea Inc. et Nerca ont dû suspendre leurs opérations après qu'ils eurent déversé des produits toxiques dans des rivières environnantes[40].

Par ailleurs, « parce qu'il faut rincer les circuits intégrés avec de l'eau désionisée [plus pure que de l'eau distillée, NDLR] à chaque étape de fabrication, concevoir une puce consomme beaucoup d'eau », explique Jean-Pierre Colinge. TSMC consommerait ainsi 156 000 tonnes d'eau par jour. Et bien que 86 % soient recyclées, Jean-Pierre Colinge se remémore un récent épisode impliquant son ancien employeur[41]. « Une sécheresse a frappé Taïwan en 2017, or TSMC avait besoin de tant d'eau qu'il a fallu l'acheminer par camions depuis une rivière proche jusqu'aux usines. On ne pouvait plus circuler en voiture dans les rues du parc scientifique de Hsinchu [plusieurs complexes industriels s'étendant sur 1 400 hectares dans le nord-ouest de l'île, NDLR] tant il y avait de poids lourds[42]. » Et bien sûr, c'est la consommation énergétique de TSMC qui est la plus frappante car, insiste Colinge, « plus on élabore des petits objets, plus il faut de grosses machines qui consomment beaucoup d'énergie pour les fabriquer ». À Taïwan, les installations de TSMC mobiliseraient une puissance équivalente à deux à trois réacteurs nucléaires, soit 3 % de la consommation nationale taiwanaise durant les pics de consommation… Et ce chiffre devrait être multiplié par deux d'ici à dix ans[43]. Or, si l'on songe que l'électricité nationale du pays provient à 43 % de centrales à charbon et à pétrole, « l'empreinte carbone de l'industrie électronique à Taïwan [représente] 10 % des émissions totales du pays », explique Colinge[44].

Cette pollution de l'air, couplée à celle de l'industrie pétrochimique, a déjà poussé des milliers de manifestants dans les rues des villes industrielles de Kaohsiung et Taichung[45]. Selon l'activiste taïwanais Han-Lin Li, « les taux de cancers du poumon y sont quinze fois plus élevés qu'à Taipei[46] ». Aussi le mot d'ordre a-t-il récemment été donné dans les conseils d'administration (et celui de TSMC en tête) : il faut se fournir en énergies renouvelables… Mais pourquoi avoir attendu si longtemps pour réagir ? « L'industrie de la microélectronique est réputée pour être à la pointe du progrès. Et nous n'avons peut-être pas compris qu'elle pouvait être la source d'impacts environnementaux et sanitaires », admet

Han-Lin Li[47]. À moins que la puissance économique de ce secteur industriel stratégique n'écrase tout contre-pouvoir ? « TSMC est un groupe tellement important pour Taïwan que les autorités accéderont à n'importe laquelle de ses demandes », poursuit-il. En réalité, ce sont les demandes des clients étrangers qui sont en train de convaincre les industriels taïwanais de changer… À l'instar de TSMC, ceux-ci « font l'objet d'une forte pression de la part de groupes comme Apple, qui exigent de leurs fournisseurs qu'ils verdissent leurs approvisionnements d'électricité », explique Han-Lin Li. Mais il est trop tôt pour se réjouir… La hausse de consommation énergétique des fabricants de puces taïwanais est en effet telle que ces derniers ne sont pas près de se sevrer du charbon. Ils continueront également, dans l'indifférence générale, à générer une autre pollution, imperceptible : les émissions de gaz fluorés.

DANS LES VAPEURS DU NUMÉRIQUE

Printemps 2019. Depuis le dix-septième étage d'un hôtel de Datong, une ville de 3,4 millions d'habitants à 300 kilomètres à l'ouest de Pékin, le regard se pose sur un spectacle digne du film *Blade Runner* : de hautes tours se dressent, tels des châteaux hantés, dans un ciel ténébreux. Trois jours durant, la mégapole va rester piégée dans un brouillard dans lequel on peine à distinguer le jour de la nuit. Dans les agglomérations chinoises, l'ennemi numéro un, désigné, se nomme dioxyde de carbone (CO_2) et lorsque les vents charrient les fumées des centrales à charbon jusqu'en centre-ville, il vaut même mieux ne pas sortir de chez soi. Or, le CO_2 n'est pas le seul gaz à menacer l'espèce humaine. Bien qu'incolores, inodores et ininflammables, d'autres produits utilisés par l'industrie numérique et de la microélectronique contribuent à réchauffer le climat[48]… En particulier une cinquantaine d'entre eux dont on ignore à peu près tout : les gaz fluorés.

HFC, SF_6, PFC, NF_3, CF_4[49]… Ces sigles correspondent à des gaz constitués d'un ou plusieurs atomes de fluor qui sont utilisés dans les systèmes de production de froid. Ils permettent, pour l'essentiel, la climatisation des voitures

et des immeubles, et servent également à refroidir les centres de traitement de données (c'est le cas des HFC)[50]. Quant à « la microélectronique, c'est plein de gaz ! », abonde l'universitaire Karine Samuel. Compte tenu de leurs propriétés chimiques[51], on les retrouve en effet dans la conception des semi-conducteurs, des circuits intégrés et même des écrans plats. Les gaz fluorés sont produits dans de très faibles proportions, de sorte qu'ils ne totalisent que 2 % des émissions globales de gaz à effet de serre. Le principal d'entre eux, une famille des gaz baptisés « HFC », présente l'immense avantage de ne pas détruire la couche d'ozone, contrairement aux gaz CFC qu'ils remplacent. En ce sens, les HFC constituent assurément un progrès écologique.

Mais ce n'est pas si simple.

Le bureau de Bas Eickhout est un observatoire de choix pour contempler Bruxelles céder à la nuit. C'est sur ce perchoir de verre que l'eurodéputé hollandais mène, depuis de longues années, un combat acharné : limiter, et même interdire, l'utilisation des gaz fluorés en Europe. Et pour cause, assure l'élu : « Une seule molécule de ce type de gaz est beaucoup plus puissante que le dioxyde de carbone. » Leur pouvoir réchauffant est colossal : 2 000 fois supérieur en moyenne. Le NF_3, lui, retient 17 000 fois plus la chaleur dans l'atmosphère que le CO_2. Quant au SF_6, le coefficient avoisine même le chiffre impressionnant de 23 500, ce qui en fait le gaz à effet de serre le plus puissant jamais produit en ce bas monde. « Un seul kilo de SF_6 réchauffe autant la planète que 24 personnes volant de Londres à New York », précise le journaliste britannique Matt McGrath[52]. En toute logique, lutter contre le réchauffement climatique supposerait d'en limiter les usages. Or, ceux-ci augmentent fortement, à cause de notre engouement pour les immeubles et les véhicules climatisés, mais également pour la 5G, les algorithmes et le stockage de données. Bien que les réglementations pour en limiter l'usage se multiplient dans le monde, Guus Velders, chercheur à l'Institut national de la santé publique et de l'environnement des Pays-Bas, prévient : « Si rien de plus ne vient changer l'actuel train-train des affaires, ces produits représenteront 10 % des émissions de gaz à effet de serre en 2050[53]. »

Les gaz fluorés étant synthétiques, la nature ne sait pas les décomposer et, dès lors, ils subsistent longtemps dans l'atmosphère : 740 années pour le NF_3, jusque 3 200 ans pour le SF_6 et… 50 000 ans pour le CF_4, soit le gaz à effet de serre à la durée de vie la plus longue que nous connaissions à ce jour[54]. Résumons : nos modes de vie numériques, pourtant célébrés comme la quintessence de l'abolition de notre empreinte écologique, sont gourmands de substances aux pouvoirs les plus réchauffants et les plus inaltérables qui soient[55]… Par ailleurs, les solutions de récupération et d'élimination des gaz fluorés n'existent que dans les pays développés. Bref, ces produits sont une bombe écologique et il n'est guère étonnant que l'organisation Greenpeace les ait qualifiés un jour des « pires gaz à effet de serre dont vous ayez entendu parler[56] ».

De tels impacts furent pourtant identifiés très tôt. Dès 1975, un climatologue indien, Veerabhadran Ramanathan, alertait sur le potentiel de réchauffement climatique des HFC[57]. Pourquoi ne fut-il pas entendu ? Parce que leurs effets demeurent bien moins nocifs que les gaz auxquels ils se substituent, les fameux CFC responsables du trou dans la couche d'ozone. Mais surtout, rappelle Durwood Zaelke, président de l'Institute for Governance & Sustainable Development, à Washington, parce que « personne, en 1975, ne se souciait du changement climatique » ! La porte était donc ouverte à l'utilisation massive des gaz fluorés et, en 2016, la communauté internationale se retrouva finalement à Kigali, la capitale du Rwanda, pour tenter de s'en débarrasser. « Compte tenu de l'urgence de la lutte contre le changement climatique, si une action devait être menée, c'était bien sur les gaz fluorés », explique Durwood Zaelke, également activiste environnemental et qui joua un rôle majeur durant les négociations de Kigali[58]. Disons-le autrement et sans détours : il fallait corriger les fâcheux effets de décisions prises des décennies plus tôt et en parfaite connaissance de cause, au nom de la protection de la planète ! Bâtir un consensus ne fut pas chose aisée, les industriels produisant les gaz fluorés n'ayant aucun intérêt à ce que la réglementation internationale évolue. Les 197 pays signataires tombèrent finalement d'accord sur l'interdiction

progressive des HFC. Les accords de Kigali devaient donc s'avérer un succès majeur. Quoique, pour parvenir à un accord, il a fallu laisser une période de grâce à certains États. Ainsi, la Chine, premier producteur mondial de HFC, ne pourrait commencer à les supprimer qu'en 2029, et l'Inde en 2032.

HONEYWELL, RECOURS ET VERROU DE LA LUTTE CONTRE LE CLIMAT

Nul besoin, en théorie, de patienter si longtemps pour bannir les HFC puisqu'on leur a déjà trouvé des substituts : il s'agit des gaz HFO (hydrofluoroléfine), plus connus sous le nom de gamme Solstice[59], proposés par le chimiste américain Honeywell. Les HFO – dont certains peuvent être utilisés pour réfrigérer les centres de données[60] – sont bien moins réchauffants que les HFC. Mais avant de recourir à ces gaz miracles, il faut respecter la loi des affaires… Honeywell a en effet investi des centaines de millions de dollars[61] dans la conception de la gamme Solstice. Pour récupérer sa mise, le chimiste les a donc brevetés jusqu'en 2030 et les vend jusqu'à vingt fois plus cher[62] que les HFC : des prix apparemment justifiés, mais tout à fait inabordables pour les pays en voie de développement. Dès lors, « l'Inde est trop pauvre pour cesser d'utiliser les HFC », confirme Durwood Zaelke, qui s'en est ouvert à plusieurs reprises auprès des représentants d'Honeywell. « Je leur ai dit que, si les prix [des HFO] pouvaient baisser, nous pourrions accélérer [la lutte contre le réchauffement climatique]. Ils m'ont répondu qu'ils avaient dépensé beaucoup d'argent pour mettre ces gaz au point et qu'ils devaient être payés en retour. N'importe quel investisseur vous [le dira], poursuit Zaelke, les gens veulent simplement faire du fric[63]. »

Durwood Zaelke établit un lien de causalité direct entre la période de grâce accordée à l'Inde et la Chine, qui comptabilisent tout de même le tiers de l'humanité, et le prix prohibitif du HFO pratiqué par Honeywell, firme

devenue tout à la fois un précieux recours dans la lutte contre le réchauffement du climat… et un obstacle ! « Honeywell verrouille notre capacité à lutter plus efficacement contre le réchauffement climatique », accuse Durwood Zaelke, tandis que Paula Tejon, stratège de campagne de Greenpeace, se désole de voir « les pays en voie de développement bloqués [avec les HFC] pour des décennies[64] ». La situation évoluera à pas comptés tant qu'Honeywell pourra compter sur l'appui de Washington. « Le pouvoir de ces industriels est si énorme qu'ils peuvent dicter les actions du gouvernement américain », confirme l'activiste. Comme faire interdire le recours à des réfrigérants dits « naturels », bien moins nocifs pour le climat et pour lesquels aucun droit de propriété intellectuel ne s'applique[65]. « De tels substituts seraient synonymes de moindres profits pour les groupes de chimie américains et, dès lors, les réfrigérants naturels sont bannis aux États-Unis, analyse Paula Tejon. Les autorités avancent que leur utilisation est trop dangereuse, mais la réalité est qu'ils protègent l'industrie américaine. »

Les États-Unis n'ont pas interdit l'utilisation des HFC à ce jour[66], mais l'Europe se montre plus proactive. Depuis 2006[67], l'utilisation des gaz fluorés y est progressivement réduite. Mais le Vieux Continent ne représente qu'un quinzième de l'humanité… L'eurodéputé Bas Eickhout se veut néanmoins optimiste : il pense que les réglementations décidées à Bruxelles contraindront les producteurs de gaz fluorés chinois à s'aligner sur les exigences du marché européen – donc à accélérer leur conversion vers une nouvelle génération de substances moins néfastes pour le climat. Reste un obstacle de taille : comment savoir si les accords de Kigali seront correctement appliqués ? « Il n'existe pas de recommandations claires quant à la meilleure manière de calculer ses émissions de gaz fluorés », soupire Guus Velders[68]. Si l'Europe s'astreint notamment à refaire ses comptes chaque année, il n'en va pas de même pour le reste du monde. De nombreuses entreprises du secteur numérique risquent de ne pas être des plus coopératives. Ainsi, aux yeux de Kristen Taddonio, une collègue de Durwood Zaelke, l'inventaire des émissions de gaz à effets de serre du groupe Amazon est apparu si vague qu'elle ne pouvait déterminer quelle part des gaz réfrigérants émis par la firme américaine provenait de ses véhicules et

quelle part de ses centres de données[69]… Ces lacunes signifient qu'il échoira aux scientifiques de réaliser les évaluations par eux-mêmes au moyen de mesures atmosphériques. Or, comme toujours lorsqu'il est question de réchauffement climatique, le temps presse. Durwood Zaelke pense que nous avons une décennie devant nous pour agir contre les gaz à effet de serre, y compris les gaz fluorés. « Si nous ne nous y attaquons pas de façon plus agressive, nous dépasserons le plafond des 1,5 °C de réchauffement climatique et rendrons toute action de correction encore plus difficile à entreprendre à l'avenir », prévient-il.

Il existe assurément un coût caché des téléphones, des tablettes et des ordinateurs. C'est une partie immergée de l'iceberg qui, parce qu'elle est peu comptabilisée ou qu'elle échappe à nos sens, demeure largement ignorée. Quant aux milliards d'objets connectés du quotidien, ils génèrent et s'échangent un flot de données pour lesquelles l'industrie numérique a déployé, ces dernières années, une infrastructure phénoménale : les centres de données.

1. wupperinst.org

2. Entretien avec Jens Teubler, chercheur à l'institut de Wuppertal pour le climat, l'environnement et l'énergie, 2020.

3. En français, on pourrait parler d'« apport matériel par unité de service ».

4. Consulter le rapport « Calculating MIPS: Resource productivity of products and services », de Michael Ritthof, Holger Rohn et Christa Liedtke, en coopération avec Thomas Merten, Wuppertal Spezial 27e, Institut de Wuppertal pour le climat, l'environnement et l'énergie, janvier 2002.

5. Entretien avec Karine Samuel, professeure et chercheuse à l'université de Grenoble-Alpes, équipe « anticipation et gestion des risques », 2019.

6. « Tous les mouvements de matière causés techniquement dans l'écosphère sont examinés », ajoute le rapport « Calculating MIPS: Resource productivity of products and services », *op. cit.*

7. Frans Berkhout, Joyeeta Gupta, Pier Vellinga, *Managing a Material World: Perspectives in Industrial Ecology*, Springer, 2008.

8. *Ibid.*

9. La stratégie du « facteur 10 » et du « sac à dos écologique », *Les Cahiers du développement durable*, Cahier 4 : outils, Institut Robert-Schuman Eupen (Belgique).

10. La stratégie du « facteur 10 » et du « sac à dos écologique », *op. cit*.

11. Par exemple sur le site ressourcen-rechner.de/calculator.php?lang=en

12. La moyenne des utilisateurs est de 40 tonnes par an.

13. Frédéric Bordage, Aurélie Pontal, Ornella Trudu, « Quelle démarche Green IT pour les grandes entreprises françaises ? », étude WeGreen IT et WWF, 2018.

14. Frédéric Bordage, *Sobriété numérique, les clés pour agir*, Buchet-Chastel, 2019.

15. *Ibid.*

16. *Ibid.*

17. Notons tout de même l'existence de la méthode MFCA (*Material flow cost accounting*) qui, selon l'ADEME, « permet d'identifier et de quantifier les flux et stocks de matières ainsi que les coûts associés. Cette méthode cible tous les flux qui ne contribuent pas à la réalisation du produit final ». Elle est très utilisée au Japon et a donné lieu à l'établissement d'une norme ISO 14051:2011. Voir la fiche de l'ADEME « Méthode de comptabilité des flux de matières – Étude de *benchmarking* sur les déchets dans les méthodologies d'action sur les coûts, et sur les coûts dans les méthodologies d'action sur les déchets des entreprises », 2012.

18. L'expression est de Corinne Lepage, ministre de l'Environnement de Jacques Chirac de 1995 à 1997, associée fondatrice du cabinet Huglo Lepage Avocats.

19. Consulter le rapport au Club de Rome : Ernst Ulrich von Weizsäcker, Levin Hunter Lovins, Amory Bloch Lovins, *Facteur 4. Deux fois plus de bien-être en consommant deux fois moins de ressources*, Terre Vivante,1997.

20. Entretien avec Agnès Crepet, responsable de la division *information technology* et longévité logicielle de Fairphone, 2020.

21. Elle évite l'accumulation d'électricité statique.

22. Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives : leti-cea.fr/cea-tech/leti

23. Cette découverte vaudra à Jack Kilby (1923-2005) le prix Nobel de physique en 2000.

24. Taiwan Semiconductor Manufacturing Company.

25. « The chip industry can proclaim 1 trillion served », Market Watch, 4 février 2019.

26. « Wafer » signifie « gaufrette » en anglais.

27. De même que la surface des puces n'a pas augmenté, leurs prix sont restés les mêmes, ce qui représente une prouesse. « Si l'industrie de l'automobile avait produit les mêmes efforts, on s'offrirait aujourd'hui une Rolls au prix de la 2CV », explique François Martin.

28. Entretien avec Jean-Pierre Colinge, directeur de 2012 à 2017 au bureau central en charge du développement technologique, TSMC, 2020.

29. *Ibid.*

30. Le boîtier permet notamment d'assurer la jonction électrique de la puce avec le circuit imprimé.

31. *Ibid.*

32. Entretien avec Karine Samuel, 2019.

33. La lithographie par rayonnement ultraviolet extrême permet de graver les transistors avec une finesse inégalée.

34. Entretien avec Jean-Pierre Colinge, 2020.

35. Entretien avec Agnès Crepet, 2020.

36. Entretien avec Jean-Pierre Colinge, 2020.

37. « Short on space, Taiwan embraces a boom in recycling », *The New York Times*, 29 novembre 2013. L'industrie des technologies de l'information et de la communication taïwanaise représente 40 % des exportations de l'île et 20 % de son PIB.

38. Entretien avec Yongchien Ling, professeur, département de chimie, National Tsing Hua University, 2020.

39. « Le silicium : les impacts environnementaux liés à la production », EcoInfo, CNRS, 20 octobre 2010.

40. Concernant l'entreprise ASE Korea Inc., consulter l'article « Taiwan's ASE ordered to shut factory for polluting river », Phys.org, 20 décembre 2013. Concernant l'entreprise Nerca, lire l'article « High tech waste out of control », *CommonWealth Magazine*, vol. 568, 18 mars 2015.

41. Entretien avec Jean-Pierre Colinge, 2020.

42. En 2021, une nouvelle sécheresse a frappé Taïwan, obligeant à nouveau TSMC à se faire livrer de l'eau par camions-citernes. Lire « Taïwan's chip industry under threat as drought turns critical », *Nikkei Asia*, 25 février 2021.

43. « The conundrums of sustainability: Carbon emissions and electricity consumption in the electronics and petrochemical industries in Taiwan », MDPI, Open Access Journal, vol. 11, octobre 2019.

44. Entretien avec Jean-Pierre Colinge, 2020.

45. « What will it take to improve Taiwan's air ? », The News Lens, 19 février 2018.

46. Entretien avec Han-Lin Li, activiste au sein de l'ONG Citizen of the Earth, Taïwan, 2020.

47. *Ibid.*

48. Tels que le méthane et le protoxyde d'azote.

49. Dans l'ordre : les hydrofluorocarbures, l'hexafluorure de soufre, les perfluorocarbures, le trifluorure d'azote et le tétrafluorure de carbone.

50. Ainsi, Guus Velders, chercheur à l'Institut national de la santé publique et de l'environnement des Pays-Bas (RIVM), pense qu'environ 10 % des HFC dans le monde, ou un peu moins, sont utilisés aujourd'hui pour climatiser les centres de données. On connaît mal, à ce jour, la capacité de certains pays, dont la Chine, à traiter les *datacenters* en fin de vie et les gaz fluorés que contiennent leurs circuits de climatisation.

51. Ces gaz sont stables et électronégatifs. Par ailleurs, 80 % du SF_6 serait utilisé pour éviter les risques de court-circuit dans les systèmes d'alimentation électriques et 8 % par l'industrie électronique (voir Matthew Rigby, Ray F. Weiss, Tim Arnold *et al.*, The increasing atmospheric burden of the greenhouse gas sulfur hexafluoride (SF_6), acp.copernicus.org, 2020). L'industrie des semi-conducteurs représente 45,9 % de la consommation de NF_3 (voir « NF_3 & F2 trend analysis report », Grand View Research, septembre 2015).

52. Entretien réalisé en 2020 avec Matt McGrath, journaliste à la BBC. Lire son article « Climate change: Electrical industry's "dirty secret" boosts warming », BBC, 13 septembre 2019. On y apprend notamment que les fuites de SF_6 en Grande-Bretagne et dans le reste de l'Union européenne en 2017 correspondaient, à elles seules, aux émissions de gaz à effet de serre de 1,3 million de voitures durant cette même année.

53. En 2009, Guus Velders avait déjà publié avec d'autres auteurs une étude dans laquelle il avertissait que ce chiffre pourrait atteindre 20 % des émissions globales de gaz à effet de serre : « The large contribution of projected HFC emissions to future climate forcing », publiée en juillet 2009 dans PNAS

(Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America). Cette estimation a été révisée à la baisse depuis.

54. Tim Arnold *et. al.*, « Inverse modelling of CF_4 and NF_3 emissions in East Asia », acp.copernicus.org, articles, vol. 18, n° 18, 2018.

55. Et comme les effets du SF_6 ou du NF_3 sont démultipliés par rapport à ceux du CO_2 qui, lui, s'estompe au bout d'un siècle, il pourrait donc, à terme « y avoir davantage de ces gaz dans l'atmosphère que de CO_2 », souligne Tim Arnold, professeur à l'université d'Édimbourg (entretien réalisé en 2020). Ces projections sont très probablement modestes compte tenu des fuites incontrôlées de gaz fluorés, difficilement calculables, rapportées par nos différentes sources.

56. « HFCs and other F-gases: The worst greenhouse gases you've never heard of », Greenpeace, 2009.

57. « Greenhouse effect due to chlorofluorocarbons: Climatic implications », *Science*, vol. 190, n° 4209, 3 octobre 1975.

58. Entretien avec Durwood Zaelke, président de l'Institute for Governance & Sustainable Development (IGSD), 2020.

59. « Les "HFO" entrent en scène dans les systèmes de réfrigération et de climatisation », Climalife, 3 janvier 2013.

60. Le HFO-1234ze, par exemple, commence à être utilisé pour les systèmes de refroidissement des centres de traitement de données, comme nous l'explique Stéphanie Barrault, en charge de la communication et du soutien à l'innovation au Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA), dans un entretien accordé en 2020.

61. « Honeywell invests $300m in green refrigerant », *Chemistry World*, décembre 2013.

62. « Position paper on HFO », Greenpeace, novembre 2012.

63. Entretien avec Durwood Zaelke, 2020.

64. Entretien avec Paula Tejon, stratège de campagne chez Greenpeace, 2020.

65. Ces réfrigérants naturels sont notamment composés d'eau, d'ammoniac, de propane et de butane. Lire le rapport de Greenpeace (non daté), « Natural refrigerants: The solutions ».

66. « Courts strike down US restrictions on HFCs », *Chemical & Engineering News*, août 2017.

67. Il s'agit du règlement (CE) n° 842/2006 du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relatif à certains gaz à effet de serre fluorés. Celui-ci a été remplacé par le règlement (UE) n° 517/2014 du Parlement européen et du Conseil du 16 avril 2014 relatif aux gaz à effet de serre fluorés.

68. Entretien avec Guus Velders, 2020.

69. Entretien avec Kristen Taddonio, conseillère pour le climat et l'énergie à l'Institute for Governance & Sustainable Development (IGSD), à Washington, 2020.

4.

Enquête sur le nuage

« Cet immeuble, c’est un mystère ! », glisse une passante emmitouflée dans une large écharpe. Puis elle désigne un édifice tout proche, haut d’une douzaine d’étages, cerné de douves et de grilles. « Il y a toujours des filets de lumière qui filtrent à travers les baies vitrées, de jour comme de nuit, tantôt mauves, tantôt rouges, ajoute-t-elle. J’aimerais bien pouvoir y pénétrer un jour ! » Adresse : Science Park 610, dans la banlieue ouest d’Amsterdam. Sous le ciel pâle de cette journée de l’hiver 2020, des rafales de vent s’engouffrent, en sifflant, dans les stries noires et grises de l’« immeuble rouge », ainsi que l’ont surnommé des réfugiés syriens qui vivent dans des préfabriqués attenants. C’est peut-être son unique signe distinctif. Aucune fenêtre, nul logo ne permet de déceler ce qui se trame de l’autre côté de la façade. Seule une ombre glisse derrière le poste central de sécurité… « Ce n’est pas très accueillant, ça fait un peu peur !, convient Ugnius Rimsa, un commerçant voisin. On se demande quelles entreprises y stockent leurs données. » Depuis sa mise en service, en 2017, le *datacenter* Equinix AM4 échange des *data* avec 80 % du continent européen en moins de 50 millisecondes. C’est un bâtiment de métal aussi intimidant que splendide. Et c’est surtout un maillon de ce que l’on appelle communément « le *cloud* ». Un *cloud* qui, sous le ciel bas de cette matinée hivernale, se fond dans des nuages encore plus imposants que lui…

DATACENTERS, LES USINES DE L'ÈRE NUMÉRIQUE

Quel que soit l'usage que nous fassions de notre smartphone, celui-ci est relié à un *datacenter*. Lorsque nous réservons un billet d'avion, commandons une pizza ou appelons un ami, notre interface ne communique pas directement avec celle d'EasyJet, de Pizza Hut ou de Pierre… Entre les deux terminaux, il existe un point d'interconnexion, c'est-à-dire un lieu de transit, de stockage et de traitement de l'information, que celle-ci emprunte pour en repartir immédiatement (une conversation téléphonique), ou pour y être conservée et analysée (la commande d'une pizza aux *pepperoni*). Nos photos postées sur Instagram, vidéos Facebook et messages WhatsApp ne se trouvent donc pas seulement dans notre téléphone ; ils sont conservés dans ces points d'interconnexion, et plus précisément dans des « serveurs » (ordinateurs) avec lesquels nous communiquons lorsque nous surfons sur Internet. De même, les plateformes de troc entre voisins, les sites de rencontres en ligne, les compteurs intelligents et les voitures connectées, qui produisent et reçoivent sans arrêt des informations, ne pourraient exister sans ces infrastructures.

Pendant longtemps, toutes les entreprises stockaient leurs données à demeure, dans des « locaux techniques » exilés au fond d'un placard à balais ou dans les W.C. Aujourd'hui encore, les plus grosses firmes du monde (Google, Facebook, Apple) gèrent elles-mêmes leurs propres serveurs dans des espaces privatisés. Mais pour des raisons de coût et de sécurité, un nombre croissant d'entreprises préfèrent confier la gestion de leurs serveurs à des groupes spécialisés tels qu'Equinix, Interxion, EdgeConneX, CyrusOne, Alibaba Cloud ou Amazon Web Service… En bons « hébergeurs », ces derniers accueillent les données de leurs clients dans des *datacenters* de « colocation », autrement dit des « hôtels pour serveurs » reliés à Internet. L'ensemble de ces installations constitue le « nuage », un service externalisé de stockage de *data*, accessible depuis n'importe quelle interface, tellement populaire qu'un tiers des données produites aujourd'hui dans le monde transite par lui. « Chaque jour de votre vie, pour vos besoins les plus banals, vous êtes susceptible de mobiliser une centaine de *datacenters* éparpillés dans dix pays différents », explique Fredrik

Kallioniemi, directeur commercial de l'hébergeur de données Hydro66[1]. « Sans eux, il n'y a rien !, résume Yves Grandmontagne, rédacteur en chef de *Datacenter Magazine*. Ils sont au cœur de notre vie informatique[2] ».

On a pourtant rarement idée de leur existence. « Dans ce métier, les "journées portes ouvertes" ne se produisent pas souvent ! », convient Paul Benoit, cofondateur et dirigeant de Qarnot Computing[3]. Il faut dire qu'il s'agit d'une industrie émergente, discrète, qui adore accumuler les acronymes incompréhensibles dans ses prospectus commerciaux. Et puis rien ne distingue un quelconque bâtiment, usine ou entrepôt d'un *datacenter*, et vous êtes probablement passé devant des dizaines d'entre eux sans jamais lever les sourcils. Le quartier du Sentier, dans le centre de Paris, est ainsi constellé de *datacenters* aménagés dans d'anciens immeubles industriels. À quelques encablures, au numéro 137 du boulevard Voltaire, un édifice de briques rouges abrite, lui, sur 7 000 mètres carrés, le centre de traitement de données de l'opérateur Telehouse. En plein cœur des métropoles, on peut retrouver ces agglomérats de serveurs dans un ancien hôtel, un abri antiatomique, un bunker aérien, un centre de tri postal ou des usines automobiles désaffectées[4]. À New York, c'est un ancien bâtiment de Western Union Telegraph de vingt-trois étages sis au 60, Hudson Street qui fait dorénavant office d'entrepôt de données. Et à Londres, le campus de l'université de Londres-Est, dans le quartier des Docklands, concentre à lui seul une vingtaine de ces usines numériques. Compte tenu de leur taille, les *datacenters* se trouvent de plus en plus relégués à la périphérie des villes, dans des entrepôts préfabriqués sans âme. Mais un effort d'intégration architecturale n'est pas exclu, à l'image de l'élégant centre de données de Facebook, à Prineville (Oregon) ou de son futuriste comparse érigé par CoreSite, à Santa Clara (Californie)[5]. Il existe même un concours des plus beaux *datacenters* au monde, récemment remporté par le MareNostrum, une bête de 44,5 tonnes enveloppée dans un caisson de verre, sous la nef d'une chapelle déconsacrée de Barcelone[6] !

Une douzaine d'années ont ainsi suffi pour que le nuage s'enracine dans le sol, dans tous les *hubs* de communication majeurs (Washington, Hong Kong, Johannesburg, Sao Paulo…), et surtout dans les grandes places boursières :

Londres, Frankfort, New York, Paris, Amsterdam… Conséquence, il existerait aujourd'hui près de trois millions de *datacenters* d'une surface de moins de 500 mètres carrés dans le monde, 85 000 de dimension intermédiaire et une petite dizaine de milliers dont la taille peut avoisiner celle de l'Equinix AM4[7]. Et au cœur de cette Toile de béton et d'acier prospèrent plus de 500 *datacenters* dits *« hyperscale »*, souvent vastes comme un terrain de football (voir l'annexe 4). Voilà « des paquebots, des monstres de technologie[8] », nous dit Paul Benoit, qui concentrent câbles, équipements de sécurité, installations informatiques et électriques[9]. Étrange paradoxe : plus l'on célèbre la tertiarisation de nos économies, plus on parle de « fermes » de données, d'« usines » de l'ère numérique, de « *hubs* », « routes » et autres « autoroutes » de l'information, autant de rémanences de l'agriculture et de l'industrie que le secteur des services promettait de supplanter…

Mais pourquoi faire tourner autant de bétonnières – avec les lourds impacts écologiques que nous révélerons plus tard – aux seules fins d'entasser d'impalpables vidéos de chats, courriels et données de localisation ? C'est que l'humanité produit déjà un invraisemblable déluge de *data* : 5 exaoctets[10] par jour, soit autant que toutes celles produites depuis les débuts de l'informatique jusqu'en 2003. De quoi remplir la mémoire de dix millions de disques Blu-ray qui, empilés, s'élèveraient à quatre fois la hauteur de la tour Eiffel. Et avec les centaines de milliards d'objets connectés à la 5G qui déferleront bientôt sur le monde, « cette quantité de données est exponentielle et nous ne stopperons pas cette tendance », prévient même Fredrik Kallioniemi[11]. D'ailleurs, le marché mondial de ces infrastructures, qui avoisine 124 milliards d'euros annuels, croît de près de 7 % par an.

Comment nous représenter concrètement un tel tsunami ? Vous avez remarqué que le Web est souvent associé à un corps liquide : on « surfe » sur Internet, on produit des « flots » de données et on regarde des vidéos en *streaming*, un adjectif anglais qui rappelle que les flux d'informations ruissellent… Prenez la métaphore au mot et dirigez-vous vers un lavabo. Récupérez dans un verre les gouttes d'eau qui coulent du robinet (nous avons mené l'expérience, reproduite en annexe 5). Admettons qu'une goutte vaut un

octet, c'est-à-dire l'unité de mesure de l'information. Mille gouttes (ou 1 kilooctet, soit la taille d'un court e-mail) plus tard, vous avez collecté 100 millilitres d'eau, soit un verre à moitié plein. Reproduisez l'opération mille fois pour obtenir un mégaoctet : c'est l'équivalent d'une minute de document audio au format MP3, et c'est surtout 100 litres d'eau. Un gigaoctet (mille fois plus) correspond à un film de deux heures, soit une grosse citerne de récupération d'eau de pluie. Un téraoctet, lui, permet de stocker près de la moitié du catalogue de la Bibliothèque nationale de France, mais il vaut aussi 27 piscines olympiques. Quant aux 5 exaoctets de données produites dans le monde chaque jour, ils sont l'équivalent de plus de cinq fois le lac Léman. Terminons avec les 47 zettaoctets générés chaque année : c'est le volume de la Méditerranée et de la mer Noire réunies. En clair, l'humanité se noie, littéralement, dans un océan de données.

Reste une interrogation encore plus élémentaire : à quelles fins en produisons-nous autant ? Nous savons tous – vaguement – que nos informations de géolocalisation, nos historiques de recherche sur Internet et interactions sur les réseaux sociaux génèrent des *data*[12]… Mais par qui, comment et en quelles quantités sont-elles traitées ? Pendant plusieurs semaines, nous avons tenté de répondre à cette question en enquêtant sur la formidable boulimie de données dont fait preuve un innocent objet de notre vie quotidienne : une brave trottinette en accès partagé garée sur les trottoirs des grandes métropoles.

LES POUVOIRS INSOUPÇONNÉS DES TROTTINETTES PARTAGÉES

Depuis leur apparition dans la ville californienne de Santa Monica en 2017, les trottinettes électriques en libre accès rencontrent un succès croissant à travers le monde. Bon marché, pratiques et ludiques, elles aident à désengorger les agglomérations saturées de voitures. Les porte-drapeaux de ce phénomène sont les opérateurs tels que Lime, Bird, Jump ou Lyft, dont la valorisation en Bourse atteint des records. Car les investisseurs sont au rendez-vous : selon une société

de conseil, « une douzaine de start-up de trottinettes ont déjà recueilli plus de 1,5 milliard de dollars d'investissements et nous estimons que le marché mondial approchera les 40 à 50 milliards de dollars d'ici à 2025[13] ». Pourtant, la robustesse des trottinettes elles-mêmes laisse à désirer et leur espérance de vie ne dépasse guère quelques mois : une durée insuffisante pour altérer leur coût de fabrication et d'entretien. Bref, louer des trottinettes ne constitue pas, aujourd'hui, une affaire profitable. En dépit de tout cela, ce service de location passionne les fonds d'investissement.

Peut-être parce que les trottinettes seront, demain, plus solides et rentables… Mais aussi et surtout parce que les entreprises qui les louent « collectent énormément de données générées par les habitudes de mobilité des utilisateurs », explique un défenseur des libertés civiles[14]. Au moment de créer un compte sur une application dédiée, vous partagez vos nom, courriel, adresse postale, numéro de téléphone, coordonnées bancaires, historique de paiement, etc[15]. Puis l'entreprise de location pourra collecter toute information relative à vos trajets grâce aux capteurs fixés sur la trottinette et aux données transmises par votre téléphone mobile[16]. Le groupe Bird s'autorise même à enrichir votre profil d'informations glanées auprès de différentes entreprises détenant déjà des données sur vous et de s'enquérir de votre solvabilité auprès d'agences d'évaluation du crédit ! Cela fait beaucoup pour une innocente balade dominicale… Mais convenons que ces renseignements peuvent s'avérer indispensables pour satisfaire le client roi. « Les données permettent d'affiner la politique tarifaire du groupe, d'identifier les trajets les plus communs et donc d'optimiser le déploiement des trottinettes… Tout cela dans un but d'amélioration de la qualité du service » explique, sous le sceau de l'anonymat, un professionnel de l'entreprise de mobilité Bolt.

L'horizon des opérateurs dépasse cependant largement celui des seules trottinettes… En collectant le maximum de données, ces derniers cherchent surtout à acquérir une compréhension globale de nos modes de déplacement. En effet, l'offre de mobilité se diversifie dans les villes. Pour nous rendre d'un point à un autre, nous empruntons par exemple un taxi partagé, puis un scooter en libre-service et, enfin, un bus. Le Graal des opérateurs porte le nom de

« *Mobility as a Service* » (le « service de mobilité »), un portail unifié agrégeant l'ensemble de ces modes de déplacement. « Les opérateurs veulent proposer un système de déplacement multimodal, qui engloberait aussi bien le vélo, la voiture que la trottinette[17] », confirme un membre de La Quadrature du Net[18]. Louer des trottinettes n'est donc qu'un moyen de pénétrer le gigantesque marché de la mobilité… pourvu que l'on dispose de l'information la plus massive et la plus précise possible sur le comportement des voyageurs. « Que va faire une société comme Bird de toutes ces données accumulées sur nos déplacements ? Beaucoup d'argent !, veut croire un spécialiste du géomarketing[19]. C'est en tout cas le pari des investisseurs qui ont valorisé la société à 2 milliards de dollars après une seule année d'existence. » La *data* constitue donc un actif stratégique, l'or noir des entreprises de mobilité vouées à nous recommander, demain, des offres de déplacement toujours plus adaptées à nos besoins.

Mais il y a un double fond…

En enfourchant une trottinette, vous consentez également à ce que l'opérateur partage certaines de vos données « avec des parties tierces à des fins de recherche, de commercialisation et pour d'autres objectifs », indique par exemple le groupe Lime[20], sans plus de précisions. Ces spécifications « sont écrites dans des termes opaques et vagues, ça doit rester inintelligible », décrypte l'avocat américain Mohammad Tasjar[21]. En l'occurrence, vous avez accepté que l'opérateur utilise un *tracker* (ou « pisteur »). Il s'agit d'un morceau de logiciel qui collecte davantage d'informations sur vous, souvent sans lien avec l'utilisation de trottinettes, pour pouvoir par la suite non pas les garder pour lui-même, mais les transmettre à d'autres entreprises poursuivant leurs propres objectifs commerciaux. En général, « ce sont les pisteurs de Facebook et de Google [qui] sont les plus présents dans les applications », explique un « hacktiviste[22] » de l'association Exodus Privacy. En se connectant par exemple à Babyplus, une société offrant un service d'éducation prénatale, avec un téléphone n'ayant pourtant jamais été connecté à Facebook, celui-ci « a constaté que des informations sur le nom de l'enfant, son genre, la façon dont il s'allaite, partaient tout de même chez Facebook[23] ». Cet enfant avait déjà une existence pour le réseau social, car un *tracker* était à l'évidence passé par là…

Mais revenons aux trottinettes : le *tracker* Appsflyer (Bolt, Bird) s'intéresse à l'historique de votre navigation sur le Net ou aux autres applications installées sur votre smartphone tandis que Tune (Bolt) collecte certaines de vos données de géolocalisation. Le pisteur Adjust (Bird, Dott, Hive), lui, garde en mémoire vos achats les plus divers. Quant à Branch (Lime), il collecte notamment vos empreintes digitales. De tels *trackers* rendent ensuite possible le déploiement de stratégies de marketing ciblées comme l'envoi d'une publicité adaptée à vos goûts[24]. Ils peuvent également faciliter le géorepérage (une offre promotionnelle pour l'achat d'une veste vous est adressée lorsque vous passez devant un magasin de vêtements) ou la segmentation (un message précis est adressé à une catégorie de population).

Personne ne sait si les opérateurs de trottinettes ont effectivement, à ce jour, partagé ou vendu les informations ainsi recueillies. Un spécialiste du géomarketing pense même que l'enjeu immédiat pour les prestataires « n'est pas de valoriser leurs données, mais d'abord d'acquérir une masse critique. Ils ne pourront rien faire des *data* tant qu'ils n'auront pas fidélisé des centaines de millions d'utilisateurs[25] ». Mais il y a lieu de nous méfier, car « les données de notre mobilité sont beaucoup plus révélatrices de notre vie que n'importe quelle autre *data*, explique Mohammad Tasjar. Elles sont même parmi les informations les plus sensibles qui soient[26] ». Une analyse de données brutes permet en effet, sans grande difficulté, de déduire notre adresse personnelle (d'où nous partons tous les matins à la même heure), notre confession (l'église où nous nous rendons chaque dimanche à 11 heures), nos orientations politiques (une manifestation à laquelle nous avons participé) et pourquoi pas nos pathologies (une clinique spécialisée où nous avons rendez-vous).

LA FIN DE NOTRE ANONYMAT

En 2014, le chercheur australien Anthony Tockar qui traçait, grâce à des données en libre accès, les allées et venues de taxis new-yorkais devant un club de strip-tease a pu identifier avec une effarante précision où habitaient les clients

réguliers de l'établissement[27]. Et à la même époque, un homologue belge a carrément affirmé, preuves à l'appui, que « quatre points spatio-temporels [étaient] suffisants pour identifier 95 % des individus[28] » ! On vous rétorquera que les données sont anonymisées, mais le chemin à parcourir pour dévoiler une identité est très court… En fait, conclut l'ingénieur californien et expert en la matière[29], « il est pratiquement impossible d'anonymiser les données et, au fond, le meilleur moyen de ne pas en faire mauvais usage serait de ne pas les collecter du tout ». L'universitaire allemand Thorsten Strufe ajoute même : « Les données anonymes, c'est un énorme canular[30]. »

Les *data* accumulées par les trottinettes pourraient ensuite s'agréger à des informations déjà détenues sur vous par d'autres entreprises. Entrent alors en scène les *data brokers*, de discrets courtiers qui achètent des données, complètent des profils et les revendent au plus offrant. Le profil d'un consommateur peut englober 1 500 paramètres vendus à l'unité (environ 30 centimes d'euros pour un nom et un prénom) et plus rarement en totalité (600 euros en moyenne). Le marché mondial avoisine 300 milliards d'euros. En acquiesçant aux conditions d'utilisation du service, vous acceptez donc de perdre le contrôle de vos propres *data*. Des morceaux de votre identité sont susceptibles d'être éparpillés dans un nombre incalculable de *datacenters* à travers le monde, sans que vous ayez la moindre idée de qui en fait quoi. Bref, vous mettez le doigt dans une vaste mécanique dont les rouages et les enjeux vous dépassent complètement.

En 2018, la puissante Union américaine pour les libertés civiles (ACLU) mettait en garde quant aux véritables objectifs poursuivis par les prestataires de trottinettes. « Lorsque vous scannez un QR [*Quick Response*] code, vous ne réalisez pas que vous entrez dans l'engrenage d'un système de stockage compulsif qui collecte bien plus de vos informations personnelles que celles dont le produit a réellement besoin », avertit-elle[31]. L'affaire est d'autant plus sérieuse que des associations se sont récemment inquiétées que toutes sortes de données de localisation puissent être utilisées par des États à des fins de surveillance. L'administration Trump ne s'est-elle pas servie de ce type de *data* émanant des téléphones de migrants illégaux et d'activistes pour, ensuite, les poursuivre en

justice[32] ? Des entreprises comme Lime et Bird ont admis qu'elles transmettraient aux autorités des informations sur leurs utilisateurs si elles se sentaient obligées de le faire[33]. Une liberté aussi fondamentale que la protection de notre intimité s'en trouve fragilisée… « Le système de crédit social chinois est juste une transcription un peu plus manifeste de ce nous vivons déjà dans les pays occidentaux, constate Liam Newcombe. Nous allons devoir affronter des défis particulièrement dangereux à l'avenir, et je crains que les gens n'en soient pas réellement conscients[34]. » Un an après l'ACLU, le commissaire de Hambourg (Allemagne) en charge de la protection des données alertait à son tour ses administrés. « Un aspect élémentaire de notre vie privée consiste à pouvoir nous déplacer dans l'espace public sans être pourchassé. Quiconque accède aux nouvelles offres des [prestataires de] trottinettes électriques perd cette sécurité. » Et l'organisme de conclure qu'« il est important de se demander si cela vaut la peine d'utiliser vos propres données en échange de l'offre » de l'opérateur[35]. Traduction : réfléchissez-y deux fois avant de troquer une chose qui a un coût pour une autre qui, elle, n'a pas de prix…

De nombreux prestataires de trottinettes partagées ont réagi à cette mise en garde, assurant notamment que « la protection des données de [leurs] utilisateurs constitue [leur] priorité absolue[36] ». Sont-elles sincères ? Difficile à dire. Ce qui est certain, en revanche, c'est qu'en plus d'installer un *tracker* dans leur application, les opérateurs se sont légalement donné toute latitude pour qu'un jour ou l'autre une société dont vous ne savez rien puisse tout savoir de vous. Nous pouvons pourtant réagir en refusant, comme le permet dorénavant le règlement général sur la protection des données (RGPD) voté en 2016 par le Parlement européen[37], de partager nos données et en adoptant, plus généralement, une hygiène numérique de tous les instants… « Je ne suis plus sur Facebook ni Instagram, j'installe des bloqueurs de publicités, je ne travaille pas sur Windows, n'utilise pas de GPS et effectue mes recherches sur le navigateur Tor[38] afin d'anonymiser mon adresse IP », énumère Thorsten Strufe[39]. Mais combien d'entre nous sont disposés à réaliser de tels efforts ?

Car le dommage perçu est faible par rapport aux bénéfices immédiats engrangés… Si vous deviez payer le prix réel de votre course en trottinette, il

vous en coûterait bien plus cher. Seriez-vous, dès lors, prêt à vous offrir un tel service ? Le prestataire, quant à lui, sait que ce n'est plus la vente d'ordinateurs ou de logiciels qui fait dorénavant prospérer l'industrie numérique, mais la commercialisation d'informations[40]. Plus une entreprise se trouve au centre du *cloud*, plus elle pourrait devenir riche et puissante. Et pour aspirer toujours davantage de données, il faut appâter le consommateur en lui offrant des services supposément « gratuits[41] ». Champion par excellence de ce modèle économique, « Facebook est devenu la régie publicitaire la plus performante au monde », qui vend beaucoup de renseignements sur qui vous êtes, explique un journaliste spécialisé dans un ouvrage sur le fondateur de ce réseau social[42]. Le succès est tel qu'aux États-Unis plus de la moitié des 240 milliards de dollars de revenus publicitaires annuels sont générés en ligne. Pourquoi ne pas appliquer cette logique à la vente de légumes, de places de cinéma et à la facturation d'actes médicaux ? Car après tout, analyse Douwe Schmidt, un militant néerlandais engagé dans la défense de la vie privée, « tout peut être gratuit tant que nous sommes prêts à donner nos données[43] ». Souhaitons-nous réellement que le moindre de nos comportements soit entièrement transformé en données par ces plateformes ?

EXTENSION DU DOMAINE DE LA ***DATA***

Puisque les données sont la nouvelle pierre philosophale qui peut transmuer une affaire déficitaire en machine à sous, les entreprises stockent tout et n'importe quoi. Les *data* non immédiatement utiles pourront l'être, demain, pour un objectif encore indéterminé. Ou alors une entreprise sait déjà quel usage faire d'une donnée, mais ne dispose pas encore des moyens techniques (algorithmes, supercalculateurs) pour la convertir en billets de banque. Le « monde de la tech » bruisse dès lors d'expressions follement excitantes telles que « *machine learning* » (« apprentissage machine »), « informatique quantique », « raisonnement déductif », et bien sûr, « *big data* », c'est-à-dire les gigantesques volumes de données qui, une fois analysés, permettront d'observer des systèmes

complexes[44], de recommander aux consommateurs des contenus toujours plus adaptés à leurs goûts, pourquoi pas de prédire leurs comportements – et donc de gagner toujours plus d'argent[45].

Soyons objectifs : qu'elles soient produites par des individus, des machines ou des organisations, les données ont la capacité de rendre le monde infiniment meilleur. Grâce à elles, nous allons mieux diagnostiquer les cancers, modéliser plus finement l'évolution des épidémies et accélérer l'avènement de la médecine prédictive, moins onéreuse donc plus accessible au plus grand nombre. Le *big data* rendra également les administrations plus performantes, permettra aux ONG de mieux adapter leurs actions aux populations les plus démunies, d'accélérer la reconstruction des villes touchées par des tremblements de terre et de mieux corréler les programmes scolaires aux besoins des écoliers. Compte tenu de la masse de données actuellement compilées sur l'univers, il est même possible, avance l'universitaire suédois Karl Andersson, que nous ayons déjà en notre possession, stockées dans un serveur, des preuves d'une vie extraterrestre, sans être encore en mesure, faute d'outils de calculs suffisamment puissants, de les traduire en connaissances. « Peut-être que nous ne savons pas ce que nous savons », ajoute-t-il[46].

Mais le corollaire de la gratuité permise par la production des données, c'est qu'elle entraîne une consommation accrue d'Internet… « À partir du moment où c'est "*open bar*", je ne vais pas m'arrêter à la dixième vidéo de chats, je vais regarder la onzième ! », explique Hugues Ferreboeuf, membre du laboratoire d'idées The Shift Project[47]. « Gratuit » est donc synonyme d'« inflation de données »… On comprend mieux pourquoi chacun de nous génère, sans vraiment le savoir, près de 150 gigaoctets de *data* par jour[48], soit de quoi remplir la mémoire de neuf iPhones de 16 gigaoctets toutes les vingt-quatre heures ! Et l'humanité, qui avait stocké 12 zettaoctets[49] de *data* en 2015, en générera 2 142 en 2035, soit près de 180 fois plus (voir l'annexe 6). « Les chiffres sont dingues, s'exclame Fredrik Kallioniemi. Si le taux de croissance de la production de données était traduit en pile de papier, vous verriez cette pile s'élancer dans le ciel plus rapidement qu'une fusée à son décollage[50] ! »

Les données glanées par les prestataires de trottinettes ne représentent qu'un infime écot de cet océan de *data* – tout au plus de quoi gorger quelques centaines de serveurs[51]. Mais il faut replacer cette démonstration dans son contexte : la collecte systématique, mondiale de toutes sortes de données, qui « décuple les besoins en *datacenters* », analyse un professionnel de chez Bolt. Résultat, les « parcs d'affaires » prolifèrent sur cinq continents afin de permettre aux acteurs du *cloud* d'entreposer la mémoire du monde. Au nord de Paris, la communauté d'agglomération Plaine Commune, qui compte déjà 47 *datacenters*, s'apprête à accueillir une usine numérique de 40 000 mètres carrés, soit cinq fois la taille de la pelouse du Stade de France[52]… Les « *cloud cities* » (des cités-nuages), spécialisées dans le stockage de données, essaiment en Chine. D'ailleurs, le plus grand *datacenter* de la planète s'étend dans la ville de Langfang, à une heure de voiture au sud de Pékin, sur près de 600 000 mètres carrés, c'est-à-dire la surface de… 110 terrains de football[53] ! Pour accompagner sa folle croissance, l'industrie s'en remet à des agents immobiliers, des « sélecteurs de sites » qui quadrillent le globe pour dénicher le site idoine où arrimer le prochain fragment de nuage : un terrain si possible éloigné de toute zone inondable, agricole ou résidentielle, tenu à l'écart d'un couloir aérien ou d'une ligne de chemin de fer afin de limiter les risques d'accident, mais situé à moins d'une heure de voiture d'un aéroport international pour attirer les meilleurs talents. Les réseaux de distribution d'électricité doivent être robustes, l'environnement fiscal favorable, le coût du foncier attrayant, les professionnels du BTP compétents, de sorte que le *datacenter* à venir jaillisse du sol en moins de dix-huit mois.

QUAND LA « SILICON VALLEY DE LA CÔTE EST » VEUT PRÉSERVER SES FORÊTS

Difficile d'exaucer tous ces vœux à la fois ! Et il n'est dès lors pas rare que des carrefours de centres de données empiètent sur des zones urbaines densément peuplées. Nulle part dans le monde la pression foncière générée par l'extension du domaine de la *data* n'est plus forte qu'à Ashburn, où nous nous

rendons au printemps 2021. À une cinquantaine de kilomètres au nord-ouest de Washington, dans l'État de Virginie, il ne s'agit pas seulement d'une tranquille bourgade de 50 000 habitants qu'égaient un sobre quartier d'affaires et quelques centres commerciaux ; c'est surtout « la Silicon Valley de la côte est » par laquelle transite 70 % du trafic Internet mondial. L'implantation, en 1992, d'un des premiers points d'échange Internet[54] du monde devait y amorcer un puissant phénomène de concentration des grandes firmes de l'économie numérique, telles que les groupes américains AOL, Verizon et Telos[55]. Dans leur sillage, 57 centres d'hébergement de données ont convergé à Ashburn, qui devait bientôt être baptisée par les médias spécialisés « la capitale mondiale des *datacenters*[56] ».

Les retombées économiques sont notables : le revenu médian des ménages résidant dans le comté de Loudoun – qui englobe Ashburn – est le plus élevé des États-Unis[57]. Le *hub* s'étend… Embourgeoisés, mais cernés de grands ensembles, les riverains d'Ashburn essuient les contrecoups de cet urbanisme de l'immatériel. Les installations sont bruyantes et laides… « Connaissez-vous la plainte numéro un que j'ai reçue ces quatre derniers mois ?, interroge un édile. Ce n'étaient ni les embouteillages, ni les péages autoroutiers, mais l'esthétisme des *datacenters*[58]. » La question écologique fait également surface… « Il reste si peu d'espaces verts dans les environs, se désole Brian Carr, un résident. À un moment, ça suffit ! On n'a pas besoin de détruire la nature qui reste[59]. » En 2018, déjà, le comté de Loudoun avait autorisé l'érection du *datacenter* True North de l'entreprise Compass, au prix de la disparition de 43 hectares de forêts[60].

Aussi un projet d'extension, en 2019, des zones constructibles dans le comté de Loudoun devait-il générer de nouvelles discordes. Une partie de la population s'inquiétait en effet que ce soit au tour des terres agricoles d'être sacrifiées sur l'autel des données[61]. Mais comment des élus locaux pourraient-ils « se focaliser sur les impacts écologiques [des *datacenters*] lorsqu'on leur agite 22 millions de dollars de retombées fiscales sous le nez ? », interrogeait un observateur[62]. Et, de fait, le comté de Loudoun allait dare-dare approuver le nouveau plan d'urbanisme… « En seulement sept ans, je n'ai pu que constater la réduction

massive des espaces verts, regrette Brian Carr. Et s'ils continuent de s'étendre, Loudoun va devenir un comté de *datacenters*[63]. » Ashburn préfigure les contentieux croissants qui pourraient surgir à mesure que le nuage grandira. Rien qu'aux États-Unis, des tensions ont d'ailleurs été rapportées dans les agglomérations de New York, Newark (New Jersey), Haymarket (Virginie), Chandler (Arizona)[64] ou encore à Quincy (Washington). Mais une bataille homérique a surpassé toutes les autres : celle qui opposa des militants et un homme politique de l'Utah au plus grand centre de stockage de la NSA, la National Security Agency.

L'HOMME QUI A TENTÉ D'ASSOIFFER LA NSA

Google ne recueille pas seulement nos données à des fins commerciales ; la firme fournit nos historiques de recherche à la NSA. L'agence américaine de renseignement collecte également le contenu de nos courriels, appels téléphoniques, reçus de parking, itinéraires de voyages, achats de livres[65]… Quelle proportion de la mémoire électronique du monde ces *data* de surveillance représentent-elles ? Nul ne le sait, mais voici peut-être un indice : lorsque la NSA a mis en service, en 2013, son *datacenter* amiral sur un site d'entraînement de la garde nationale, aux abords de la ville de Bluffdale, dans le nord de l'Utah, il s'agissait alors du troisième plus grand entrepôt de données du monde. Une machine connue pour stocker, chaque minute, autant d'informations que celles contenues dans la librairie du Congrès américain.

Pourquoi s'établir à Bluffdale ? Pour sa main-d'œuvre qualifiée, patriotique (donc peu encline à contester les activités de l'agence), mais aussi pour le coût, très avantageux, de l'eau[66], indispensable à la climatisation d'un *datacenter*. Un centre de taille moyenne peut en effet consommer, pour ses systèmes de climatisation, jusqu'à 600 000 mètres cubes d'eau par an, de quoi remplir 160 piscines olympiques ou subvenir aux besoins de trois hôpitaux[67]. Or, l'Utah est le deuxième État le plus aride des États-Unis… Cette discordance fit froncer les sourcils de Nate Carlisle, journaliste à *The Salt Lake Tribune*, un quotidien

local. Où l'eau était-elle prélevée ? Risquerait-elle de manquer ? Des conflits d'usages pourraient-ils survenir ? Nate Carlisle s'enquit donc officiellement de la consommation d'eau de la NSA à Bluffdale. La requête fut d'abord rejetée par l'agence car, lui répondit-elle, « armé de cette information, on pourrait en déduire la quantité de renseignements que la NSA collecte et conserve ». Acculée à jouer la transparence, l'agence céda finalement deux mois plus tard, et l'on apprit alors que l'installation consommait, chaque mois, entre 100 000 et 200 000 mètres cubes d'eau[68]. Pas de quoi assécher le fleuve Jourdain voisin, où la municipalité puise ses besoins. Mais qu'on se le dise : il ne peut y avoir de surveillance généralisée sans eau. Or, rendue publique, cette information provoqua une invraisemblable bataille…

Alerté, le Tenth Amendment Center (TAC), une ONG engagée dans la protection de la Constitution américaine, s'empare de l'affaire. À l'époque, les récentes révélations du lanceur d'alerte Edward Snowden ont ébranlé les défenseurs des libertés civiles. Ils veulent entraver les activités de la NSA. En effectuant des recherches, le directeur exécutif de l'association, Michael Boldin, découvre que quelques années plus tôt, un autre *datacenter* de l'agence, établi dans la ville de Baltimore, avait provoqué la saturation du réseau électrique local[69]. « Nous avons compris que la NSA avait besoin de matières premières et nous nous sommes alors dit : "pourquoi ne pas en couper les approvisionnements ?" », se rappelle Michael Maharrey, qui militait alors auprès de Michael Boldin[70]. Aussi démiurgique fût-elle, une architecture de surveillance globale repose donc toujours sur un sous-jacent matériel qui la régente et la gouverne… Comme l'électricité à Baltimore, l'eau constituait un élément contraignant du *datacenter* de Bluffdale… Sans or bleu, « la NSA ne pouvait faire fonctionner son infrastructure », poursuit Maharrey, qui conclut : « L'eau était clairement le talon d'Achille de l'agence de renseignement NSA. »

Michael Boldin veut attaquer la NSA sur un fondement légal. Il s'appuie alors sur le dixième amendement de la Constitution américaine, en vertu duquel un État n'est pas tenu de fournir une aide matérielle à l'État fédéral. Il convoque également un précédent survenu dans le Nevada, en 2007 : pour s'opposer à l'ouverture d'un site de stockage de déchets radioactifs sous la montagne de

Yucca, l'État avait refusé aux autorités fédérales l'accès à ses ressources aquifères, pourtant indispensables à la construction du site, forçant dès lors l'administration Obama à battre en retraite[71]. Et puis Michael Boldin est soutenu par un large mouvement citoyen à travers les États-Unis. « Beaucoup de gens étaient choqués par un tel degré de surveillance. Le public était heureux que des militants s'attaquent à ce phénomène », se souvient Michael Maharrey[72]. Boldin rédige alors un avant-projet de loi, dont seize États vont s'inspirer. Ils entendent bien refuser toute assistance à Washington, afin de décourager la NSA, dont les installations se multiplient en Géorgie, au Texas ou au Colorado, de s'étendre davantage… La Californie et le Michigan votent en faveur du texte. Quant à l'Utah, pourrait-il, littéralement, couper le robinet de la NSA ?

C'est ici qu'entre en scène un homme politique surprenant… Membre du parti républicain et de la Chambre des représentants de l'Utah, Marc Roberts est un défenseur du dixième amendement, jaloux des prérogatives de sa circonscription face à Washington[73]. Il ne dissimule pas ses convictions : « Lorsque l'État fédéral devient trop imposant et incontrôlable, les États doivent se dresser [devant lui] », argue-t-il[74]. L'affaire de Bluffdale lui donne l'occasion de mettre ses opinions en pratique et, en 2014, il tente à son tour de faire voter une loi qui autoriserait l'Utah à ne fournir aucun « soutien matériel ou assistance […] à toute agence fédérale en charge […] d'activités de surveillance[75] ». Bref, « si vous voulez espionner le monde entier et les citoyens américains, très bien. Mais nous n'allons pas vous y aider », explique-t-il à la presse[76]. Marc Roberts a en tête une équation d'une désarmante simplicité : pas d'eau = pas de NSA.

Le politicien échoue à faire voter sa loi, mais récidive l'année suivante avec un nouveau texte[77]. Rocambolesque, un rien romanesque, l'entreprise passionne autour de lui. « Si les gens ne croyaient pas encore que j'étais fou, dorénavant ils le pensent ! », ironise-t-il sur les ondes locales[78]. La NSA fait le dos rond tandis que Marc Roberts essuie une nouvelle déconvenue. Sans être violente, l'opposition à son volontarisme devient notoire. Il constate bientôt que la dynamique qui le porte décroît, y compris dans son camp, et jette l'éponge. « La direction d'un parti peut vous pourrir la vie, reconnaît Michael Maharrey, qui fréquentait alors Marc Roberts. Il a senti que poursuivre ce combat lui serait

préjudiciable. Je lui en suis néanmoins reconnaissant ! Il fallait du cran pour agir de la sorte[79]. » Le mouvement citoyen finit par s'essouffler et disparaître. « Je crois que les gens ont accepté que la NSA fasse ce qu'elle a à faire », analyse-t-il, résigné[80]. Et pendant ce temps, Bluffdale s'affirme toujours plus comme un carrefour de collecte de données. D'ailleurs, Facebook a construit en 2021 un gigantesque *datacenter* à Eagle Mountain, à une vingtaine de kilomètres de celui de la NSA[81].

SURVEILLER ET SALIR

Tout n'est pourtant pas perdu ! Car en se penchant sur la consommation d'eau de la NSA, on s'enquiert forcément de son impact environnemental. L'affaire du *datacenter* de Bluffdale fait donc surgir une corrélation surprenante – et géniale – entre traçage de masse et écologie[82]. Si ce raisonnement séduit les citoyens, alors une puissante opposition à la surveillance d'État, non seulement au nom des libertés civiles, mais aussi de la préservation de la planète, pourrait émerger. Chaque défenseur des libertés individuelles se proclamera militant écologiste *de facto*. Dans les cortèges et sur les murs fleuriront peut-être des slogans tels que : « Dites non au traçage de masse et sauvez 2 °C » ou bien « Surveiller, c'est salir[83] ». Les exégètes professeront que l'article 12 de la Déclaration universelle des droits de l'homme, le quatrième amendement de la Constitution américaine et l'article 8 de la Convention européenne des droits de l'homme, qui décrètent le respect de la vie privée, sont, intrinsèquement, de grands textes écologiques, aux sources desquels nos gouvernants iront puiser les fondamentaux d'un nouveau contrat social[84].

Mais un tel phénomène pourrait ne jamais voir le jour. Démocraties comme dictatures risquent en effet de lui opposer la recherche du même idéal, mais en employant des moyens exactement inverses. C'est le concept de « *surveillance for green* » (la surveillance au service du vert), c'est-à-dire le contrôle de nos actions polluantes aux fins de sauver le climat. Pour protéger la nature, il faut bien contrôler l'homme dans la nature… À plus court terme, un autre concept,

celui de *green surveillance*[85] (la surveillance écoresponsable) a déjà pris forme. C'est d'ailleurs un terrain que les plus grandes agences de renseignement occupent depuis vingt-cinq ans… On y retrouve la NSA, passée maîtresse dans l'art de glorifier ses installations solaires moins émettrices de CO_2, ses toits végétalisés, sa flotte de véhicules électriques et même ses toilettes sèches qui permettent d'économiser près de 200 000 litres d'eau par an[86] ! Quant aux services secrets britanniques, le fameux MI6, ils s'autofélicitaient en 2014 de la baisse des émissions de carbone générées par leurs bureaux[87].

On décèle ici le danger potentiel charrié par ces justifications à stocker davantage de données. À moins que la croissance de l'industrie numérique ne soit entravée, comme nous allons nous en rendre compte, par ses colossaux besoins en un fluide indispensable à nos vies connectées : l'électricité.

1. Entretien avec Fredrik Kallioniemi, directeur commercial d'Hydro66, 2020.

2. Entretien avec Yves Grandmontagne, rédacteur en chef de *Datacenter Magazine*, 2020.

3. Entretien avec Paul Benoit, cofondateur et dirigeant de Qarnot Computing, 2019.

4. Telles celles de la marque française Delage, à Courbevoie. Consulter le passionnant rapport réalisé sous la direction de Cécile Diguet et Fanny Lopez, « L'impact spatial et énergétique des *data centers* sur les territoires », ADEME, 2019.

5. « L'impact spatial et énergétique des *data centers* sur les territoires », *op. cit.*

6. « The "World's most beautiful data center" is a supercomputer housed in a church », Vice, 15 janvier 2019.

7. Le rapport de l'ADEME « L'impact spatial et énergétique des *data centers* sur les territoires » (*op.cit.*), cite à ce sujet les travaux de Séverine Hanauer, experte de l'entreprise de *datacenters* Vertiv.

8. Entretien avec Paul Benoit, 2019.

9. Pour plus d'informations, le site cloudinfrastructuremap.com propose une carte mondiale des sites où « le nuage » est éparpillé.

10. Un exaoctet correspond à un milliard de milliards d'octets.

11. Entretien avec Fredrik Kallioniemi, 2020.

12. Le think tank australien Consumer policy Research Center identifie neuf catégories de données produites par les consommateurs : celles relatives à l'appareil utilisé, à leur localisation, leurs habitudes de consommation et à leur historique de recherche. S'ajoutent le contenu des communications, les relations, les indicateurs biométriques, les transactions et le type d'achat qui intéresse une personne.

13. « The promise and pitfalls of e-scooter sharing », Boston Consulting Group, 16 mai 2019.

14. Entretien avec Mohammad Tasjar, avocat au sein de l'Union américaine pour les libertés civiles (American Civil Liberties Union, ACLU), 2020.

15. Consulter notamment la politique de protection de la vie privée de l'opérateur Bird : bird.co/privacy/

16. *Ibid.*

17. Entretien avec Klorydryk (pseudonyme), La Quadrature du Net, 2020. D'autres entreprises de mobilité telles que le groupe Tesla voient encore plus loin : elles ont besoin du maximum de données possibles produites par leurs voitures connectées pour pouvoir mettre en service, demain, des flottes de taxis autonomes. Et dans cette compétition-là, « plus vous aurez amassé de données, plus vous serez solide pour vous développer et vaincre la concurrence », explique Mohammad Tasjar en 2020.

18. La Quadrature du Net est une association qui « promeut et défend les libertés fondamentales dans l'environnement numérique : laquadrature.net/en.

19. Entretien avec Raphaël Rollier, directeur innovation et produits, Swisstopo, et auteur du blog « Vers une économie numérique » (blogs.letemps.ch/raphael-rollier), 2020.

20. La politique de confidentialité des données de Lime peut être consultée sur le site li.me/privacy

21. Entretien avec Mohammad Tasjar, 2020.

22. Le mot « hacktiviste » est une contraction de « hacker » et « activiste ». Il désigne un militant qui utilise ses compétences en piratage informatique, non pas pour obtenir un gain financier, mais pour faire évoluer la société vers davantage de justice politique ou sociale.

23. Entretien avec MeTaL_PoU (pseudonyme), Exodus Privacy, 2020.

24. La liste des différents pisteurs peut être consultée sur le site d'Exodus Privacy : reports.exodus-privacy.eu.org/en/trackers/

25. Entretien avec Raphaël Rollier, 2020.

26. Entretien avec Mohammad Tasjar, 2020.

27. « NYC taxi data blunder reveals which celebs don't tip – and who frequents strip clubs », Fast Company, 2 octobre 2014.

28. Yves-Alexandre de Montjoye, César A. Hidalgo, Michel Verleysen et Vincent D. Blondel, « Unique in the crowd: The privacy bounds of human mobility », *Scientific Reports*, vol. 3, 2013.

29. Entretien avec Liam Newcombe, co-auteur du « Code de conduite européen sur les datacenters », publié en 2015 par l'Unité des énergies renouvelables de la Commission européenne.

30. Entretien avec Thorsten Strufe, professeur en confidentialité et sécurité des systèmes d'information au Karlsruhe Institute of Technology, 2020.

31. « Electric scooters are racing to collect your data », ACLU Northern California, 25 juillet 2018.

32. « Federal agencies use cellphone location data for immigration enforcement », *The Wall Street Journal*, 7 février 2020. Voir également « Trump administration orders Facebook to hand over private information on "anti-administration activists" », *The Independent*, 30 septembre 2017.

33. « Electric scooters are racing to collect your data », *op. cit*.

34. Actuellement développé par l'appareil d'État chinois sur son territoire, le système de crédit social consiste à attribuer des notes positives ou négatives à toute personne pour chaque action de sa vie quotidienne. Une note globale attribuée à chacun peut ensuite donner lieu à des récompenses ou générer, au contraire, des restrictions de liberté.

35. « E-Scooter. Die Daten Fahren mit », Der Hamburgische Beauftragte für Datenschutz und Informationsfreiheit, 13 septembre 2019.

36. « Datenschutzexperten warnen vor E-Scooter-Verleihern », Fuldainfo.de, 26 novembre 2019.

37. Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données.

38. torproject.org

39. Entretien avec Thorsten Strufe, 2020.

40. Cette évolution est très bien expliquée dans l'ouvrage *Géopolitique d'Internet. Qui gouverne le monde ?*, de David Fayon, Economica, 2013.

41. Nous vous recommandons la lecture du stimulant ouvrage *Free ! Comment marche l'économie du gratuit*, de Chris Anderson, *op. cit.*, qui analyse l'économie de la gratuité : « "Gratuit" ne signifie pas "sans profit". Cela signifie juste que le chemin du produit au profit est indirect ». Cette économie est notamment permise par la publicité, apparue sur les radios américaines dès les années 1920, puis étendue à la télévision et à Internet (la première bannière publicitaire sur le Web est apparue en 1994), au grand dam des pionniers du Net, qui concevaient le Web comme un espace débarrassé des logiques de profit. Aujourd'hui, « le Web représente l'extension du modèle économique des médias à toutes sortes d'industries ».

42. Julien Le Bot, *Dans la tête de Marc Zuckerberg*, Actes Sud, 2019.

43. Entretien avec Douwe Schmidt, Smart Citizens Lab, Waag Society, 2020.

44. Visionner le documentaire de 48 minutes de Sandy Smolan, *The Human Face of Big Data* (en français : *Big Data, la révolution des mégadonnées*), Against All Odds Production, 2014.

45. Le Graal, c'est l'avènement d'une intelligence artificielle forte. Cette perspective laisse de nombreux experts dubitatifs, comme nous l'exposerons au chapitre 8. Dans son ouvrage, l'homme d'affaires taïwanais Kai-Fu Lee soutient néanmoins que l'empire du Milieu sera, demain, le maître de l'intelligence artificielle, non pas parce que ses ingénieurs ou ses algorithmes seront meilleurs que leurs concurrents américains, mais parce que leurs machines auront été rendues plus intelligentes par la fabuleuse masse de données collectée par les géants chinois du numérique, les fameux « BATX » (Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi). *AI Superpowers : China, Silicon Valley, and the New World Order*, Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, 2018 (en français : *I.A. La Plus Grande Mutation de l'histoire*, Les Arènes, 2019).

46. Entretien avec Karl Andersson, chercheur à l'université technologique de Luleå, Suède, 2020.

47. Entretien avec Hugues Ferreboeuf, directeur associé de la société Virtus Management et membre du think tank The Shift Project, 2019.

48. Le document « Data never sleeps 6.0 », publié en 2018 par la société américaine de logiciels Domo, estimait à 1,7 mégaoctets par seconde – soit 146,88 gigaoctets par jour – la consommation de données de chaque internaute d'ici à 2020. Ce chiffre, qui n'a pas été mis à jour, a probablement été dépassé depuis.

49. Un zettaoctet correspond à 1 000 exaoctets.

50. Entretien avec Fredrik Kallioniemi, 2020.

51. L'entreprise Uber (dont les trottinettes ne représentent qu'une infime partie des activités) affirme avoir collecté à ce jour 100 petaoctets de données, soit l'équivalent de 660 milliards de photos postées sur Facebook. Lire « Uber's big data platform: 100+ petabytes with minute latency », Uber Engineering, 17 octobre 2018.

52. « Interxion construit le plus gros *datacenter* de France, près de Paris », *L'Usine nouvelle*, 6 mai 2020.

53. « And the title of the largest data center in the world and largest data center in US goes to… », Datacenters.com, 15 juin 2018.

54. Un point d'échange Internet est une infrastructure qui permet aux fournisseurs d'accès de partager du trafic entre leurs réseaux respectifs.

55. « Why is Ashburn known as data center alley? », Upstack, non daté.

56. « Why is Ashburn the data center capital of the world? », Datacenter.com, 29 août 2019.

57. « Why is Ashburn known as data center alley? », *op. cit.*

58. « In Loudoun, neighbors want better looking data centers », Data Center Frontier, 9 septembre 2019.

59. Entretien avec Brian Carr, résident d'Ashburn, 2020.

60. « Farmland to data centers switch worries neighbors », *Loudoun Now*, 21 février 2019.

61. *Ibid.*

62. « Loudoun county's data centers: computing the costs », *Patch*, 2 février 2020.

63. Entretien avec Brian Carr, 2020.

64. « The NIMBY challenge: A way forward for the data center industry », *Data Center Frontier*, 21 octobre 2015.

65. « The NSA is building the country's biggest spy center (Watch what you say) », *Wired*, 15 mars 2012.

66. « What happens when the NSA comes to town », *Esquire*, 11 mars 2014.

67. « Malls fill vacant stores with server rooms », *The Wall Street Journal*, 3 novembre 2014.

68. « Bluffdale releases water bill for NSA data center », *Fox 13*, 25 avril 2014.

69. « A constitutional strategy to stop NSA spying », American Thinker, 16 novembre 2013.

70. Entretien avec Michael Maharrey, Tenth Amendment Center, 2020.

71. « Nevada beats feds by turning off their water », Tenth Amendment Center, 30 août 2014.

72. Entretien avec Michael Maharrey, 2020.

73. Pour une analyse plus fine des diverses prises de position de Marc Roberts, consulter l'entrée éponyme sur le site ballotpedia.org. Consulter également son site robertsmarc.com. Marc Roberts n'a pas donné suite à nos demandes d'entretien.

74. « Utah lawmaker floats bill to cut off NSA data centre's water supply », *The Guardian*, 12 février 2014.

75. Texte de loi (housebill) : H.B 161, Prohibition on electronic data collection assistance, 2014 General Session, State of Utah. Chief Sponsor: Marc K. Roberts.

76. « Utah lawmaker floats bill to cut off NSA data centre's water supply », *op. cit.*

77. Texte de loi : H.B 150, Prohibition on electronic data collection assistance, 2015 General Session, State of Utah. Chief Sponsor : Marc K. Roberts.

78. « Rep. Marc Roberts of Utah visits The Jason Stapleton Program to discuss NSA Reform Bill », The Jason Stapleton Program, The Live Show, 2 décembre 2014.

79. Entretien avec Michael Maharrey, 2020.

80. *Ibid.*

81. « New pictures show Facebook's massive new data center taking shape in Utah as tech giant plans 900,000 sq ft expansion to house its servers », *The Daily Mail*, 2 mars 2021.

82. Lire l'excellente recherche de Mél Hogan, « Data flows and water woes: The Utah Data Center », Big Data & Society, 13 juillet 2015.

83. C'est déjà l'avis de Ben Tarnoff, journaliste au *Guardian*. Dans l'article « To decarbonize we must decomputerize: why we need a Luddite revolution », publié dans *The Guardian* le 18 septembre 2019, il écrit qu'« empêcher une antenne de police d'installer un panoptique doté de capacités d'apprentissage automatique est une question de […] justice climatique ».

84. Cette hybridation des luttes puise déjà son inspiration dans le concept de « racisme environnemental ». Apparu aux États-Unis dans les années 1980, celui-ci entend jeter des ponts entre lutte pour l'égalité raciale et questions écologiques. En effet, les personnes perçues comme « racisées » ont plus de chances de vivre près d'un fleuve pollué et les réserves des « premières nations » sont davantage quadrillées d'oléoducs. À sa suite, un mouvement écologiste plus vaste gagne aujourd'hui du terrain, qui place l'environnement au centre de toute lutte. Selon ses architectes, le moindre problème sociétal ou politique est nécessairement lié à un enjeu climatique plus large. Bref, « *every issue is a climate issue* ». À ce propos, lire Alyssa Battistoni, « Within and against capitalism », *Jacobin Magazine*, 15 août 2017.

85. Entretien avec Ben Tarnoff, journaliste au *Guardian*, 2020.

86. « CC1 renewable energy showcase project ribbon cutting ceremony », NSA, non daté. Il faut également lire le document « NSA goes green », un chef-d'œuvre de *greenwashing* : nsa.gov/news-features/initiatives/nsa-goes-green/green-roofs

87. « The energy secrets of MI6 headquarters », BBC, 14 mai 2014.

5.

Une fantastique gabegie d’électricité

Tout s’accélère. Chaque minute, 1,3 million de personnes se connectent sur Facebook, 4,1 millions de recherches sont effectuées sur Google, 4,7 millions de vidéos sont consultées sur YouTube et 1,1 million de dollars sont dépensés sur des sites de vente en ligne[1] (voir l’annexe 7). Mais il arrive que ce flux se détraque à cause de ce que l’on appelle, dans l’industrie, un « noir complet » : une panne de *datacenter*. Défaut d’alimentation électrique, fuite d’eau dans le système de climatisation, bug informatique… À la simple évocation de ces avaries, un malaise, voire une franche épouvante s’empare de nos interlocuteurs. Les mots « désastre », « enfer », « catastrophe » fusent. Et pour cause ! En 2012, de fortes intempéries frappent un centre de données du groupe Amazon Web Services et coupent l’accès à Instagram et Pinterest pendant six heures[2]. En 2016, le trafic Internet mondial chute de 40 % pendant deux minutes à la suite d’un défaut de service de Google[3]. Et en 2019, la messagerie Gmail est affectée durant une demi-journée[4]. Selon un sondage, un tiers des entreprises admettent même avoir essuyé un noir complet au cours de l’année passée[5]. Et l’incident peut virer au cauchemar, comme en 2017 : une panne géante touche alors un *datacenter* de la compagnie British Airways, conduit à l’annulation de 400 vols et bloque 75 000 passagers à l’aéroport d’Heathrow, à Londres. « Il a fallu deux jours pour corriger le problème. Des avions sont restés cloués au sol, au mauvais endroit de la planète. Ça a coûté des centaines de millions de dollars à

l'entreprise… Les impacts furent énormes », se souvient Mark Acton, spécialiste des *datacenters*[6].

TEMPÊTE SUR LE NUAGE

Et s'il est une panne dont les professionnels se souviennent, c'est bien celle qui frappa, en 2017, OVH[7], l'un des plus grands hébergeurs de données au monde… L'épisode fut si épouvantable qu'on murmure qu'il hante encore les dirigeants du groupe. À la barre durant la tempête, un ancien ingénieur parle… sous le sceau du secret. « Cela fait deux mois que je suis engagé chez OVH, et ça me tombe dessus ! C'est le baptême du feu », se remémore-t-il. En cette matinée du 9 novembre 2017, notre source – dont la mission est d'améliorer les processus industriels et d'effectuer des opérations de maintenance – se trouve à Roubaix, lorsque l'alimentation électrique de deux *datacenters* de l'hébergeur, situés à Strasbourg, est coupée. En cause, « un appareil de chantier qui a percuté une ligne électrique ». La mésaventure pourrait tourner court puisque les infrastructures sont dotées de deux générateurs de secours. Mais, pour une raison inconnue, ceux-ci ne prennent pas le relais. Plus aucune source d'électricité n'alimente donc les serveurs et les mots tant redoutés crépitent alors dans les téléphones : « "Attention, Strasbourg est tombé…" Quand on entend ça, je peux vous dire qu'on n'est pas bien ! » Branle-bas de combat au siège de l'hébergeur, où l'on joue la carte de la transparence. « L'ensemble de quatre arrivées élec' n'alimente plus la salle de routage. Nous sommes tous sur le problème », annonce son patron, Octave Klaba, sur les réseaux sociaux, tandis qu'une cellule de crise est constituée à la hâte. « On analyse le problème, l'état des équipements dans le monde entier et la date des dernières maintenances », relate notre ingénieur.

C'est alors que l'inimaginable se produit : un second *datacenter*, situé à Roubaix cette fois-ci, cesse à son tour de répondre… « L'origine du problème est un bug logiciel sur les équipements optiques, explique le groupe. […] Nous avons eu deux incidents séparés, qui n'ont rien à voir l'un avec l'autre. » La

probabilité qu'un *datacenter* tombe en panne est déjà très faible. Mais que deux avaries se produisent presque de concert est d'une exceptionnelle rareté… et notre source de partager son incrédulité avec ses collègues : « Deux pannes successives à deux heures d'intervalle sur deux organes aussi importants… Il faut peut-être qu'on aille jouer au loto ce soir… » La situation est d'autant plus sérieuse qu'avec 27 *datacenters* éparpillés dans 19 pays et 1,3 million de clients à travers le monde, OVH est alors l'acteur numéro un du *cloud* en Europe : 14 des plus grandes sociétés françaises[8] et 20 des 500 plus grands groupes mondiaux ont leur site Web hébergé chez OVH. La panne géante affecte des dizaines de milliers de sites Web. « Beaucoup d'entreprises sont coincées car elles n'ont plus accès à leur messagerie ni à leur site. On ne peut plus réserver de billets sur le portail de la SNCF, la page d'accueil de BFMTV ne répond plus ainsi que celle de nombreuses mairies », relate notre source. Comment l'hébergeur va-t-il surmonter une crise d'une telle ampleur ?

Avant de revenir sur cette affaire, on doit comprendre qu'Internet s'épanouit au rythme d'un commandement intangible, absolu, sacré : « la continuité de service ». Le Web doit fonctionner sans interruption, il doit être « hyperdisponible[9] ». Lorsque des vies humaines ou la sécurité d'un État sont en jeu, l'accès continu à des données médicales ou militaires relève de l'évidence. Mais les enjeux ne sont pas moins lourds lorsqu'il faut satisfaire des milliards d'internautes surfant sans relâche sur la Toile. Car non seulement le soleil ne se couche jamais sur Internet, mais en plus nous ne tolérons plus d'attendre pour jouir du Web. « À la fin des années 1990, il fallait faire en sorte que la page d'accueil d'un site Web s'affiche en moins de huit secondes, raconte Philippe Luce, président de l'Institut Datacenter. Aujourd'hui si, à 0,8 seconde, cette page ne s'est pas entièrement affichée, les gens sont partis sur leur troisième écran[10] ». Bref, nous sommes passés de la logique du présent à celle de l'instant[11]. Et cette tyrannie de l'immédiateté ne fera que s'amplifier dans un monde envahi de voitures connectées analysant tout obstacle en temps réel, de robots-*trader*s effectuant des opérations à la microseconde et de sites d'e-commerce générant des millions d'euros de chiffre d'affaires à la minute.

Voilà pourquoi il est tout simplement impossible d'arrêter un centre de données. « Grosso modo, l'engagement d'un *datacenter*, c'est "*always on*". Vous êtes toujours allumé, résume Philippe Luce. Le mode "ne pas déranger", ça n'existe pas[12] ! » Dans un contexte sans cesse plus concurrentiel, de nombreuses sociétés d'hébergement s'engagent à ce que leurs infrastructures fonctionnent 99,995 % du temps, soit 24 petites minutes d'indisponibilité du service par an. « Quant à ceux qui subissent des noirs complets réguliers, ils sortent de ce métier », assène l'expert[13]. Inutile de préciser que la pression sur les épaules des ingénieurs peut s'avérer colossale, à telle enseigne qu'un trait d'humour circule chez les professionnels britanniques à propos de l'acronyme CIO. Celui-ci ne désigne pas le *chief information officer*, le responsable en charge des systèmes d'information d'un *datacenter*, mais signifie plutôt *carrier is over :* « votre carrière est terminée ».

Nous pouvons nous interroger sur la résilience d'un système où prospèrent des sociétés prêtes à licencier des centaines, voire des milliers de personnes pour quelques secondes de perdues… Mais revenons à OVH : en cette journée du 9 novembre 2017, les ingénieurs qui s'échinent à réparer la double panne ont ces considérations en tête. Ils savent que cette série d'interruptions peut ruiner la réputation du groupe et provoquer son déclassement, voire même sa faillite. Plus le temps passe, plus les clients sont mécontents. Il faut rétablir les connexions réseau au plus vite. On rapatrie en urgence tous les techniciens disponibles et ceux qui ne sont pas d'astreinte sont tirés du lit. On parvient à rétablir le réseau au bout de quelques heures, mais d'importantes coupures persistent. Durant plusieurs jours, « nous sommes des dizaines à tourner 24 heures sur 24, par tranches de douze heures jusqu'à l'épuisement, raconte notre source. Il y avait un mélange d'affolement et d'adrénaline. Des *brainstormings* se tenaient un peu partout, la vérité d'un jour n'était plus celle du lendemain ». L'intendance suit : un camion est dépêché pour acheminer des pièces de rechange tandis que deux jets privés sont loués pour transporter les équipes entre Strasbourg et Roubaix. Et dans la matinée du 13 novembre, après une ultime nuit de réparations, le patron d'OVH peut enfin crier victoire : « Tous les serveurs sont en ligne. »

L’épisode s’est « éternisé » durant quatre jours ! C’est un séisme pour le groupe. Pour de nombreux clients, le manque à gagner est élevé. Des données ont été probablement perdues. OVH a néanmoins prouvé sa réactivité et promis de tirer toutes les leçons de la crise. Surtout, son patron, Octave Klaba, a fait le choix de la communication[14]. « Cela fait comprendre au public qu’Internet, ce n’est pas juste la page Web, qu’il y a de grosses structures, des hommes et du travail derrière… Klaba a réussi à rendre humain ce qui était immatériel », se rassure notre source. L’entreprise s’en tire finalement bien, la fuite de ses clients est colmatée et son statut d’hébergeur de classe mondiale n’est pas écorné. Mais, en dépit des tweets à répétition, les dirigeants du groupe n’ont pas, en réalité, dévoilé les causes profondes de la double panne : soumis à l’impératif de croissance, ils auraient privilégié, dit-on, la satisfaction d’une clientèle exigeant toujours plus de « continuité de service » au détriment de la sécurité des infrastructures.

« Lorsque je me suis retrouvé pour la première fois devant les serveurs d’OVH [deux mois avant la double panne, NDLR], je me suis dit : “ouh là, ils sont vraiment en retard !” se rappelle l’ancien ingénieur. Le manque d’entretien des outils était patent, certaines tâches essentielles avaient été délaissées… Imaginez un hôtel qui passe de zéro à deux cents chambres en quelques années, tout cela dans une joyeuse ambiance de start-up ! Nous avions conscience que nous frôlions la surchauffe. » À la décharge de l’hébergeur, c’est à nous tous, utilisateurs, qu’échoit la responsabilité d’avoir mis l’architecture d’Internet sous constante tension, dans tous les sens du mot. L’ex-ingénieur en sait quelque chose : « Les utilisateurs se moquent de la façon dont le Web fonctionne. Ce sont des enfants pourris-gâtés qui attendent qu’Internet tourne toujours plus vite. Et au bout du compte, tout le monde se retrouve prisonnier de cette logique[15]. »

LA CONTINUITÉ NUMÉRIQUE À TOUT PRIX

Pour tendre vers la disponibilité absolue, les hébergeurs multiplient les précautions :

• Ils pratiquent d'abord la « redondance » des réseaux de distribution d'énergie. « Tu te retrouves avec deux arrivées électriques, deux groupes électrogènes et des salles remplies de batteries au plomb vastes comme des bibliothèques municipales pour assurer la continuité entre la panne et le moment où les groupes vont prendre le relais », explique Paul Benoit, de Qarnot Computing[16]. Une logistique souvent gigantesque accompagne ce dispositif. Ainsi, les toits de plusieurs *datacenters* situés en plein cœur de New York « sont des excroissances vertigineuses », comprenant « des tours de refroidissement d'eau pour l'air conditionné […], des réservoirs d'eau en cas de coupure, des grues pour faire monter les générateurs diesel depuis la rue… Leurs sous-sols sont bardés de câbles, équipés de réservoirs de fioul de plusieurs centaines de milliers de litres pour approvisionner les générateurs », énumèrent deux chercheuses ayant conduit une étude mondiale sur les *datacenters*[17]. En clair, conclut Philippe Luce, « il n'y a pas de bâtiment qui, au mètre carré, coûte plus cher qu'un *datacenter* de haut niveau[18] ».

• Et, comme si cela ne suffisait pas, les hébergeurs dédoublent également les *datacenters* eux-mêmes, non sans s'être assurés que le site miroir a été édifié sur une plaque tectonique différente ! Il ne faudrait tout de même pas qu'un tremblement de terre nous empêche de poster le contenu de notre assiette sur Instagram ou retarde une rencontre sur Tinder… Lors d'une conférence donnée autour de 2010, des ingénieurs de Google auraient expliqué que la messagerie Gmail était dupliquée six fois, tandis que la règle générale veut qu'une vidéo de chats soit stockée dans au moins sept *datacenters* à travers le monde[19]. Une rumeur invérifiable court même selon laquelle une grande institution financière aurait dupliqué un *datacenter* quinze fois ! L'industrie est donc hantée de « serveurs zombies »… On va jusqu'à parler de 30 % des équipements qui, dans les entreprises, « attendent, ne font rien et qui sont pourtant allumés », nous apprend Mark Acton[20].

• Enfin, les hébergeurs « surdimensionnent » les infrastructures pour anticiper les pics de trafic. Résultat, « si un routeur fonctionne à 60 % de sa

capacité, c'est un maximum », estime la chercheuse en informatique Anne-Cécile Orgerie[21]. Corollaire de cette intempérance, une fantastique gabegie d'électricité. Une enquête du *New York Times* révélait que certains *datacenters* trop peu utilisés pouvaient même gaspiller jusqu'à 90 % de l'électricité qu'ils consommaient[22]. Bien sûr, rien ne changera tant que les bonus des techniciens resteront d'abord indexés sur l'hyperdisponibilité des machines plutôt que sur la baisse de la dépense énergétique de leur employeur. « Ce phénomène est réversible si vous et moi décidions de nous adresser des signaux de fumée, mais la réalité c'est que ma fille n'arrête pas de balancer des bêtises sur TikTok », se désole Philippe Luce[23]. Bref, analyse l'ingénieur Paul Benoit, « ce qui coûte, écologiquement, c'est d'avoir accès à tout, tout le temps, tout de suite[24] ».

Alors, forcément, « on n'imagine même pas les gigawatts qu'il doit falloir pour faire tourner le "bin's" ! », s'étrangle le chercheur Thomas Ernst[25]. En fait, on sait désormais très bien que les *datacenters* figurent parmi les plus gros consommateurs d'électricité d'une agglomération. Lors d'une conférence donnée fin 2019 au salon Data Centre World (l'un des grands rassemblements des professionnels du *cloud*), à Paris, un cadre fit cette déclaration sidérante : « Nous nous sommes rendu compte que les *datacenters* allaient capter un tiers de l'électricité du Grand Paris[26] ». Quant à Amazon Web Services, qui s'étend depuis 2017 en Île-de-France, « il aurait signé, en France, un contrat de fourniture de 155 mégawatts d'électricité, soit les besoins d'une ville de plusieurs millions d'habitants », révèle un spécialiste qui préfère rester anonyme. Le secteur représenterait à ce jour 2 %[27] de la consommation électrique mondiale, un chiffre qui, compte tenu du rythme de la croissance du *cloud*, pourrait être multiplié par quatre ou cinq d'ici à 2030[28]. Autrement dit, concluent Cécile Diguet et Fanny Lopez, les *datacenters* figureront « parmi les plus importants postes de consommation électrique du XXIe siècle[29] ». Il ne faut donc pas s'étonner que le stockage de données se mue en redoutable défi énergétique pour les villes qui ont fait du « nuage » une pierre angulaire de leur développement économique.

AMSTERDAM SOUS TENSION

On sait que « 10 % de l'électricité d'Amsterdam et de Haarlemmermeer est captée par les *datacenters*. C'est un chiffre très élevé ! Où voulons-nous vivre ? Comment reprendre le contrôle de ce phénomène ? » Enfoncée, en cet hiver 2020, dans une banquette du Grand Café Restaurant de la gare centrale d'Amsterdam, seulement interrompue par les jaseries d'un perroquet perché au-dessus du bar, Mariëtte Sedee n'est pas simplement responsable de l'aménagement du territoire à la mairie de Haarlemmermeer, une commune de 150 000 habitants jouxtant la capitale néerlandaise. Elle est aussi l'un des premiers édiles du monde à s'être engagés dans un bras de fer avec les hébergeurs de données. Avec Dublin, Londres et Francfort, Amsterdam et sa région constituent l'un des plus gros carrefours européens de fermes de données[30]. La métropole est idéalement située sur la route des câbles optiques reliant les États-Unis à l'Europe continentale. Omniprésente, l'eau permet de refroidir les installations. L'électricité y a toujours été abondante, la connectivité excellente, la municipalité accueillante. Bref, c'est le paradis du « nuage », et depuis une trentaine d'années, les acteurs du *cloud* ont convergé vers cette Venise du Nord, requérant sans cesse davantage de raccordements.

Or, dès 2015, des inquiétudes surgissent quant à la capacité des fournisseurs d'électricité à accompagner la folle croissance des fermes de données. « À l'époque, un *datacenter* d'une puissance de 60 mégawatts devait être installé à Haarlemmermeer, ce qui équivalait aux besoins d'une ville de 120 000 habitants », relate Paul Van Engelen, ingénieur chez Alliander[31]. L'électricité ne fait pas défaut, mais les techniciens manquent de moyens humains et techniques pour installer un nouveau transformateur en une année, soit les délais réclamés par l'hébergeur. Ils mettent alors le holà : « Nous étions en train de constater, pour la première fois, les limites du système et avons demandé au client d'attendre quelques années avant d'être raccordé[32] ». Dans les mois et les années qui suivent, les ingénieurs d'Alliander prennent conscience que les carences matérielles et humaines se multiplient. De toute évidence, les systèmes de distribution d'électricité de la région amstellodamoise sont

déstabilisés. Dans la presse, des spécialistes des *datacenters* tirent la sonnette d'alarme[33] et, dans des réunions, on entend dorénavant des techniciens comme Marco Hogewoning dire : « Je ne peux pas agrandir mon *datacenter* car la municipalité ne peut pas me fournir davantage de courant[34] ».

Nous sommes en 2019 et la situation inquiète particulièrement les autorités d'Haarlemmermeer. La commune accueille déjà une vingtaine de *datacenters* tandis qu'une demi-douzaine d'autres attendent de sortir de terre. La transformation concomitante du paysage urbain a occasionné des plaintes de riverains, mécontents de l'enlaidissement de leur ville. Nouvellement élue, Mariëtte Sedee s'empare du dossier. L'édile ne souhaite pas que ses administrés se retrouvent cernés d'entrepôts sans âme. Elle craint également que les besoins accrus en électricité ne génèrent des conflits d'usage avec les serres de fleurs, les hôpitaux et les casernes de pompiers alentour. Enfin, elle se demande bien où déployer les 1 000 hectares de fermes solaires qui accompagneront cet étalement digital. « Cela représente 2 000 terrains de football ! C'est énorme ! Et au milieu de tout cela, où est ma municipalité ? », s'interroge-t-elle.

Quels aménagements fonciers pour les *datacenters* ? Quels seront leurs futurs besoins en électricité ? Comment mailler le réseau en conséquence ? Toutes ces questions demeurent sans réponse… Mariëtte Sedee se rend compte que le personnel politique est en train d'être dépassé par la croissance à deux chiffres du secteur. Le risque que les pannes d'électricité se multiplient est réel. Son opinion commence à être partagée au-delà de sa municipalité et, en juin, elle est discrètement contactée par la ville d'Amsterdam. On se rencontre, on décide d'agir de concert, on échafaude une déclaration commune et, le 12 juillet 2019, un coup de tonnerre retentit dans l'industrie des fermes de données. Constatant que « nous voulons être en ligne toute la journée sur nos téléphones et ordinateurs portables », mais que l'espace à Amsterdam et Haarlemmermeer « est rare », les deux agglomérations décrètent brutalement le premier moratoire du monde sur la construction de nouveaux centres de données[35].

Cet arrêt soudain produit une onde de choc. La surprise est totale. Le moratoire se prolonge jusqu'en juin 2020, le temps que les autorités élaborent une stratégie de développement urbain maîtrisé. À Haarlemmermeer, la

construction de *datacenters* peut donc reprendre jusqu'en 2030, après quoi « il n'y aura plus d'espace disponible […] pour [eux] », prévient la municipalité[36]. Bref, les défis demeurent. « Nous sommes loin d'être un cas isolé. À Francfort, dans la péninsule danoise du Jutland, à Londres, Paris et Dublin, les mêmes problèmes se posent », reconnaît le lobbyiste néerlandais Stijn Grove[37]. Dans l'industrie, on s'attend d'ailleurs à un « effet Amsterdam[38] », d'autres municipalités étant susceptibles de prendre des décisions similaires afin d'éviter la saturation. Dublin, où affluent les fermes de données alléchées par une fiscalité attrayante, pourrait-elle devenir la prochaine ville en surchauffe ? En 2020, l'entreprise chinoise ByteDance, maison mère de l'application TikTok, a déclaré y édifier un centre où seront stockées les vidéos d'adolescents se dandinant sur des chansons[39]. Or, cette annonce intervient après l'installation de fermes des géants Google, Apple, Microsoft et Facebook, de sorte que « les *datacenters* y consomment désormais davantage d'énergie que la population ! », constate Olivier Labbé, directeur général d'une entreprise de conseil en ingénierie de *datacenters*[40]. Selon une étude du EirGrid Group, opérateur de transport d'électricité irlandais, les centres de données pourraient même consommer 29 % de l'électricité du pays en 2028[41] ! Pour absorber une telle croissance, les autorités ont annoncé le déploiement d'un ambitieux programme de production d'électricité verte et, en 2030, les énergies renouvelables devraient représenter 70 % du « mix » national. Mais pour l'heure, 58 % de l'électricité irlandaise est produite à partir de combustibles fossiles, ce qui a conduit deux universitaires, Patrick Bresnihan et Patrick Brodie, à prévenir, dans une tribune, que « le pari des *datacenters* est loin d'être durable[42] ».

Car nous approchons ici un sujet sensible, celui de l'origine de l'électricité qui permet de maintenir Internet constamment éveillé. La principale source de la production d'électrons dans le monde n'est autre que le charbon… Et c'est dans l'une des régions les plus sauvages des États-Unis que nous allons comprendre les effets de cette dépendance.

PAS DE *SELFIES* SANS CHARBON

En nous engageant par une chaude journée de mai 2021 sur l'Interstate 70, une autoroute qui file depuis la ville de Baltimore vers l'ouest des États-Unis, nous sommes loin de nous imaginer que nous allons pénétrer dans un royaume montagneux aussi inhospitalier que somptueux. Étirée sur 2 000 kilomètres, de Terre-Neuve (Canada) à l'Alabama, la chaîne des Appalaches est ponctuée de plaines alanguies et de vallées encastrées, mouchetées de chênes rouges et d'acacias, de magnolias et de peupliers, de pins et de hêtres. La forêt, compacte, enserre la chaussée dans son étreinte. La végétation devient par moments si oppressante que l'on se prend à vérifier, dans le rétroviseur de notre Jeep, qu'elle ne s'est pas refermée sur notre passage. Ici, chaque kilomètre parcouru semble une simple permission, une éphémère faveur accordée aux hommes par la nature souveraine.

Après 700 kilomètres de route, nous voici dans la bourgade de Hurley, à l'extrême ouest de l'État de Virginie. Depuis la deuxième moitié du XIXe siècle, l'industrie minière extrait des replis de montagnes alentour le charbon indispensable à la production d'acier et d'une partie de l'électricité du pays[43]. Longtemps, celui que l'on surnomme ici le « diamant noir » a fait la richesse du sud des Appalaches et fourni des emplois, charriant puits, terrils et corons. Au milieu du XXe siècle, 700 000 personnes travaillaient dans les 12 000 mines de cette région. Puis la mécanisation et la diversification des sources d'énergie ont signé le déclin de l'industrie américaine du charbon, qui n'emploie dorénavant plus que 52 000 mineurs[44]. Beaucoup d'entre eux ont donc quitté ces terres autrefois accueillantes. Les non-actifs sont retraités ou bien vivent, dit-on, des bons alimentaires et du trafic de drogues. La consommation d'opiacés explose. Même le réseau mobile est inopérant ici. À l'évidence, le rêve américain a abandonné les cluses appalachiennes.

Moribond, le charbon américain n'a pourtant pas dit son dernier mot. La région des Appalaches est encore responsable d'un gros quart des 640 tonnes produites chaque année aux États-Unis[45], extraites à 78 % d'excavations souterraines. Le reste provient de mines à ciel ouvert. Telle la No. 2 Surface, à Hurley. C'est une gigantesque trouée sur la crête d'une montagne, à l'assaut de laquelle nous nous lançons, installé à l'avant du camion de Steve Hunt. « Le

charbon est la seule chose qui maintient l'activité ici », observe ce jeune mécanicien, dont la maison est blottie en contrebas de la mine et qui a insisté pour nous faire visiter les environs. « Sans cette ressource, que ferions-nous ? », poursuit-il. Pénétrer dans les lieux est interdit, mais notre chauffeur n'en a cure. Au bout d'une chaussée rocailleuse, nous foulons les reliefs accidentés d'un massif vaste comme plusieurs dizaines de terrains de football. Quadrillé par les engins de chantier de l'entreprise Wellmore Coal Corporation, le versant septentrional de la mine est toujours en activité.

Notre présence ici ne doit rien au hasard : jusqu'en 2008, le comté d'Ashburn – l'une des plus grandes concentrations de *datacenters* de la planète – a très vraisemblablement puisé la source de son électricité dans de nombreuses mines de charbon appalachiennes et en particulier la No. 2 Surface. En effet, l'État de Virginie dépend entre autres, pour ses besoins en courant, du groupe américain Dominion Energy. Ce dernier est même réputé être un fournisseur incontournable des entreprises du *cloud* concentrées à Ashburn. Or, Dominion s'est naguère approvisionné en charbon auprès de cette mine pour les besoins de sa centrale électrique Altavista Power Station. Située à environ 300 kilomètres à l'est de Hurley[46], celle-ci redistribue ensuite sa production sur la côte est américaine.

Précision importante : le charbon de la mine No. 2 Surface fut notamment extrait avec la méthode dite de « l'enlèvement des sommets de montagne » (*mountaintop removal*), comme nous le confirme Erin Savage, militante au sein de l'organisation environnementale Appalachian Voices, en analysant les images satellite de la mine sur Google Map[47]. Concrètement, l'entreprise Twin Star Mining (qui exploitait la mine à l'époque) a aplati la montagne avec force explosifs[48] pour en extraire la ressource, de sorte que la No. 2 Surface « a perdu 30 mètres de hauteur », estime Steve Hunt en inspectant le paysage accidenté. Les effets du *mountaintop removal* ne sont pas cantonnés à la région de Hurley… « Je peux vous assurer qu'une part substantielle du charbon acheté et brûlé par Dominion entre 2008 et 2014 dans l'État de Virginie a été extrait de la sorte », insiste Erin Savage.

Cette méthode se révèle en effet moins onéreuse que celle consistant à creuser des puits et elle a connu un succès croissant auprès des entreprises minières à partir des années 1970. Junior Walk, militant au sein de l'association Coal River Mountain Watch, que nous avons rencontré la veille dans le comté voisin de Raleigh, a fait des calculs : selon lui, la puissance accumulée des explosifs utilisés dans le seul État de la Virginie-Occidentale équivaut, chaque année, à celle de treize bombes atomiques « Little Boy » larguées sur Hiroshima[49]. La pratique du déplacement des sommets des montagnes serait actuellement à l'origine de la production de 3 % de l'électricité du pays[50]… avec des résultats bien visibles, puisque plusieurs centaines de montagnes appalachiennes ont été décapitées ces dernières décennies pour produire le diamant noir[51]. Des chercheurs de l'université Duke (Caroline du Nord) constatent que le *mountaintop removal* a contribué à rendre certaines zones minières les plus actives de la Virginie-Occidentale « 40 % plus plates qu'elles ne l'étaient avant les opérations d'excavation[52] ».

Des études ont évalué les conséquences environnementales des mines à ciel ouvert dans les Appalaches[53]. Elles concluent, synthétise l'agence américaine de la protection de l'environnement (EPA), qu'elles entraînent une perte notable de biodiversité aux abords des zones exploitées, la disparition de ruisseaux sous l'effet des déplacements de terrain, ainsi que la présence de doses élevées de sélénium dans les ruisseaux alentour[54]. « Les impacts sur la qualité des eaux peuvent durer trente ans », poursuivent les chercheurs de Duke[55]. Quant aux incidences géomorphologiques de l'industrie charbonnière sur les cours d'eau, ajoutent-ils, elles « pourraient durer des milliers d'années[56] ». Les entreprises minières sont tenues d'assainir et de reboiser les mines une fois qu'elles ne les exploitent plus. Or, précise Erin Savage, le déclin de l'industrie du charbon « va acculer nombre de ces sociétés à la banqueroute. Elles risquent de ne pas disposer des moyens suffisants pour réaménager les anciennes mines, qui seront dès lors abandonnées[57] ». En clair, les impacts du *cloud* se feront sentir encore longtemps sur des reliefs montagneux parmi les plus anciens que la Terre ait façonnés.

Qu’en est-il aujourd’hui ? Dominion se procure-t-il toujours du charbon issu du « déplacement de sommets de montagne » ? Il est très difficile de l’affirmer. D’abord parce que la part du charbon dans la production d’électricité de l’énergéticien a significativement baissé ces dernières années : 12 % aujourd’hui contre 50 % en 2005[58]. Ensuite parce que « les groupes énergétiques ne sont pas tenus de dévoiler la provenance exacte du charbon alimentant leurs centrales. Les informations à ce sujet sont donc confuses », déplore Erin Savage. Mais la suite de notre enquête va tout de même nous éclairer. À six heures de route au nord-est de Hurley, la centrale à charbon de Mount Storm, également opérée par Dominion, jaillit au-dessus des plaines de la Virginie-Occidentale. Le diamant noir provient notamment d’une usine de traitement située à une trentaine de minutes de voiture, gérée par le groupe Mettiki Coal. Nous nous y rendons en compagnie de Brent Walls, employé de l’organisation environnementale Upper Potomac Riverkeeper.

Dans un écrin de forêt, nos yeux se posent sur d’imposantes bâtisses destinées au lavage du charbon, reliées par des passerelles sur lesquelles circule la matière première. En remontant la procession de camions qui affluent vers l’usine, nous atteignons, dix minutes plus tard, une vaste mine à ciel ouvert dont l’accès nous est interdit. Quant aux rebuts du processus de raffinage, ils sont empilés depuis des décennies dans une décharge située à trois kilomètres de l’usine de Mettiki. Nous nous en approchons. Brent Walls sort un drone muni d’un appareil photo du coffre de son véhicule. L’engin prend de la hauteur. Vue du ciel, la topographie est saisissante : voici un massif d’environ 200 mètres de hauteur et de plusieurs kilomètres de circonférence, lacéré par des réseaux de routes empruntées par les engins de chantier[59]. Nommée Backbone Mountain, cette énorme colline se dresse aujourd’hui au milieu des Appalaches.

« À l’époque, cette montagne était une vallée ! », croit savoir un riverain qui a acquis une maison ici en 2017. Cet octogénaire se fait simplement appeler « James », de peur que son témoignage n’aggrave ses relations avec Mettiki. Car un contentieux se trame : il y a un mois, lui et sa femme, Wendy, ont appris par un voisin que Mettiki prévoyait de racler le chapeau de la colline sur laquelle se trouve leur maison. « Ils vont tout déboiser, puis extraire une épaisseur de

50 mètres de terre, sur une trentaine d'hectares environ, explique James, en scrutant le sommet. La matière récupérée servira à recouvrir et reboiser la Backbone Mountain lorsque Mettiki n'en aura plus l'utilité. » Quand les opérations débuteront-elles ? Notre homme n'en sait rien, mais il affirme « qu'il n'y aura plus jamais d'agriculture ni de vie sauvage sur cet arpent de terre. Les cerfs, les ours, les coyotes et les dindons sauvages s'en iront ! s'exclame-t-il. Ils vont laisser un sacré bazar derrière eux… Voilà la vérité ! »

Le déplacement du sommet d'une montagne afin de réhabiliter une décharge ou une ancienne mine n'est pas réservé à la Backbone Mountain. À Hurley, des riverains nous avaient rapporté des pratiques similaires en vue de réaménager une partie de la No. 2 Surface. Quant à l'électricité produite par la centrale de Mount Storm grâce au charbon de Mettiki, elle s'ajoutera à celle générée par les nombreuses autres installations de Dominion (à gaz, solaires, à la biomasse…). Elle profitera ensuite aux sept millions de clients de l'énergéticien éparpillés dans une vingtaine d'États, dont la Virginie où se trouve le comté d'Ashburn[60]. Il nous semble dès lors exact d'affirmer que nos modes de vie numériques génèrent un impact indélébile sur les paysages les plus sauvages qu'il nous ait été donné de voir.

Les GAFAM à genoux devant Dominion Energy ?

Comment les entreprises du numérique peuvent-elles réduire une telle empreinte écologique ? La réponse à cette question dépend, du moins en partie, du groupe Dominion lui-même. Il ne s'agit pas seulement d'une entreprise puissante, dont les revenus nets en 2020 se sont élevés à près de 1,6 milliard de dollars ; voilà également un acteur incontournable de la vie politique locale. À telle enseigne, rapporte Josh Stanfield, un militant engagé pour la transparence financière de la vie politique de l'État de Virginie, « qu'il fait faire aux élus démocrates comme républicains ce qu'il veut que ces derniers fassent[61] ». Officiellement soucieuse de réaliser la transition énergétique, l'entreprise

bataille, en coulisses, pour la retarder. Dominion ménage dès lors ses alliés politiques, les alimente en amendements clés en main visant, par exemple, à retarder la fermeture de ses centrales thermiques[62] – et sait se montrer généreux avec ses alliés. Entre 1997 et 2018, elle a versé 11,1 millions de dollars aux élus de Virginie, tous bords confondus[63]. Et en 2020, elle a encore dépensé 1,3 million de dollars supplémentaires, soit trois fois et demie l'ensemble de ses versements de 2018[64]. Au point de pouvoir prétendre au titre de plus grand donateur dans l'histoire de l'État[65]. Parmi ses sympathisants, Terry Kilgore, membre républicain de la chambre des délégués, et surtout « l'un des défenseurs les plus ardents de Dominion. Il soutiendra l'industrie du charbon jusqu'à son dernier souffle », soupire Josh Stanfield[66]. En 2020, il a tenté – sans succès – de faire voter un amendement repoussant la fermeture d'une centrale à charbon du groupe énergétique[67]. Simple hasard ? L'homme politique a reçu, depuis 1997, 230 891 dollars de donations de la part de Dominion[68]… Pourtant, le lobbying de l'énergéticien n'a pas produit tous les effets escomptés puisqu'il a dû, ces cinq dernières années, fortement diminuer la part du charbon dans la production de son électricité. Pour contrebalancer cette baisse, le groupe mise de plus en plus sur le gaz naturel, qui représente désormais plus de 40 % de son « mix ». Cette ressource fossile émet certes deux fois moins de CO_2 que le charbon, mais relâche du méthane, un gaz qui, sur une durée d'un siècle, a un pouvoir réchauffant vingt-huit fois supérieur à celui du dioxyde de carbone[69]. En conclusion, « l'impact [de la politique énergétique de Dominion] sur le changement climatique pourrait s'aggraver », s'inquiète un avocat américain qui milite auprès de l'organisation environnementale Sierra Club[70].

La force d'inertie de l'énergéticien est telle qu'en 2019, de grands groupes comme Apple, Amazon Web Services, Adobe ou encore Microsoft ont adressé une lettre commune à Dominion, exprimant « [leur] inquiétude à propos des intentions, réitérées par les fournisseurs d'énergie, de répondre à [leur] demande énergétique avec des projets onéreux de centrales à combustibles fossiles[71] ». Manifestation d'impuissance des entreprises les plus puissantes du monde face à Dominion ? Tentative de se défausser de ses responsabilités sur autrui ? Les hypothèses vont bon train… La situation explique en tout cas – du moins en

partie – pourquoi Greenpeace, dans un rapport publié en 2017, a épinglé certaines grandes entreprises du numérique stockant une partie de leurs données dans des *datacenters* de Virginie[72]. dans des datacenters de Virginie. C'est le d'Amazon Web Services, dont les besoins électriques proviennent à 30 % du charbon. Idem pour Netflix… Un chiffre saisissant lorsque l'on sait que 15 % du trafic Internet mondial est généré par cette seule plateforme de vidéos en ligne ! Par ailleurs, 23 % du « mix » d'Adobe, 36 % de celui d'Oracle et 23 % de celui de LinkedIn seraient également « charbonnés ». Pour Twitter, le chiffre avoisinerait 21 % – songez-y la prochaine fois que vous posterez un tweet !

En attendant que le « mix » électrique de l'État de Virginie devienne, d'ici à 2045 ou 2050, 100 % renouvelable, comme l'y enjoint une loi récente[73], les mastodontes de l'économie numérique peuvent compenser leurs émissions de CO_2 par des « crédits d'énergie verte ». Créé aux États-Unis en 1998 puis en Europe en 2001, ce système part du constat que les électrons produits à partir du solaire ou de l'éolien ne peuvent être distingués de ceux qui proviennent d'une centrale thermique ou nucléaire une fois qu'ils circulent dans les réseaux électriques. En revanche, un producteur d'électricité verte peut – via un intermédiaire spécialisé – vendre un document à une entreprise souhaitant lier, virtuellement, la consommation électrique à une source d'énergie durable. Cumulés, ces crédits donnent la possibilité à une entreprise comme Netflix d'affirmer avoir atteint la neutralité carbone[74]. Dans les faits, la plateforme de streaming consomme indéniablement du charbon. Mais ce jeu d'écriture comptable permet d'effacer, sur le papier, son empreinte écologique. C'est du *greenwashing* à l'état pur et, dans le monde des *datacenters*, l'un des rares experts qui osent mettre les pieds dans le plat, Philippe Luce, parle d'une « escroquerie intellectuelle et morale[75] ». Les crédits d'énergie renouvelable partent pourtant d'une bonne intention puisqu'en achetant du vert, on soutient financièrement leur développement. Mais encore eût-il fallu qu'ils soient assez onéreux ! Aux États-Unis, un crédit se vend environ 0,7 dollar le mégawattheure, un prix trop faible pour soutenir sérieusement le basculement vers les sources d'électricité verte. D'ailleurs, un organisme qui fait autorité sur la question a déjà affirmé que l'existence ou l'absence de ces crédits ne

changeait rien au développement du renouvelable[76]… Et pendant ce temps, le « vert pas cher » s'affirme comme un excellent moyen pour de nombreuses entreprises telles que Netflix de retarder leur conversion énergétique.

Les entreprises occidentales font néanmoins souvent mieux que le reste du monde puisque 35 % de l'électricité de la planète est aujourd'hui produite à partir du charbon. Il n'empêche : cette accoutumance généralisée aux combustibles fossiles explique pourquoi l'ensemble de l'industrie numérique, qui capte environ 10 %[77] de l'électricité produite sur la planète, serait responsable de 3,7 %[78] des émissions de gaz à effet de serre – un chiffre qui pourrait doubler d'ici à 2025[79]. Aussi nos gestes numériques, même les plus banals, ont-ils un impact carbone dont nous devons tous prendre conscience… Un courriel génèrerait au minimum 0,5 grammes, voire 20 grammes de carbone si une pièce jointe lui est attachée. C'est l'équivalent d'une ampoule allumée pendant une heure[80]. Or 319 milliards d'e-mails sont envoyés chaque jour dans le monde[81]… L'impact carbone des courriels est pourtant dérisoire par rapport à la vidéo en ligne, qui représente 60 % des flux de données[82]. Un hébergeur de données a voulu transposer ces chiffres à notre échelle individuelle. Pour cela, il s'est penché sur le clip de *Gangnam Style*, le tube planétaire du chanteur sud-coréen Psy, visionné en ligne environ 1,7 milliard de fois par an : cela équivaut à 297 GWh de consommation électrique, soit la consommation annuelle d'une ville comme Issy-les-Moulineaux, Quimper ou Troyes[83] !

Cette face noire de l'immatériel commence à ternir la réputation des géants du numérique. Une riposte se prépare. Et c'est dans le Grand Nord européen, au milieu des vastes plaines lapones, que les GAFAM pensent avoir trouvé la clé d'un Internet plus vert.

1. « 2020 – This is what happens in an Internet minute », infographie de Lori Lewis et Chadd Callahan, spécialistes américains du numérique (@LoriLewis et @OfficiallyChadd).

2. « A summer storm's disruption is felt in the technology cloud », *The New York Times*, 1er juillet 2012.

3. « Google goes down for a few minutes, web traffic drops 40 percent », *Wired*, 17 août 2013.

4. « Google's Gmail and Drive suffer global outages », *The Guardian*, 13 mars 2019.

5. Annual data center survey results, Uptime Institute, Seattle, Washington, 2019.

6. Entretien avec Mark Acton, responsable de la division conseil technique Data Center, CBRE Data Center Solutions, 2020.

7. OVH signifie « On vous héberge » et a été fondé en France en 1999.

8. Parmi les entreprises qui s'hébergent chez OVH, on trouve Michelin, NextRadioTV, NRJ, ainsi que des entités publiques telles que le Centre Pompidou et l'Élysée.

9. « Numérique : le grand gâchis énergétique », CNRS Le journal, 16 mai 2018.

10. Entretien avec Philippe Luce, président de l'Institut Datacenter, fondateur du cabinet Plus Conseil et co-fondateur du think tank « Datacenter en transition », 2020.

11. Voir à ce propos l'interview d'Elsa Godart « Le virtuel pose la question de l'effacement des limites », *Le Monde*, 2 septembre 2019. Cette injonction à toujours plus d'immédiateté saute aux yeux lorsque l'on sait qu'une box ne possède souvent pas de bouton d'arrêt, parce que les utilisateurs ont perdu la patience d'attendre une minute trente pour que le signal WiFi s'allume.

12. Entretien avec Philippe Luce, 2020.

13. *Ibid.*

14. Le groupe n'a néanmoins pas répondu à nos sollicitations d'interview.

15. Et de nouveau, en mars 2021, l'un des *datacenters* strasbourgeois d'OVH devait, cette fois-ci, être ravagé par un incendie. L'accident a affecté des dizaines de milliers de clients de l'hébergeur et provoqué une perte importante de données. À ce propos, lire « Incendie OVH : retour sur une catastrophe pour le marché du *cloud computing* », Le Big Data, 17 mars 2021.

16. Entretien avec Paul Benoit, cofondateur de Qarnot Computing, 2019.

17. Cécile Diguet et Fanny Lopez, « L'impact spatial et énergétique des *data centers* sur les territoires », rapport de l'ADEME, février 2019.

18. Entretien avec Philippe Luce, 2020.

19. *Ibid.*

20. Entretien avec Mark Acton, 2020.

21. « Numérique : le grand gâchis énergétique », *op. cit.*

22. « Power, pollution and the Internet », *The New York Times*, 22 septembre 2012. Les chiffres sont datés et doivent être pris avec précaution. Ils donnent néanmoins une bonne appréciation du gâchis à l'œuvre.

23. Entretien avec Philippe Luce, 2020. TikTok est une application de partage de vidéos très prisée des adolescents.

24. Entretien avec Paul Benoit, 2019.

25. Entretien avec Thomas Ernst, directeur du Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information (LETI), 2019.

26. Intervention de José Guignard, GRDF (Gaz réseau distribution France), Data Centre World, novembre 2019.

27. Comme d'habitude, les observateurs s'écharpent sur le pourcentage de l'électricité mondiale effectivement consommé par les centres de données. Les estimations les plus optimistes – et violemment

critiquées – avancent le chiffre de 1 % (consulter le rapport « Recalibrating global data center energy-use estimates », Eric Masanet *et al.*, *Science*, vol. 367, 28 février 2020) cependant que les plus pessimistes parlent de 3 % (« Global warming: Data centres to consume three times as much energy in next decade, experts warn », *The Independent*, 23 janvier 2016). Ces estimations sont notamment synthétisées dans l'article « Data centers and global electricity use – Two camps », Hydro66, 2 mai 2020. La vérité se trouve probablement entre les deux… Enfin, les *datacenters* représenteraient 15 % des impacts environnementaux du secteur numérique. Lire l'ouvrage de Frédéric Bordage, *Sobriété numérique. Les clés pour agir*, Buchet-Chastel, 2019.

28. « To decarbonize we must decomputerize: why we need a Luddite revolution », *The Guardian*, 18 septembre 2019.

29. Cécile Diguet et Fanny Lopez, « L'impact spatial et énergétique des *data centers* sur les territoires », *op. cit.*

30. On parle des « FLAD » : Francfort, Londres, Amsterdam et Dublin. « Report: Dublin replaces Paris in the top four, as European hubs accelerate », *Datacenter Dynamics*, 13 octobre 2020.

31. Entretien avec Paul Van Engelen, responsable de programme, Alliander, 2020.

32. *Ibid.*

33. « Internetsector: betrouwbare stroom vergtkernenergie », *Het Financieele Dagblad*, 10 février 2016.

34. Entretien avec Marco Hogewoning, RIPE (Réseaux IP européens) Network Coordination Centre, 2020.

35. « Meer regie op vestiging van datacenters in Amsterdam en Haarlemmermeer », *Amsterdam Dagblad*, 12 juillet 2019.

36. « Haarlemmermeer and Amsterdam get closer to lifting data center moratorium, with restrictions », *Datacenter Dynamics*, 11 juin 2020.

37. Entretien avec Stijn Grove, Dutch Data Centers Association, 2020.

38. « The Amsterdam Effect », QTS Data Centers, 12 août 2019.

39. « TikTok : implantation d'un nouveau *data center* européen à Dublin », *newsroom* (« rédaction ») de TikTok, 6 août 2020.

40. Intervention d'Olivier Labbé, directeur général de Cap DC chez Cap Ingelec au Data Centre World, en novembre 2019.

41. « All-Island generation capacity statement 2019-2028 », EirGrid Group, SONI, 2019.

42. « High-energy data centres not quite as clean and green as they seem », *The Irish Times*, 11 septembre 2019.

43. Le charbon compte aujourd'hui pour 19 % de la production d'électricité des États-Unis, d'après l'US Energy Information Administration, 2020.

44. « "Coal is over": the miners rooting for the Green New Deal », *The Guardian*, 12 août 2019.

45. « Coal explained. Where our coal comes from », U.S. Energy Information Administration, 9 octobre 2020.

46. Le lien entre l'Altavista Power Station et la No. 2 Surface peut être établi grâce aux données de la US Energy Information Administration (EIA). Cette agence gouvernementale publie des informations relatives à la consommation de combustibles fossiles des centrales électriques du pays. Dans le document intitulé

« Form EIA-923 », le sous-chapitre « Fuel Receipts and Cost » mentionne qu'Altavista Power Station fut, jusqu'en 2008, en partie alimentée par du charbon provenant de la No. 2 Surface Mine, elle-même exploitée par l'entreprise Twin Star Mining. En 2013, Altavista Power Station a été convertie à la biomasse.

47. Entretien avec Erin Savage, chargée de programme pour les Appalaches centrales, Appalachian Voices, 2021.

48. Notamment des mélanges contenant du nitrate d'ammonium et du gazole.

49. Entretien avec Junior Walk, coordonnateur des activités de sensibilisation au sein de l'association Coal River Mountain Watch, 2021. Lire également « Blasting above coal river mountain communities », Coal River Mountain Watch, 2 mai 2017.

50. « Mountaintop Removal 101 », Appalachian Voices, non daté.

51. *Ibid.*

52. « Central Appalachia flatter due to mountaintop mining », Duke Today, 5 février 2016.

53. Consulter par exemple Kristofor A. Voss, Emily S. Bernhardt, « Effects of mountaintop removal coal mining on the diversity and secondary productivity of Appalachian rivers », *Limnology and Oceanography*, vol. 62, n° 4, mars 2017.

54. « Basic information about surface coal mining in Appalachia », United States Environmental Protection Agency (EPA), 6 octobre 2016.

55. « Central Appalachia flatter due to mountaintop mining », *op.cit.*

56. *Ibid*.

57. Entretien avec Erin Savage, 2021.

58. En 2019, le « mix » de l'énergéticien était composé, à parts égales, de gaz naturel et de nucléaire (42 % chacun), puis de charbon (12 %), d'énergies renouvelables (5 %) et de pétrole (moins de 1 %). Voir « Dominion Energy power generation mix portfolio 2019 », dans le rapport « Building a cleaner future for our customers and the world », sur le site Internet de Dominion Energy.

59. Brent Walls a mis des captures d'écran en ligne, consultables sur la page Facebook d'Upper Potomac Riverkeeper, le 20 mai 2021.

60. Contacté, le groupe Dominion n'a pas répondu à notre demande visant à établir formellement un lien direct entre la centrale de Mount Storm et la région de Washington, DC, où se trouve le comté d'Ashburn.

61. Entretien avec Josh Stanfield, Activate Virginia, 2020.

62. « "Gob"-smacked: Dominion Energy plays both sides, double crosses everyone on Wise County coal-fired power plant closure date? », Blue Virginia, 28 février 2020.

63. « What a battle over Virginia's most powerful monopoly can teach Democrats everywhere », HuffPost, 2 décembre 2018.

64. « Dominion Energy nearly quadruples Virginia political contributions from 2018 to 2020 », Energy and Policy Institute, 28 janvier 2021.

65. « Democratic sweep sets up confrontation with corporate giant that has loomed over Virginia politics for a century », The Intercept, 6 novembre 2019.

66. Entretien avec Josh Stanfield, 2020.

67. « In Virginia, a push to save country's "cleanest" coal plant », AP News, 28 février 2020.

68. The Virginia Public Access Project, entrée « Terry Kilgore », consulté le 7 juillet 2021.

69. « Climat : méthane, l'autre gaz coupable en quatre questions », *Les Échos*, 14 octobre 2020.

70. Entretien avec Ivy Main, avocat et militant au sein du Sierra Club, 2021.

71. Lettre adressée à Dominion le 8 mai 2019 par les groupes Adobe, Akamai Technologies, Apple, AWS, Equinix, Iron Mountain, LinkedIn Corporation, Microsoft Corporation, Salesforce, QTS.

72. « Clicking Clean: Who is winning the race to build a green internet? », rapport de Greenpeace, 2017.

73. Il s'agit du House Bill (H. B) 1526 Electric utility regulation; environmental goals ou « Virginia Clean Economy Act », voté en 2020.

74. « Netflix streaming – More energy efficient than breathing », The Netflix Tech Blog, 27 mai 2015.

75. Entretien avec Philippe Luce, 2020.

76. « Ensuring renewable electricity market instruments contribute to the global low-carbon transition and sustainable development goals », Gold Standard, mars 2017.

77. « Le numérique est-il source d'économies ou de dépenses d'énergie ? », Institut Sapiens, Paris, 6 juillet 2020.

78. « Lean ICT : pour une sobriété numérique », The Shift Project, octobre 2018.

79. *Ibid.*

80. « Un mail est aussi énergivore qu'une ampoule allumée pendant une heure », *Le Figaro*, 16 mai 2019.

81. « Email statistics report, 2020-2024 », The Radicati Group, février 2020. Il est très difficile d'estimer le bilan carbone global des courriels. Une étude actuellement conduite par GreenIT.fr et NegaOctet tente de répondre à cette question et sera publiée à la fin de l'année 2021.

82. Consulter à ce propos le rapport « Climat, l'insoutenable usage de la vidéo en ligne, Un cas pratique pour la sobriété numérique », Résumé aux décideurs, The Shift Project, 2020.

83. Conférence d'Emmanuel Assié, fondateur et président de Webaxys, donnée en août 2018 à l'occasion de l'université d'été de la fondation E5T (Energie, efficacité énergétique, économie d'énergie et territoires).

6.

La bataille du Grand Nord

« C’est ici que le nuage touche le sol ! Des milliards d’opérations de calcul sont en train d’être réalisées autour de vous… Le seul fait d’y penser procure une sensation extraordinaire ! » En prononçant ces mots, Fredrik Kallioniemi, directeur commercial chez l’hébergeur suédois Hydro66, déborde d’une allégresse jubilatoire. À l’intérieur d’une vaste baraque en bois, passé le coup d’œil méticuleux d’un gardien puis un sas enchâssé de vitres sans tain, nous pénétrons dans un *datacenter* de 500 mètres carrés. Nous voilà, littéralement, dans le *cloud*… Le premier de nos sens à être assiégé, c’est l’ouïe : le sifflement strident qui jaillit des machines donne l’impression que l’on a contrarié un bon milliard d’abeilles ouvrières. Puis la vue : des rangées de baies métalliques (des armoires) occupées par des serveurs s’alignent sous des lumières vertes. Aux ondées de chaleur émanant des machines succèdent des brises glacées : c’est l’air extérieur qui pénètre dans l’entrepôt via de larges ventilateurs encastrés dans les murs. Autour de la halle rugissante, une neige abondante a engoncé la campagne sous des mètres de poudreuse. Nous sommes à Boden, en Laponie suédoise.

LA TECHNOLOGIE POUR DES DONNÉES PLUS PROPRES

Si nous avons poussé, en cet hiver 2020, nos pérégrinations jusqu'à l'extrême nord de la Scandinavie, c'est parce qu'Internet produit de la chaleur. La température de certains composants des *datacenters* peut atteindre 60 °C, or, pour un environnement de travail optimal, l'air ambiant d'une ferme de données doit afficher entre 20 °C et 27 °C. Énergivores, les systèmes de refroidissement « peuvent mobiliser jusqu'à la moitié de l'électricité d'un centre de données », nous explique un professeur de sciences informatiques[1]. Comment consommer moins d'énergie ? Et comment s'approvisionner en une électricité qui n'émette pas de gaz à effet de serre ? Voilà deux interrogations existentielles qui agitent les grandes firmes du numérique en quête de respectabilité. Car les enjeux d'image sont colossaux… Pas question de voir son nom associé à une vaste gabegie énergétique, encore moins au réchauffement climatique. L'action de militants de Greenpeace étendant, en 2012, une bannière sur la façade du siège social d'Amazon, à Seattle, affublée des inscriptions « Il est propre comment, votre nuage ?[2] », a laissé de mauvais souvenirs… Tout comme le dirigeable que l'ONG a fait voler, deux ans plus tard, au-dessus de la Silicon Valley, enjoignant Apple, Google ou Amazon, avec force slogans, de verdir leurs sources d'électricité[3]. Quelquefois, le risque d'atteinte à la réputation des GAFAM surgit de l'intérieur : depuis 2019, des milliers de salariés d'Amazon manifestent – avec un tapage médiatique conséquent – pour que leur employeur réduise ses émissions de CO_2 à zéro d'ici à 2030[4]. Ajoutons que l'enjeu financier gagne de l'importance : « L'énergie est le premier poste de dépenses d'un *datacenter*, développe une responsable au sein du groupe néerlandais Interxion. Et cela représente également, par répercussion, 30 % de la facture envoyée à nos clients[5] ».

Les bénéfices écologiques du passage au tout-renouvelable devraient être débattus[6], mais quelle entreprise du Net s'en soucie ? Une course contre la montre est engagée pour se présenter comme le plus « *green* » possible… Les sièges sociaux des GAFAM constituent la figure de proue d'une nouvelle bataille des images. À Cupertino (Californie), l'Apple Park, en plus de baigner dans une forêt artificielle de 9 000 arbres, est ainsi recouvert de panneaux solaires, au point que le patron d'Apple, Timothy Cook, l'a qualifié de

« bâtiment le plus vert de la planète[7] ». Pour parfaire cette sensation de pureté, les pelouses des sièges sociaux de certaines entreprises californiennes seraient, lorsque survient une vague de sécheresse, littéralement repeintes en vert… Et pour décarboner l'ensemble de leurs activités, les entreprises du numérique ont surtout passé, depuis une dizaine d'années, des avalanches de contrats d'approvisionnement avec des entreprises du solaire et de l'éolien. Apple et Amazon s'impliquent même directement dans la construction de centrales d'électricité renouvelable en Chine, aux États-Unis et au Japon[8]. Dans leur sillage, c'est même toute l'industrie qui clame son adhésion aux énergies renouvelables. « Les gros hébergeurs comme Equinix, Compass, CyrusOne et Vantage travaillent tous pour les grandes firmes californiennes, lesquelles exigent qu'ils engagent cette conversion électrique. Ils n'ont d'autre choix que de s'adapter », affirme Christian Déjean, cadre chez Hydro-Québec[9]. Cette mutation ouvre régulièrement la voie à toutes sortes d'actions de *greenwashing*… Comme celle que rapporta un journaliste spécialisé après sa visite en 2015 d'un *datacenter* dans la ville de Saint-Denis, au nord de Paris. « Des panneaux solaires avaient été installés sur le toit de l'entrepôt. Et lorsque j'ai demandé à quoi l'électricité produite servait, on m'a répondu : "Au vu de la consommation du bidule, cela nous permet tout juste d'alimenter la machine à café"[10]. »

Entre les effets d'annonce et les rachats de crédits carbone, difficile de mesurer précisément la sincérité des parties prenantes… Une chose est certaine : si cette mutation est bien réelle, elle n'est pour autant pas aussi mirifique que l'industrie voudrait le laisser penser. « Google a récemment déclaré s'approvisionner à 100 % en énergies renouvelables, mais on sait pertinemment que ce n'est pas possible », tranche le journaliste[11]. « Il y a beaucoup de mauvaises volontés, de pipeau et même de mauvaises intentions, admet Philippe Luce, de l'Institut Datacenter, lors de notre entretien : un *datacenter* "*green*", ça n'existe pas[12]. » Une piste prometteuse consiste à réemployer la chaleur des fermes de données au profit d'une piscine municipale, de bureaux, d'une serre agricole, pourquoi pas même de foyers. Le lobbyiste néerlandais Stijn Grove assure ainsi qu'« aux Pays-Bas, un million de maisons pourraient

potentiellement être chauffées avec cette chaleur résiduelle[13] ». L'initiative plaît aux médias, mais faire coïncider une offre avec une demande qui ne soit pas trop distante n'est guère chose aisée. Et puis ce n'est pas le destin des hébergeurs de multiplier ces dispositifs. « Un *datacenter* n'est pas là pour sécher de la luzerne, s'agace Philippe Luce. Il ne faut pas se tromper de mission[14]. » Y croire pourrait même aboutir à des situations risquées, comme le souligne l'édile néerlandaise Mariëtte Sedee : « Que se passera-t-il si un hébergeur annonce un jour qu'il se délocalise en Inde ? Vous perdez votre infrastructure de chauffage ! Se convaincre que les *datacenters* vont produire de la chaleur [pour une municipalité], c'est très naïf[15] ! »

Surtout, ces initiatives ne résolvent en rien la question de fond : comment gérer la faramineuse consommation d'électricité du secteur numérique ? Aussi, pour agir à la racine du problème, les mots « performance énergétique », « optimisation », « coefficient de performance[16] » sont devenus, ces dernières années, du miel aux oreilles des hébergeurs. À tel point que l'on entend dire que « l'une des industries qui abat le plus de boulot en matière d'efficacité énergétique est bien celle des *datacenters*[17] ». Une plus forte centralisation des données dans des structures *hyperscale* (qui sont des infrastructures spéciales pouvant comprendre des milliers de serveurs) permet déjà d'en optimiser le stockage. En Suisse et aux Pays-Bas, on s'ingénie à refroidir des *datacenters* en les plongeant dans des solutions liquides[18]. Plus radical encore : le groupe Microsoft expérimente, au large des îles Orcades, dans le nord de l'Écosse, une nouvelle génération de *datacenters* sous-marins destinés, peut-être, à tapisser demain le fond des océans[19]. Optimistes, voire même présomptueux, les industriels ont l'heur de ne pas s'attarder sur l'efficacité des technologies actuelles puisque des innovations, extraordinairement plus efficientes, s'apprêteraient déjà à les remplacer… La preuve : on conjecture que, bientôt, les prouesses de la physique quantique permettront de réduire le volume d'une ferme de données à celui d'un livre broché. Quant à la technologie de stockage de l'ADN, elle pourrait même rendre possible l'encodage de la totalité des données informatiques dans un espace à peine plus grand que le coffre d'une voiture[20]. Dans un futur plus optimiste encore, les hommes auront déserté les

datacenters. Intégralement automatisées, les usines à données seront peuplées de robots autonomes capables d'escalader des colonnes de serveurs afin de remplacer une pièce défectueuse. Sans humains, l'environnement de travail des machines pourra atteindre 35 °C, réduisant l'activité des climatiseurs et donc la consommation énergétique[21]. Qui sait ? On propulsera peut-être des fermes de données dans l'espace. La durée de vie des équipements entourés de vide y sera plus longue, avec les gains écologiques que l'on imagine… « Les télécoms sont devenus performants avec les satellites, après tout ! », observe le directeur général d'une société de conseil en informatique[22].

Toutes ces divinations technologiques ne pouvaient pourtant pas empêcher, il y a quelques années, l'une des entreprises les plus célèbres au monde, Facebook, de faire face à une crise sans précédent.

LE *DATACENTER* EXTRA-FRAIS

Retour sur Terre. Nous sommes en 2010 et le plus grand réseau social du monde, qui sous-traite alors le stockage de ses données, annonce la construction de son propre centre, d'une surface de 1,3 hectare, à Prineville, dans l'Oregon[23]. La « ferme » est un bijou de technologie, le groupe promet déjà des économies d'énergie… Mais très vite, la presse spécialisée déclare que le *datacenter* s'approvisionne avec de l'électricité provenant avant tout d'une centrale à charbon[24]. Ces révélations déclenchent bientôt une campagne mondiale de Greenpeace contre le recours par Facebook aux ressources fossiles. Les rapports de l'association américaine dénonçant la politique énergétique de la société de Mark Zuckerberg se succèdent et, sur le réseau social, des groupes d'internautes se forment même pour relayer les requêtes de Greenpeace. On peut imaginer les risques qui pèsent sur la réputation de l'une des entreprises les plus puissantes du monde. « Même s'ils ne l'ont jamais dit, les dirigeants de Facebook étaient alors hantés par Greenpeace », rapporte un observateur[25]. Il faut donc réagir vite, par des annonces d'envergure.

Depuis 2009, une association professionnelle suédoise, connue plus tard sous le nom de Node Pole, tente d'inciter les géants de la « tech » à installer leurs fermes de données en Suède. Emmenée par Matz Engman, une délégation d'hommes d'affaires a déjà effectué un voyage dans la Silicon Valley pour rencontrer des patrons du numérique. Parmi les entreprises démarchées, Facebook. Le groupe s'accroît, il doit stocker toujours davantage de données, notamment celles de ses internautes européens, africains et moyen-orientaux. Il faut construire un nouveau *datacenter*… et sur le Vieux Continent. De sorte que le temps de connexion (on parle aussi de latence) de 800 millions de « réseauteurs » à la plateforme soit le plus court possible. Engman constate que la Suède pourrait être une nouvelle terre d'accueil. Le royaume connaît en effet une exceptionnelle stabilité politique, la dernière guerre, avec le voisin norvégien, remontant à 1814. L'activité sismique y est quasi inexistante. L'homme d'affaires croit en particulier au potentiel de la ville de Luleå, située dans l'extrême nord du pays. Les infrastructures électriques y sont fiables ; le fleuve Luleälven, l'un des plus longs du royaume, produit une hydroélectricité, réputée « verte », à des tarifs très compétitifs. Surtout, les températures y sont épouvantablement basses une bonne partie de l'année, le thermomètre pouvant descendre à – 41°C. Cette situation permet de refroidir naturellement les *datacenters* – donc de réduire à la fois la consommation et la facture énergétique des hébergeurs de données. En clair, Matz Engman propose du froid[26]. Du froid gratuit. Dans le Grand Nord suédois, le « climat » des affaires est, littéralement, propice à la venue d'un GAFAM…

À l'écoute des arguments d'Engman, les représentants de Facebook se seraient exclamés *: « We love this place ! »* (« On adore cet endroit ! »). La firme prend contact avec le gouvernement suédois en septembre 2010. Elle n'entend pas seulement étendre ses infrastructures ; elle veut également vendre une histoire : celle d'une entreprise responsable qui, pour « sauver » le climat, aurait relevé le pari fou d'implanter un *datacenter « 100 % green »* dans l'une des zones les plus inhospitalières du monde. Une quarantaine de localités suédoises sont proposées au groupe, qui en retient vingt-deux, puis huit, puis deux… Matz Engman avait alors vu des armadas d'avocats et d'architectes sillonner le pays,

chapeautés, dit-on, par Thomas Furlong, Jay Parikh et Darin Daskarolis, trois hauts gradés de Facebook qui rendaient directement compte de leurs repérages à Mark Zuckerberg. Des négociations s'ensuivent, tellement confidentielles qu'elles gagnent un nom de code : *Project Gold.* Les exigences de Facebook sont inouïes, l'échelle de leur projet démesurée. Tout semble un peu fou… Mais la perspective de voir le groupe s'implanter au milieu de la Laponie est tellement attrayante que « nous étions prêts à tout pour les accueillir », se rappelle Matz Engman[27]. Subventions et exemptions fiscales font partie de l'offre de bienvenue et on murmure qu'une réception aurait été donnée par le roi de Suède en personne en l'honneur de l'entreprise.

La rumeur commence à enfler dans le royaume. « On se doutait que quelque chose d'important se préparait, mais sans savoir précisément quoi », se remémore Niklas Österberg, cadre dans une entreprise locale du secteur[28]. Et, en octobre 2011, la nouvelle tombe : Facebook annonce avoir fait le choix de Luleå, localité flanquée à 100 kilomètres du cercle arctique, pour agencer la plus formidable migration de vidéos de chats et de photos de vacances de l'histoire. Les travaux débutent presque instantanément dans une zone industrielle du nord de la ville. Deux ans durant, 120 entreprises sont missionnées pour édifier, en toute discrétion, un bâtiment de près de 3 hectares. Des centaines de sous-traitants américains investissent Luleå. Les allées et venues d'engins de chantier sont incessantes. Les travaux, qui s'élèvent à près de 500 millions d'euros, se poursuivent sans encombre majeur[29]. En mars 2013, alors que les opérations touchent à leur fin, 2 500 résidents se rassemblent sur le lac gelé de Luleå, formant un gigantesque pouce (à l'image des *Like* de Facebook)[30] en signe de bienvenue. Et c'est le 12 juin 2013 que le *datacenter* entre enfin en service. Matz Engman s'en souvient très bien : ce jour-là, le trafic Internet entre la Suède et l'étranger est multiplié par deux en moins d'une minute.

Depuis lors, toutes les données produites par les Européens sur les réseaux dont Facebook a la propriété – à commencer par l'application de messagerie WhatsApp et le réseau social Instagram – sont concentrées dans le Grand Nord… Sans oublier, bien entendu, un nombre incalculable d'« amis[31] ». John, Rebecca, Enrico, et surtout ceux d'entre nous qui possédons un compte

Facebook sommes hébergés à environ 2 000 kilomètres de l'Europe « continentale ». C'est loin et proche à la fois, puisqu'il ne faut que 30 millisecondes – un laps de temps trois fois inférieur à un battement de paupière – pour être accessible à l'ensemble des membres de notre réseau. Des amis que nous allons rencontrer.

L'ESTHÉTIQUE DE L'IMMATÉRIALITÉ

Hiver 2020. En choisissant d'embarquer à la gare de Stockholm, par une matinée glaciale et neigeuse, dans le train n° 560 filant vers Luleå, nous avons pris le parti de dilater le temps. Voilà des heures que les paysages lapons défilent dans l'encadrement des fenêtres. À notre droite, les contours arrondis du golfe de Botnie. À notre gauche, de vastes plaines inaltérées, des rivières figées sous des manteaux de glace, des forêts de pins, des lois physiques non négociables. C'est contre-intuitif, mais plus le réseau social s'embrase à coups d'admonestations et d'invectives, plus les paysages suédois où il a élu domicile demeurent tranquilles, impassibles… Passée la ville de Kramfors, à 500 kilomètres plus au nord, une brèche s'ouvre dans le plafond nuageux, libérant des échappées de lumière. La double voie fait place à un chemin de fer unique. Par intermittences, le convoi fait halte pour laisser s'ébrouer une locomotive tractant des grumes de résineux. Notre wagon se vide progressivement. Le soleil commence à décliner. Une douce lumière jaune éclaire bientôt la campagne de ses dernières pulsations. « Que venez-vous faire par ici ? », interroge une passagère. Nous nous hasardons à l'explication la plus rationnelle possible, puis elle nous dévisage avec des yeux ronds comme des calots. Visiblement, l'objet de notre voyage dépasse l'entendement. Nous sommes désormais à 900 kilomètres au nord de notre quai de départ : un dernier jet de lumière fuse au-dessus de Luleå alors que le tortillard s'immobilise.

« Comment expliquer, autour de moi, que les photos postées sur les comptes d'un milliard d'utilisateurs de Facebook ne se trouvent pas dans leur téléphone, mais ici, dans ma ville natale, à 300 mètres de ce bureau, par –30 °C ? » Niklas

Österberg a beau être un vétéran de l'industrie des technologies de l'information, la simple évocation du centre de données du réseau social le plonge dans un abîme de fascination mêlée de perplexité. « Je ne parviens toujours pas à saisir la complexité du monde qui m'entoure », poursuit-il avec émotion et humour[32]. Ceux qui ont visité l'entrepôt décrivent « un *datacenter* énorme et impressionnant. C'est comme si vous vous étiez introduit sous le clavier de votre ordinateur portable et que vous vous promeniez à l'intérieur de la machine », explique le chercheur Karl Andersson[33]. Être invité à le visiter est chose rare… Jugeant notre cause perdue d'avance, nous confessons n'avoir même pas adressé de demande au service de presse.

Bravant le froid mordant, hasardant nos pas dans une épaisse couche de poudreuse, nous nous contentons d'en arpenter les alentours. Voici un vaste hangar vert clair, haut d'une trentaine de mètres et long comme trois terrains de football qui se dresse, silencieux, devant nous. Rien n'indique qu'il abrite l'une des entreprises les plus populaires du monde, sinon trois discrets drapeaux ornés du célèbre logo, érigés à proximité de l'édifice. Caméras de surveillance et barrières de sécurité donnent le ton, sans oublier les rondes d'un gardien, trentenaire au visage de poupon, qui s'enquiert de notre identité et de la raison de notre visite. « Je peux prendre une photo ? », demandons-nous. « Je ne peux pas vous en empêcher ! », rétorque-t-il, visiblement frustré. Nous examinons l'édifice une quinzaine de minutes tandis qu'à travers les vitres du poste de commandement sécurité, un second gardien converse dans son talkie-walkie. La présence des patrouilles motorisées se fait de plus en plus insistante. Il vaut mieux partir.

Le *datacenter* fonctionne-t-il comme planifié ? La firme a-t-elle réussi à attirer le personnel espéré dans un coin du monde aussi inhospitalier ? Que dire des deux fermes supplémentaires qu'elle a, depuis, érigées dans la même zone industrielle ? Les quelques Américains (sans doute employés par le réseau social) croisés dans les bars de Luleå ne sont pas vraiment enclins à parler… « Je n'arrive pas à expliquer une telle culture du secret de la part de Facebook, s'étonne Karl Andersson. Ces gens sont vraiment paranoïaques[34]. » Sur la Toile, l'entreprise s'affiche partout, mais, dans le monde tangible, elle n'est visible

nulle part. Avec ses édifices insipides et sa communication minimaliste, agissant derrière une filiale, Pinnacle Sweden AB, qui fait office de paravent, la firme de Mark Zuckerberg a peut-être réussi son pari : se faire oublier, de sorte que « les habitants de Luleå ne s'intéressent dorénavant plus à Facebook », constate Niklas Österberg[35]. La chercheuse Asta Vonderau a analysé les ressorts de ce qui s'apparente bel et bien à une stratégie délibérée d'invisibilisation de la présence physique de l'entreprise californienne, « avec l'objectif de minimiser toute friction et contestation […] qui pourrait troubler les flots de données et de profits[36] ».

Cette stratégie marketing de « profits sans conflits » (*frictionless profit*) n'est pas nouvelle. Elle puise ses sources dans ce que le chercheur américain Jeffrey Winters a appelé, dès 1996, le « capitalisme zonal » : une zone économique spéciale, souvent cloisonnée, « dans laquelle un effort intense a été engagé pour créer un climat favorable aux affaires[37] ». Ainsi en va-t-il des firmes pétrolières : bien qu'elles soient souvent impliquées dans la vie économique et politique de nombreux pays africains, leurs activités industrielles sont gommées, comme c'est le cas en Guinée-Équatoriale. Et pour cause : les opérations d'extraction et de raffinage y sont – géologie oblige – déterritorialisées, sur des plateformes offshore distantes du continent. Effet d'aubaine : cela présente l'avantage de limiter les mouvements contestataires susceptibles de freiner le rythme de production[38]. Pour atteindre les mêmes objectifs, les GAFAM veulent se dissocier du matériel. Ainsi, Google, qui posséderait une quinzaine de *datacenters* à travers le monde, a souvent recours à des sociétés-écrans afin que son nom ne soit associé à ces infrastructures que lorsque les projets de construction ont déjà été approuvés[39]. Aux États-Unis, le moteur de recherche impose également de strictes clauses de confidentialité aux municipalités où il s'implante, afin d'éluder tout débat public à propos de la consommation d'eau et d'électricité de ses fermes de données[40]. Idem pour un immense *datacenter* d'Apple de 4,6 hectares dans la localité de Maiden, en Caroline du Nord : l'application Google Earth ne l'a fait apparaître sur ses images satellite qu'à l'approche de l'annonce de sa mise en service, en 2009[41] ! Quant à Amazon, un document qui a fuité sur Wikileaks devait démontrer que l'entreprise multiplie

silencieusement ses fermes de données sous le couvert de sociétés benoîtement appelées Vadata Inc. ou encore Vandalay Industries[42].

Dans les prochaines décennies, cette insoutenable légèreté du Net placera les syndicats – dont l'émergence fut historiquement liée à la concentration de la force de travail dans des lieux de production tangibles, les usines – face à des défis existentiels. Comment plantera-t-on un piquet de grève dans une manufacture pensée pour « ne pas exister » ? Par quels moyens bloquera-t-on l'accès à un espace de travail qui a migré en ligne ? La contestation sociale investira davantage le cyberespace, en détournant à son profit les outils de l'aristocratie numérique. C'est ce que pense l'universitaire américain Tung-Hui Hu, qui affirme qu'il faudra « s'opposer électroniquement aux problèmes électroniques[43] ». Le syndicalisme du futur pourrait alors être aiguillonné par des artistes et des « hacktivistes » multipliant des attaques informatiques contre les sites de l'e-capitalisme, pour en bloquer l'accès ou en faire fuiter des informations sensibles… En attendant qu'émergent de nouvelles formes de contestation, « les grandes entreprises du Net veulent conserver cette esthétique de l'immatérialité », analyse Asta Vonderau, car c'est également « une manière pour elles de minimiser l'impact de leurs infrastructures sur l'environnement et les ressources naturelles[44] ».

LE BARRAGE DE LA DISCORDE

Et notamment sur le fleuve Luleälven… Ou plutôt, sur ses 460 kilomètres d'« or liquide », comme l'ont baptisé certains hébergeurs locaux. La quinzaine de barrages hydroélectriques qui le jalonnent produisent une électricité abondante, bon marché et décarbonée pour les dizaines de *datacenters* établis dans la région – dont ceux de Facebook, qui consommerait à lui seul 1 à 2 % de l'énergie produite en Suède. Tout le long des 130 kilomètres qui séparent Luleå de la bourgade de Vuollerim, des forêts de pins enserrent une route sinueuse dans leur écrin de fourrure sombre. Croisant et recroisant la chaussée, le fleuve, pétrifié sous des sédiments de glace, se confond avec le ciel, duquel dégringolent

des avalanches d'épais cristaux. À destination, c'est sur un parking que nous attend Roland Boman. Convaincre cet homme, la soixantaine bien entamée, de nous rencontrer, n'a pas été chose facile. C'est une personnalité introvertie, au verbe lapidaire… Sauf lorsque, à quelques kilomètres de route plus à l'ouest, il pose son regard mélancolique sur une muraille de 80 mètres de haut, plus élevée que le premier étage de la tour Eiffel. Devant nous se dresse le barrage de Letsi, construit dans les années 1960 pour fournir de l'hydroélectricité à la région. En amont, la vallée a été inondée sur six kilomètres. Et en aval, le lit d'un bras du fleuve, le Lilla Luleälven (Petit fleuve Luleå), a vu son destin bouleversé…

Retranché dans un restaurant de Vuollerim, les mains jointes sur une tasse de thé bouillant, Roland Boman nous montre de vieilles photos du bras de fleuve avant que le barrage soit érigé. Quinze kilomètres d'eaux impétueuses léchant les forêts de pins et de bouleaux, et surtout, raconte-t-on, l'un des lieux les plus connus de Suède pour la reproduction des saumons. « C'était un paradis ! », se rappelle notre homme, qui habitait alors à un jet de pierre des rives. La vie des trois mille habitants de Vuollerim s'organisait autour du Lilla Luleälven… sans parler de celle des enfants. « Au moindre moment de libre, moi et ma bande enfourchions nos bicyclettes pour venir y nager, nous dorer sur les rochers et pêcher. En un sens, ce fleuve avait une âme. » Mais pour accompagner le développement économique de la Suède, les autorités lancent bientôt la construction de nombreuses infrastructures hydroélectriques à travers le pays. Le potentiel du fleuve Luleå est considérable puisqu'il doit, à terme, fournir 10 % des besoins en électricité du pays. L'édification de plusieurs barrages[45], dont celui de Letsi, est décrétée.

Trois ans durant, des centaines d'ouvriers et de camions s'activent pour construire un rempart de béton et de pierre. Et par une journée de l'été 1967, la centrale hydroélectrique, opérée par l'énergéticien Vattenfall AB, est prête à être mise en service. De cet épisode, Roland Boman conserve un souvenir précis : « J'avais 12 ans, je rejoignais, comme d'habitude, le fleuve avec mes amis pour pêcher. » Mais quelque chose avait changé… En amont, le niveau de l'eau avait soudainement gagné plusieurs dizaines de mètres. Canalisée par un tunnel de sept kilomètres, une partie des flots était réacheminée vers le grand fleuve. Et en

aval, le « Petit fleuve Luleå » s'était subitement tari. Roland Boman n'a pas eu le temps d'observer un couple de saumons escorter le dernier flot d'eau douce, les pierres et les algues émergeaient déjà des bouillons émoussés, et un silence de mort s'était répandu dans le vallon. « Le fleuve était parti », dit-il seulement, la gorge serrée. Tari sur une quinzaine de kilomètres, le Lilla Luleälven demeure le plus long fleuve d'Europe de l'Ouest asséché par la main de l'homme.

« Les anciens n'ont pas tout de suite compris que l'on venait de leur ôter leur fleuve, raconte Boman. Il n'y a pas eu de plainte, pas une seule manifestation. Puis il a bien fallu admettre que le Lilla Luleälven s'en était allé pour toujours. » Restent un ineffable chagrin et un long deuil à endurer. Le deuil de l'eau. « Nous nous sommes murés dans le silence pour digérer. C'était trop douloureux. Le fleuve était devenu un sujet tabou. Ça a duré vingt ans comme cela. » Nous l'interrompons : « – Vingt ans de silence ? – Absolument, vingt ans de silence. » Il faut attendre les années 1980 pour que les langues se délient. On commence alors à parler du barrage comme d'« un massacre pour l'environnement[46] », une installation qui a eu raison d'une extraordinaire biodiversité, quand bien même « personne n'a réalisé la moindre étude d'impact » de la centrale hydroélectrique. Pour ses enfants, Roland Boman évoque le fleuve disparu, comme on convoquerait le souvenir d'un être aimé parti trop vite. Depuis cinq ans, il tient des conférences et reçoit la visite de médias et de parlementaires. Une page a également été créée – sur Facebook – pour qu'on y poste des photos d'antan[47].

Le réseau social n'est, bien entendu, aucunement responsable de l'édification du barrage de Letsi, et d'aucuns affirmeront que la nature s'est accommodée depuis longtemps de ce garrot minéral. Mais, par sa présence, Facebook contribue à perpétuer la présence d'une infrastructure énergétique dont il tire doublement profit : tant pour ses besoins énergétiques que pour son image d'entreprise responsable, alors même, relève un militant suédois, que « les barrages hydroélectriques ont un impact sur la biodiversité bien plus lourd que n'importe quelle autre électricité verte[48] ». Roland Boman nourrit des sentiments ambivalents à l'égard de la firme californienne. D'un côté, « j'adore Facebook, assure ce taciturne, car je peux y exprimer mes émotions ! » Du dépit surgit

néanmoins à l'évocation de l'entreprise, car « je ne pense pas qu'elle sache d'où provient l'électricité de son *datacenter*. Ce qui se passe là, à Vuollerim, est bien éloigné de Luleå… Or, l'énergie, ici, c'est le fleuve ! Et nous parlons d'un fleuve mort. »

Las Vegas dans le Grand Nord

L'installation du réseau social a œuvré à créer un appel d'air économique et, en quelques années, la Scandinavie s'est transmuée en terre promise pour des enseignes telles qu'Amazon Web Services, Google, Etix Everywhere et Microsoft[49]. Toujours plus entreprenante, la société américano-norvégienne Kolos devait même faire sensation en annonçant en 2017 la construction du plus grand *datacenter* de colocation de la planète, à Ballangen, une ville située dans l'extrême nord de la Norvège[50]. Nous quittons Luleå. Un nouveau Transperceneige[51] s'élance vers le pôle, traversant de vastes plaines sur lesquelles pleut une lumière diffuse et pâle. Nous franchissons le cercle arctique. Après avoir dépassé la ville minière de Kiruna, le train pénètre dans les terres norvégiennes, ondule à flanc de montagnes, puis domine les premiers fjords au fond desquels coulent des eaux denses et insondables.

Le monde est beau.

« Kolos ? Vous ne rencontrerez pas une personne ici qui n'en ait entendu parler. Ça a créé un sacré bazar ! », lance une Norvégienne alors que nous posons notre valise à Narvik, ville voisine de Ballangen. Et pour cause : la première pierre du *datacenter* n'avait pas encore été posée que l'hébergeur se faisait déjà racheter, pour près de 10 millions de dollars, par le canadien Hive Blockchain. Celui-ci transmue alors le projet de *datacenter* en futur site de « minage » de cryptomonnaies[52], une industrie en plein essor et énergivore. À lui seul, le Bitcoin – la plus célèbre des cryptomonnaies – engloutirait en effet 0,5 % de la production d'électricité mondiale[53], soit l'équivalent des besoins du Danemark. Ces considérations importent peu puiqu'à la clé, « de l'argent rapide à gagner ! », analyse un journaliste local[54]. Les critiques fusent pourtant contre

l'opération, vue comme purement spéculative. Entre-temps, les autorités suppriment certains avantages fiscaux destinés aux entreprises de cryptomonnaies. Depuis lors, Hive Blockchain ne communique plus. Seuls des troupeaux de caribous errent sur le terrain racheté à prix d'or et plus personne ne croit à la concrétisation du projet. L'affaire n'a pas fait que des perdants : les patrons de Kolos « ont empoché un paquet d'argent contre un simple concept ! Le monde entier avait les yeux tournés vers Ballangen, mais, en fait, il n'y avait rien, seulement une idée », constate, désabusé, Knut Einar Hanssen, un ancien fonctionnaire de la municipalité de Ballangen. À la décharge des entrepreneurs, tout le monde s'est laissé bercer par le chant des sirènes. « C'était la course au fric, c'était Las Vegas dans le Grand Nord ! Le casino des données ! convient Knut Einar Hanssen avec une étonnante franchise. Et nous avons tous été aveuglés par les promesses de cette opération. »

Ballangen est peut-être le seul endroit de la planète où ce qui n'existait pas est parti en fumée. Où du rien a surgi le néant. « Ce qui s'y est produit symbolise les difficultés rencontrées par les hébergeurs pour installer des *datacenters* dans le Grand Nord », analyse Knut Einar Hanssen. D'un côté, les câbles optiques ultra-rapides destinés à relier l'Asie et l'Europe via l'Arctique (nous y reviendrons aux chapitres 9 et 10) pourraient faire des pays nordiques une zone « naturelle » de stockage de données[55]. De l'autre, le nouvel impératif de souveraineté digitale dont se réclame un nombre croissant d'États pourrait bousculer la géographie du *cloud*. De nombreuses capitales entendent en effet mieux maîtriser leurs flux informatiques… Au point qu'un nouveau paradigme de puissance consiste moins, aujourd'hui, à étendre ses positions à travers le vaste monde qu'à les consolider chez soi ! Depuis 2015, la Russie impose ainsi la localisation des données personnelles de ses citoyens sur son territoire[56]. Le projet européen d'infrastructures de données Gaia-X vise également à enraciner un *cloud* souverain sur le Vieux Continent, sans recours aux services proposés par les plateformes américaines.

Le même défi se pose à l'Afrique, « qui concentre 17 % de la population mondiale, mais où ne se trouve que 1 % des données produites dans le monde », note un expert de Cap Ingelec[57]. Des hubs se positionnent à travers le continent,

tels que Johannesburg, Dakar, Accra ou encore Casablanca, où nous nous rendons durant l'hiver 2020. « La position stratégique du Maroc, à cheval entre l'Europe et l'Afrique subsaharienne, permettrait aux entreprises européennes d'y stocker les données de leur clientèle africaine et de gagner quelques millisecondes de latence », veut croire un collègue de la même entreprise[58]. Voilà que ressurgit l'impératif de vitesse… De nombreux spécialistes des *datacenters* pensent en effet que l'éloignement géographique des données réfugiées près des pôles rendra leur temps de transfert difficilement acceptable pour l'écosystème Internet. Aux côtés des infrastructures *hyperscale*, l'avenir serait donc au *edge*, un réseau de micro-*datacenters* éparpillés au plus proche des utilisateurs… Des « circuits informatiques courts », en quelque sorte, qui présenteraient également l'avantage de diminuer la consommation énergétique du transfert des données, réputée plus lourde que leur stockage[59].

Imaginez combien le monde serait bouleversé, la géographie des câbles, des fermes de données, des centrales électriques et des hubs digitaux sens dessus dessous si les internautes étaient capables de patienter ne serait-ce qu'une seconde supplémentaire ! Il existe assurément une géographie de l'urgence, de notre impatience, tandis que nous condamnons l'industrie du numérique à une quête, perpétuelle (voire absurde), de performance et d'immédiateté. Arpentant les allées de serveurs d'Hydro66, dans la ville de Boden, en Suède, Fredrik Kallioniemi estime que la migration des données en Laponie suédoise a permis de diviser par 15 000 la pollution générée par un *Like* de Facebook. Des chiffres mirifiques – et souvent invérifiables – qu'il faut néanmoins contrebalancer avec la production toujours plus abondante de *data*. « Les serveurs sont beaucoup plus performants, mais la multiplication des données est plus forte encore », s'inquiète un cadre d'un grand fournisseur d'électricité québécois[60], ce qui conduirait à une hausse annuelle de 15 % de la consommation d'électricité des *datacenters*[61]. D'autres avancent au contraire que ces deux tendances s'équilibrent. « Le paradigme de centralisation [du stockage de données] est efficace. Nous sommes parvenus à mieux gérer le réseau et peut-être que nous persévérerons dans cette voie à l'avenir », pense un spécialiste des infrastructures digitales[62].

DES SOLUTIONS POUR NOUS METTRE À LA DIÈTE NUMÉRIQUE

De façon plus concrète, d'innombrables solutions sont préconisées – voire déjà appliquées – pour que tout un chacun produise et stocke moins de données. L'une des initiatives les plus percutantes est celle qui a été lancée, en 2020, par une poignée de militants emmenés par l'Estonienne Anneli Ohvril : le World Digital Cleanup Day[63]. La première édition s'est déroulée en avril 2020 et a fédéré une centaine de milliers d'internautes à travers 86 pays. L'affaire est simple : les participants sont invités à nettoyer, le temps d'une journée, leurs divers espaces de stockage (boîtes mail, Google Drive, Dropbox…) afin de réduire leur empreinte environnementale. Tout y passe, « les courriels inutiles ainsi que les vieilles photos et vidéos stockées dans votre téléphone mobile », énumère Anneli Ohvril, que nous rencontrons à Tallinn au cours de l'été 2020. L'une des principales cibles de la militante est la plateforme de stockage de données iCloud, associée aux terminaux vendus par Apple (iPhone, iPad, MacBook…). « En Estonie, les gens utilisent leur iCloud comme une poubelle et oublient les contenus qui y sont stockés, explique-t-elle. Beaucoup de participants au World Digital Cleanup Day n'avaient même pas conscience de l'impact énergétique que ce service représentait[64]. » Difficile de calculer avec précision les gains écologiques engrangés par une telle opération, mais pour Anneli Ohvril, son efficacité doit être appréciée différemment : « Le plus important n'est pas le nombre de gigabits de sauvés, mais le changement des mentalités que cette initiative permet », insiste l'activiste[65].

Plus généralement, chacun d'entre nous peut reproduire des gestes a priori bénins, sans se lever de son fauteuil, avec des résultats ahurissants : regarder une vidéo en utilisant le signal WiFi, ce qui amène à consommer 23 fois moins d'énergie qu'en passant par la 4G[66] ; éteindre sa box en quittant son domicile car celle-ci consommerait autant d'électricité qu'un grand réfrigérateur ; se connecter sur un site Web sans passer par Google, puisqu'une requête effectuée sur le moteur de recherche capterait autant de courant qu'une ampoule allumée pendant 1 à 2 minutes ; visionner un film en basse plutôt qu'en haute définition,

ce qui diviserait par 4, voire même par 10 la consommation d'énergie. D'ailleurs, si 70 millions d'internautes abaissaient la qualité de diffusion des vidéos qu'ils regardent, 3,5 millions de tonnes de CO_2 ne seraient pas relâchées, chaque mois, dans l'atmosphère, soit l'équivalent de 6 % de la production de charbon des États-Unis[67] ! Nous tourner vers des services respectueux de la vie privée permet également de limiter la ponction de *data*, donc leur stockage énergivore. Pour ce faire, préférer les applications de messagerie Signal[68] et Olvid[69], ouvrir une adresse mail sur ProtonMail[70] et passer par le service de *cloud* de l'E-Foundation, quitte à débourser quelques euros ou effectuer un don[71]. Pour vos recherches, pourquoi ne pas essayer DuckDuckGo[72], un moteur de recherche américain qui n'enregistre pas les requêtes effectuées par ses utilisateurs ? Ces conseils pourraient être multipliés à l'infini et montrent combien chacun de nous est capable d'agir, concrètement et simplement, pour un Internet plus propre et sobre.

Cette politique des petits gestes ne peut cependant faire l'économie d'interrogations beaucoup plus systémiques et profondes :

- D'abord, est-ce souhaitable qu'Internet tende vers toujours plus de gratuité ? La question peut paraître absurde tant le réseau s'est édifié sur un idéal d'ouverture et d'universalité. Sans remettre en cause ce sacro-saint principe, nous pourrions réfléchir à la manière d'imposer des forfaits dont le prix serait fonction des volumes de données effectivement consommées[73]. Un accès minimal serait garanti au plus grand nombre, à charge pour les consommateurs les plus gourmands de payer, par paliers, leur abonnement plus cher. Cette politique tarifaire aiderait à autoréguler notre consommation de données.
- Cette remise en cause en charrie mécaniquement une autre, celle de la neutralité du Web. Tous les usages numériques ne se valent pas et certains devraient être considérés comme prioritaires (on réservera de la bande passante pour un hôpital connecté plutôt que pour l'application TikTok). Mais cette logique se heurte au principe, cardinal, d'égalité d'accès au Web, garanti à tout émetteur ou destinataire de contenus et ce quelle que soit son identité. De plus, elle présuppose qu'Internet deviendra demain une

ressource finie, voire rare, et qu'il faudra dès lors en rationner l'accès[74]. Ce débat est passionnant, mais loin d'être tranché tant, comme nous allons bientôt le comprendre, les ingénieurs du Net s'apprêtent à réaliser des prouesses pour que le réseau puisse supporter le tsunami de *data* qui s'annonce.

• Empruntant une pente plus radicale, certains préconisent carrément de se passer de tout ou partie d'Internet. À l'image des artisans luddites qui, dans l'Angleterre du XIXe siècle, s'opposèrent aux entreprises qui avaient recours aux machines à tisser, des mouvements civiques de « désinformatisation », quoique confidentiels, ont commencé à surgir. Ils nous enjoignent à nous détourner des pythies du numérique qui vantent un futur toujours plus connecté pour lui préférer un avenir plus habitable, qui en serait débarrassé[75]. À tout le moins, le mouvement « *slow Web* » nous invite à faire décroître le réseau en en réduisant le débit et la vitesse.

Notre diète numérique passera également par l'économie circulaire des *datacenters*. C'est le sens de l'histoire : les données contenues dans un serveur en fin de vie sont en effet devenues tellement sensibles qu'il faut à tout prix en détruire le support et ce quel qu'en soit le coût. Un recycleur néerlandais raconte même que plusieurs grandes banques et administrations d'État engagent des vigiles armés pour transporter le matériel jusqu'aux entrepôts où il sera déchiqueté… Certaines entreprises filment même la destruction des serveurs afin de prouver que les *data* de leurs clients ont bien été détruites[76] ! « L'économie circulaire des *datacenters* sera absolument nécessaire, mais pas suffisante, tempère néanmoins Philippe Luce. Viendra un moment où il faudra qu'on rentre dans un truc affreux qui s'appelle la sobriété[77]. »

Ce qui suppose de renverser la hiérarchie des priorités exposée par les industriels pour répondre à l'accumulation des données et selon laquelle il faudrait d'abord basculer vers des sources d'électricité « verte », puis améliorer les technologies de stockage et enfin réduire notre consommation de *data*. Il faudrait, au contraire, nous attaquer aux origines mêmes de notre obésité numérique, puis optimiser les procédés et les réseaux électriques. Faute de quoi

les industriels continueront, non sans faire preuve d'une totale schizophrénie, de parler dans la même phrase d'explosion des *data* et de responsabilité environnementale, de puissance de calcul démultipliée et d'électricité décarbonée puisée dans les fleuves.

Ne nous leurrons pas, très peu de gens y sont prêts. D'autant qu'un bouleversement de nos usages numériques se trame… Nous nous apprêtons en effet à embrasser le monde, vertigineux, de l'Internet des objets. De l'Internet des yeux et des oreilles. L'Internet des corps. Et même « l'Internet de tout ». Un futur intégralement connecté qui pourrait rendre tout à fait stériles les gains énergétiques engrangés auprès des pôles de la planète.

1. Entretien avec Anwar Osseyran, professeur de sciences informatiques à l'université d'Amsterdam, 2020.

2. « Greenpeace Cloud protest: do Amazon, Microsoft deserve the doghouse ? », *Wired*, 2012.

3. « Greenpeace flies over Silicon Valley, praises Internet companies that have gone green », Greenpeace USA, 3 avril 2014.

4. « Amazon employees step up pressure on climate issues, plan walkout Sept. 20 », *The Seattle Times*, 9 septembre 2019.

5. Intervention de Linda Lescuyer, directrice énergie chez Interxion France au Data Centre World, 2019.

6. Nous l'avons expliqué dans notre précédent ouvrage, *La Guerre des métaux rares. La face cachée de la transition énergétique et numérique*, Les Liens qui Libèrent, 2018.

7. « Apple Campus 2: the greenest building on the planet? », *The Guardian*, 7 décembre 2014.

8. « Amazon announces five new renewable energy projects », Amazon, 21 mai 2020. Pour un aperçu plus complet des initiatives menées par les GAFAM, consulter l'article « The greening of GAFAM: Reality or smokescreen ? », blog Bio Ressources, 19 octobre 2020. Greenpeace se félicita d'ailleurs des efforts réalisés par des sociétés telles que Facebook, Google, Microsoft, Yahoo et Instagram. Consulter le rapport de Greenpeace, « Clicking Clean, Who is winning the race to build a green Internet ? », 2017.

9. Entretien avec Christian Déjean, chef du développement des nouveaux marchés, Hydro-Québec, 2019.

10. Entretien avec Yves Grandmontagne, rédacteur en chef de Datacenter Magazine, 2020.

11. *Ibid.*

12. Entretien avec Philippe Luce, président de l'Institut Datacenter, fondateur du cabinet Plus Conseil et co-fondateur du think tank « Datacenter en transition », 2020.

13. Entretien avec Stijn Grove, Dutch Data Center Association, 2020. Lire également le rapport « Les *data centers*, ou l'impossible frugalité numérique ? », les Cahiers de recherche, Caisse des dépôts, 2020.

14. Entretien avec Philippe Luce, 2020.

15. Entretien avec Mariëtte Sedee, responsable de l'aménagement du territoire à la mairie de Haarlemmermeer, 2020. Autre solution : héberger les centres de traitement de données dans des radiateurs ou des chaudières, permettant ainsi de chauffer des bâtiments. Cette alternative diversifie les sources de chaleur. Voir qarnot.com.

16. En anglais, on parle de *power usage effectiveness* (PUE), soit « le ratio entre l'énergie consommée par le *datacenter* et l'énergie réellement utilisée par l'équipement informatique », peut-on lire dans le communiqué de presse du 2 avril 2009 de Cap Ingelec.

17. Entretien avec Erik Ferrand, directeur commercial de Qarnot Computing, 2019.

18. Voir notamment les solutions proposées par la société néerlandaise Asperitas : asperitas.com

19. Il s'agit du projet Natick : natick.research.microsoft.com

20. « Synthetic DNA holds great promise for data storage », CNRS News, 21 octobre 2020.

21. Ces perspectives ont été dessinées par Karl Andersson et Michael Nilsson, chercheurs à l'université technologique de Luleå, en Suède, lors d'un entretien réalisé en 2020.

22. Entretien avec Abdelali Laabi, directeur général de la société de services informatiques marocaine Axeli, 2020.

23. « Facebook to build its own data centers », Data Center Knowledge, 21 janvier 2010.

24. L'article, publié en janvier 2020 sur le site d'information SearchDataCenter.com, n'est plus disponible.

25. Entretien avec Matz Engman, responsable de l'organisation professionnelle Luleå Business Region (2011-2017), 2020.

26. Lire la passionnante étude de la chercheuse Asta Vonderau « Scaling the cloud: Making state and infrastructure in Sweden », *Ethnos*, *Journal of Anthropology*, vol. 84, n° 4, 2019.

27. Entretien avec Matz Engman, 2020.

28. Entretien avec Niklas Österberg, Arctic Business Incubator, 2020.

29. Le *datacenter* jouxte néanmoins une exceptionnelle réserve d'oiseaux classée Natura 2000 et la mairie de Luleå a dû négocier avec une association d'ornithologues afin qu'elle n'entrave pas la construction du *datacenter*. Lire « Han kan stoppa Facebooks bygge », *Computer Sweden*, 15 septembre 2011. Un riverain, Lennart Hedlund, aurait également déposé une plainte motivée par des arguments écologiques. Celle-ci aurait quelque peu retardé les opérations de construction, avant d'être rejetée par la justice.

30. « Luleå gives Facebook "thumbs up" in record bid », The Local, 17 mars 2013.

31. Plusieurs experts s'accordent à dire que seules les données les plus récentes sont stockées à Luleå. Les données dites « froides », plus anciennes donc moins consultées, seraient hébergées dans d'autres *datacenters* plus distants des internautes européens.

32. Entretien avec Niklas Österberg, 2020.

33. Entretien avec Karl Andersson, 2020.

34. Entretien avec Karl Andersson, 2020.

35. Entretien avec Niklas Österberg, 2020.

36. Asta Vonderau, « Scaling the cloud: Making state and infrastructure in Sweden », *op. cit.*

37. Jeffrey A. Winters, *Power in Motion: Capital Mobility and the Indonesian State*, Cornell University Press, 1996.

38. Hannah Appel, « Offshore work: Oil, modularity, and the how of capitalism in Equatorial Guinea », *American Ethnologist*, vol. 39, n° 4, novembre 2012.

39. « Google reaped millions in tax breaks as it secretly expanded its real estate footprint across the U.S. », *The Washinton Post*, 15 février 2019.

40. « Documents for Google in Lenoir, North Carolina », *The Washington Post*, 25 janvier 2019.

41. Vinnie Mirchandani, *The New Technology Elite: How Great Companies Optimize Both Technology Consumption and Production*, John Wiley & Sons Inc, 2012.

42. « Secret Amazon data center gives nod to Seinfeld », *Infosecurity*, 12 octobre 2018.

43. Tung-Hui Hu, *A Prehistory of the Cloud*, The MIT Press, 2015.

44. Entretien avec Asta Vonderau, directrice exécutive du Centre for interdisciplinary Regional Studies (ZIRS) à l'université Martin-Luther de Halle-Wittenberg (Allemagne), et auteure de l'article « Scaling the cloud: Making state and infrastructure in Sweden », *op. cit.*, 2020.

45. Tels que ceux de Randi, Parki, Seitevare ou encore Akkats.

46. La lutte contre les émissions de CO_2 tend trop souvent à devenir la mesure unique de nos actions écologiques. Or l'hydroélectricité, bien que très peu émettrice de CO_2, génère des impact répertoriés dans de nombreuses études, telles que le rapport « Hydropower pressure on European rivers: The story in numbers », du World Wild Fund for Nature (WWF), publié en 2019 : « Le nombre de centrales hydroélectriques en Europe est déjà exceptionnellement élevé, et le fait qu'elles chevauchent des zones protégées révèle l'immense pression [qu'elles exercent] sur la biodiversité européenne. » Le Québec s'affiche également comme une destination de choix pour les *datacenters* puisque que 97 % de l'électricité y est produite par des barrages hydroélectriques. « Il y a un coup à jouer, assure Christian Déjean, chef de développement des nouveaux marchés chez le fournisseur d'État Hydro-Québec. Nous avons de l'électricité disponible, pas chère, renouvelable et pas intermittente ! » Pourtant, pense Philippe Luce, président de l'Institut Datacenter, cette électricité québécoise « n'est pas *green* car, en submergeant des vallées, on a exterminé tout le biotope sur des milliers d'hectares, créé des bassins, flingué des cours d'eau pour nourrir des barrages et conduit des populations autochtones entières à migrer. Il faut apprécier l'ensemble de la chaîne de production de l'électricité et s'interroger sur son origine ». Notons aussi l'impact des infrastructures sur les conditions de vie des Samis, les représentants du dernier peuple nomade d'Europe occupant le nord de la Scandinavie et la péninsule de Kola, en Russie. « Les infrastructures telles que les barrages hydroélectriques peuvent bloquer les routes migratoires des Samis et des caribous », relève Runar Myrnes Balto, conseiller politique auprès du parlement sami de Norvège, au cours d'un entretien dans la ville norvégienne de Tromsø en 2020. Pour une étude plus approfondie de l'impact des barrages hydroélectriques sur les Samis de Norvège, consulter notamment le rapport « Colonial tutelage and industrial colionalism: Reindeer husbandry and early 20th-century hydroelectric development in Sweden », Åsa Össbo, Patrik Lantto, *Scandinavian Journal of History*, vol. 36, n° 3, juillet 2011.

47. Il s'agit de la page Vuollerim/Jokkmokk Lilla Lule Älv ska leva igen.

48. Entretien avec Christer Borg, association Älvräddarna, 2020.

49. Sur l'île de Rennesøy, dans le sud de la Norvège, un *datacenter* de l'entreprise Green Mountain a même été édifié au fond d'un fjord, dans une ancienne base sous-marine de l'OTAN. La climatisation du *datacenter* est permise par extraction d'eau de mer pompée via des tuyaux qui refroidissent les salles de serveurs. « Or les grilles du tuyau étaient mal dimensionnées. Toute une population de crustacés, de

poissons et de crevettes avait été aspirée et frayait jusque dans les canalisations. C'était le barbecue dans le *datacenter*… mais à cuisson lente ! » raconte, hilare, Yves Grandmontagne, rédacteur en chef de Datacenter Magazine, qui a visité l'installation en 2015. Entretien mené en 2020.

50. « Kolos to build world's largest data center in northern Norway », conférence de presse à Ballangen, Norvège, 18 août 2017.

51. Nous nous inspirons du nom donné à un train traversant des paysages glacés, imaginé dans les années 1980 par Benjamin Legrand, Jacques Lob et Jean-Marc Rochette dans une bande dessinée de science-fiction. L'œuvre a été adaptée à l'écran en 2013 par le réalisateur sud-coréen Bong Joon-ho.

52. Autrement dit, de fabrication de devises numériques. Lire « Kolos data center park in Norway is being acquired by cryptocurrency miners », Datacenter Dynamics, 28 mars 2018.

53. « Le bitcoin engloutit 0,5 % de l'électricité mondiale », *L'Usine nouvelle*, 2 mai 2021.

54. Entretien avec Christian Andersen, rédacteur en chef de *Fremover*, 2020.

55. Entretien avec Isabelle Kemlin, directrice en charge des affaires commerciales scandinaves à CBRE Data Centre Solutions, 2020.

56. « Russian personal data localization requirements », Microsoft, 30 novembre 2020.

57. Intervention d'Olivier Labbé, directeur général de Cap Ingelec, Data Centre World, 2019.

58. Entretien avec Ahmed Ahram, directeur de CAP DC, filiale en France de Cap Ingelec, 2020.

59. « Personne n'est capable de mesurer précisément les gains écologiques générés par le rapprochement d'un *datacenter* des utilisateurs finaux, mais c'est substantiel », affirme Philippe Luce lors d'un entretien en 2020.

60. Entretien avec Christian Déjean, 2019.

61. Ces chiffres nous sont rapportés par Ian Bitterlin, ingénieur consultant et professeur invité à l'université de Leeds, Royaume-Uni, dans un entretien accordé en 2020.

62. Entretien avec Michiel Steltman, directeur général de l'association néerlandaise des infrastructures digitales (DINL), 2020. L'avenir sera très certainement fondé sur un panachage entre solutions centralisées et décentralisées (*edge*) de stockage et de traitement des données.

63. digital.worldcleanupday.org

64. Entretien avec Anneli Ohvril, PDG de Let's Do It World, 2020.

65. *Ibid.*

66. « Internet mobile : la 4G est-elle une abomination énergétique ? », greenIT.fr, 15 mars 2016.

67. Renee Obringer *et al.*, « The overlooked environmental footprint of increasing Internet use », *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 167, avril 2021.

68. signal.org

69. olvid.io/en

70. protonmail.com

71. e.foundation. Préférer également les systèmes d'exploitation GrapheneOS (grapheneos.org) et LineageOS (lineageos.org). Certains, comme Agnès Crepet, responsable de la division *information technology* et longévité logicielle de Fairphone, estiment que Facebook a poussé trop loin sa politique de

captation de données, et que les usagers du Web se détourneront progressivement des services offerts par le géant américain.

72. duckduckgo.com

73. C'est précisément ce que propose l'opérateur français TeleCoop, « premier opérateur télécom coopératif engagé dans la transition écologique et solidaire ». Voir telecoop.fr

74. Cela semble être l'avis de l'ingénieur américain Vint Cerf, né en 1943, l'un des pionniers du numérique, pour qui « l'accès à Internet deviendra un privilège et non un droit ».

75. « En 2050, Internet sera-t-il toujours debout ? », CNET France, 1er octobre 2019.

76. Entretien avec le Néerlandais Jelle Slenters, responsable du développement économique pour la zone EMEA (Europe, Moyen-Orient et Afrique) chez Sims Lifecycle Services, 2020.

77. Entretien avec Philippe Luce, 2020.

7.

Expansion de l’univers numérique

En 2017, Steve Case, fondateur d’America Online (AOL), l’un des tout premiers fournisseurs mondiaux de services Internet, publia un livre qui devait faire grand bruit : *The Third Wave. An Entrepreneur’s Vision of the Future* (« La troisième vague. Le futur vu par un entrepreneur »)[1]. Durant la première vague d’Internet, expliquait l’auteur, les entreprises du Net (comme AOL, IBM et Microsoft) avaient édifié les infrastructures permettant aux ordinateurs de se connecter entre eux. La deuxième vague était celle des sociétés qui, à l’instar de Google et de Facebook, avaient créé les moteurs de recherche et les réseaux sociaux reliant, cette fois, les internautes les uns aux autres. Et Steve Case de prévoir dorénavant l’avènement d’une troisième vague, où l’on connectera tout – objets et êtres vivants – ce qui pourra être lesté d’un capteur. On parlera alors, annonce l’auteur, de *« the Internet of Everything »*, l’Internet de tout[2]. À la même époque, un autre technoprophète, Kevin Kelly, fondateur du magazine américain *Wired*, fit une prédiction similaire dans un ouvrage consacré aux « douze forces technologiques qui vont façonner l’avenir[3] ». Dans le futur, selon lui, toute surface sera devenue écran, des e-services personnalisés anticiperont le moindre de nos désirs, la surveillance des consommateurs et des citoyens sera totale et, ajoute-t-il, nous aurons connecté « tous les humains et les machines dans une matrice globale », un superorganisme baptisé le *Holos*. En 2025, les humains ne seront pas « sur » ou « dans » le *Holos*, ils seront le *Holos* lui-même.

Une telle connexion généralisée à Internet « a déjà été engagée » prévient Kevin Kelly[4]. C'est ce que l'on appelle *« the Internet of Things »* (IOT), l'Internet des objets, un terme inventé en 1999 par des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology (MIT) pour évoquer la capacité des objets à transmettre et capter de l'information via l'adjonction, par exemple, d'une puce RFID[5]. Téléphones mobiles, tablettes, thermostats, montres, systèmes d'éclairage, climatiseurs… le développement de l'IOT a connu un essor tel que la planète compterait à ce jour 20 milliards d'objets connectés. L'Internet de tout parachève cette logique et la pousse un cran plus loin… Prenons l'exemple des lunettes connectées, placées « si près de notre corps qu'il nous semble […] qu'elles en font partie. Elles sont l'accomplissement ultime de la société de l'information, dans la mesure où elles font entièrement coïncider l'être et l'information », observe un essayiste[6]. Quant à certaines applications médicales, elles permettent déjà d'analyser les *data* émanant du plus profond de notre être. « Ma fille est diabétique, explique Fredrik Kallioniemi. Un signal sur mon téléphone m'alerte lorsque le taux de sucre dans son sang est trop bas. Je reçois donc ses données corporelles toutes les secondes. C'est cela, le début de l'Internet de tout[7]. » Demain, ce sont des forêts et des espèces animales entières qui pourraient être pucées afin que nous puissions mieux les surveiller et les protéger. Les hommes porteront des casques qui liront dans leurs pensées et des lentilles intelligentes leur permettant de se guider dans l'obscurité, au point que l'on parle déjà de l'« Internet des corps[8] ». Il y a fort à parier que nos descendants nous regarderont comme des ersatz d'australopithèques lorsqu'en 2030 l'humanité tout entière cohabitera avec 50, 100, voire 500 milliards de ces objets reliés aux autoroutes de l'information[9]. Mais cette interconnexion généralisée du végétal, de l'animal et du digital ne peut advenir qu'à la condition qu'un réseau ultra-performant puisse faire transiter les fabuleuses quantités de données produites.

Un tel réseau s'étend peu à peu, il s'agit de la 5G.

FRÉQUENCES HAUTES POUR MACHINES ÉMANCIPÉES

Une lumière éclatante pleut sur Monaco en ce printemps 2021. Elle fait scintiller les coques des yachts amarrés sur le port de Fontvieille, les baies des luxueux appartements penchés sur le front de mer et les capots des cylindrées lancées à l'assaut de Monte-Carlo. La principauté a toujours bénéficié d'un rayonnement exacerbé au regard de l'exiguïté de son territoire (2 kilomètres carrés). Parce que c'est un paradis fiscal qui attire les grandes fortunes. Et plus récemment parce que la principauté est l'un des tout premiers États à avoir été intégralement couvert par le réseau 5G, cette nouvelle génération de réseaux mobiles vouée à remplacer la 4G. Le 9 juillet 2019 restera comme une date clé dans l'histoire du Rocher. Après deux années d'installation et 30 millions d'euros d'investissements, une quarantaine d'antennes 5G y ont été mises en service. Xavier Niel, actionnaire majoritaire de Monaco Telecom, et Ren Zhengfei, président du groupe Huawei ayant fourni la technologie, se sont déplacés pour célébrer l'événement dans un palace cinq étoiles. Pour promouvoir Huawei, le président chinois Xi Jinping y a même effectué, quelques semaines plus tôt, une visite d'État.

Si la 5G est devenue une priorité sur le Rocher, c'est parce qu'elle permettra de transférer dix fois plus de données que sa prédécesseure en un laps de temps dix fois moindre. Concrètement, à peine dix secondes suffiront à télécharger un film de deux heures, là où il fallait patienter sept interminables minutes avec la 4G[10]. Mais à quoi bon un tel débit pour les usages les plus banals, tels qu'envoyer un malheureux courriel ou regarder des photos de vacances ? « Seuls 5 % de nos abonnés disposent aujourd'hui d'un forfait 5G », parce qu'il n'est pas véritablement utile, constate d'ailleurs le directeur général de Monaco Telecom, Martin Péronnet[11]. Mais c'est peut-être juste une question de temps… En Corée du Sud, pays ayant massivement déployé la 5G, 13 millions de personnes ont déjà adopté la cinquième génération de réseaux mobiles[12], soit près de 20 % des abonnements téléphoniques. Le simple fait d'offrir un meilleur débit y a en effet suffi à déclencher la curiosité du consommateur, suivie d'un réflexe d'achat[13]. Et puis cette technologie précède sans doute une révolution des usages : de nouveaux modes de consommation numérique, gourmands en bande passante, pourraient surgir dans le sillage de la 5G, tels que les jeux en réalité

virtuelle et la diffusion de vidéos en direct sur les plateformes Periscope ou YouTube Live. L'histoire récente plaide en ce sens : « Lorsque la 3G est arrivée, on s'est dit "Regarder des matchs de foot sur des écrans de trois centimètres, ça ne va jamais marcher !" On se rend bien compte qu'on s'est planté », rappelle un activiste d'Agir pour l'environnement[14].

Ce sont surtout les entreprises monégasques qui devraient tirer le bénéfice le plus tangible de cette nouvelle génération de réseaux mobiles. Et pour cause : selon Martin Péronnet, la facilité d'installation de la 5G par rapport à la fibre et la diminution de la latence pourraient donner vie à une immense variété d'objets et d'infrastructures pilotables à distance, tels que les drones, les navires, les hôpitaux et les véhicules. Le numérique à ultra-haut débit va dynamiser l'économie de celle qui s'est déjà rebaptisée « *smart* principauté ». « [La mise en œuvre de la 5G], confirme d'ailleurs un rapport de l'administration française, ouvrira une possibilité d'usages dans divers secteurs : l'énergie, la santé, les médias, les transports, l'industrie[15] ». La gestion plus performante d'une masse plus abondante de données pourrait également permettre, à l'échelle planétaire, d'optimiser le trafic routier et les réseaux de distribution d'énergie, ainsi que d'améliorer l'autonomie des robots dans les futures usines de la quatrième révolution industrielle ultra-connectées. Bien utilisée, cette technologie aiguillonnera d'extraordinaires progrès sociaux et humains dont nous avons tout lieu de nous réjouir. Mais le futur, c'est quand ? À plus court terme, certains industriels demeurent en effet sceptiques… « Fin 2019, des techniciens de l'opérateur Orange sont venus me demander quelles applications nécessiteraient, selon moi, le développement de la 5G, rapporte un chercheur à l'université de Louvain. Ils étaient désarçonnés et répétaient : "On ne voit pas où est le marché aujourd'hui." C'est le flou total[16]. »

La géopolitique explique certainement pourquoi la charrue est mise avant les bœufs… La Chine a en effet été l'un des tout premiers États à considérer le déploiement de la 5G comme une priorité nationale[17]. Grâce à l'équipementier Huawei, Pékin a acquis une supériorité technique majeure en la matière, installé des centaines de milliers d'antennes sur son territoire, supplantant les États-Unis et l'Europe. De part et d'autre de l'Atlantique, on s'effraie à l'idée qu'une telle

percée sonne le glas de la domination occidentale. Fin 2020, Angela Merkel faisait d'ailleurs part de son inquiétude de voir l'Allemagne à la traîne sur le front de la révolution numérique, appelant à son accélération, car sinon, prévenait-elle, « nous serons les derniers[18] ». Trois ans plus tôt, la chancelière craignait déjà que son pays ne fasse « bientôt partie des pays en voie de développement » en la matière[19]… Dans un contexte pareil, les impacts écologiques de la 5G sont longtemps passés au second plan. Son déploiement implique pourtant l'installation de davantage d'antennes, certes plus puissantes, mais au rayon d'action plus limité. « La Grande-Bretagne compte déjà 26 000 antennes 3G et 4G. Le périmètre des émissions d'ondes de la 5G étant deux fois plus limité, il faudra donc en installer le double juste pour l'Angleterre », prédit un consultant de chez Green IT[20].

5G : DES ENJEUX ÉCOLOGIQUES LARGEMENT IGNORÉS

Mesurant quelques dizaines de centimètres, les antennes, ces dispositifs lestés de métaux rares tels que le gallium[21] et le scandium[22], seront déployées tous les 100 mètres environ[23], sur les arrêts de bus, les lampadaires ou encore les panneaux publicitaires. Comment seront-elles recyclées ? Puis il faudra les relier à des réseaux additionnels de fibre optique pour transporter les données. Aux États-Unis, l'Association de la fibre à haut débit a déjà estimé qu'il faudra tirer 2,2 millions de kilomètres de fibre (soit 55 fois la circonférence de la Terre) pour couvrir les 25 plus grosses métropoles du pays[24] ! Par combien ce chiffre sera-t-il multiplié, en 2026, lorsque 60 % de la population mondiale aura accès à ce nouveau réseau[25] ? De plus, profiter de la 5G nécessite le plus souvent de changer de mobile… Deux cent soixante-dix-huit millions de téléphones compatibles avec cette technologie auraient été vendus dans le monde en 2020[26] : ces acquisitions s'expliquent-elles par la réelle nécessité de remplacer un smartphone défectueux, ou s'agit-il d'achats de confort motivés par la promesse de mieux jouir du numérique ? Finalement, quel est le coût écologique de cette aventure technologique ? Force est de reconnaître que nul ne sait

précisément ! « Il n'y a pas [eu] d'étude d'impact environnemental », maugrée une eurodéputée[27], au point que l'on se demande si ce n'est pas plutôt le « principe d'absence de précautions » qui a présidé au déploiement de la 5G… Faute d'informations, des peurs irrationnelles surgissent : on craint ainsi – sans aucune preuve – que les nouvelles antennes n'émettent des ondes électromagnétiques néfastes pour la santé[28]. Bien que tardives, des études d'impact ont été lancées de façon éparse. À travers l'Europe, des municipalités ont décrété des moratoires, et des comités citoyens se sont formés pour engager un débat mis sous le boisseau par des pouvoirs publics.

Les fournisseurs de service soulignent néanmoins les indéniables bénéfices environnementaux de la 5G. À consommation égale de données, affirment-ils, cette technologie devrait offrir une efficacité énergétique dix fois meilleure que sa prédécesseure. Mais c'est oublier que la 5G va faire exploser notre consommation d'Internet et de données… Tout le monde convient en effet qu'une nouvelle technologie n'est pas commercialisée dans le but de nous faire consommer moins… mais toujours davantage ! C'est une évidence dont les effets concrets ont été, pour la première fois, étudiés par l'économiste anglais William Stanley Jevons en 1865. À l'époque, la performance plus élevée des machines à vapeur laissait augurer une baisse de l'exploitation du charbon. Or, Jevons démontra que les gains énergétiques offerts par ces progrès techniques étaient contrebalancés par la hausse de l'utilisation des machines, conduisant dès lors à une consommation accrue de ce combustible… soit tout l'inverse des effets espérés[29] !

Ce paradoxe, également baptisé « effet rebond », peut être transposé à une myriade de technologies. Prenons l'exemple d'une voiture : entre 2005 et 2018, la consommation moyenne d'un véhicule à essence est passée de 8,8 litres à 7,2 litres pour 100 kilomètres[30], soit un gain de 22 %. Mais dans le même temps, la vente annuelle de véhicules neufs dans le monde est passée de 66 à 95 millions[31], soit une hausse de 44 %[32]. Même démonstration pour le secteur de l'aviation : en 2019, un passager émettait 12 % de CO_2 en moins par kilomètre parcouru qu'en 2013. Or, durant la même période, les émissions de carbone du secteur aérien civil ont augmenté de 29 %[33]. Celles-ci devraient même, à

l'horizon 2050, être sept fois plus élevées qu'en 1990[34]. Idem pour l'utilisation des diodes électroluminescentes[35], une étude démontrant que les gains d'énergie qu'elles offrent ne compensent pas les hausses de consommation générées par leur usage démultiplié[36]. Bien entendu, les technologies numériques ne font pas exception… Ainsi, les smartphones récents affichent généralement une moindre autonomie que ceux de la génération précédente : la capacité des batteries augmente pourtant d'environ 5 % par an, mais cela n'égale pas la consommation énergétique accrue des nouveaux modèles[37]. Enfin, une étude publiée en 2019 par l'équipementier Ericsson a conclu qu'en 2025, 20 % des internautes consommeront, chaque mois, 200 gigaoctets d'Internet mobile grâce à la 5G, soit 10 à 14 fois plus que lorsqu'ils utilisaient la 4G[38] ! Sans compter, bien sûr, l'éclosion de l'Internet de tout, à laquelle cette technologie participe déjà – autant de tendances en contradiction totale avec les objectifs de lutte contre le changement climatique !

Les acteurs de l'économie numérique sont conscients de cet effet boomerang, mais entendent d'abord mettre les consommateurs face à leurs responsabilités. « Chacun est libre de ne pas participer à la surconsommation numérique », a ainsi affirmé Stéphane Richard, le patron du groupe français Orange[39]. Or, dans le même temps, l'entreprise diffuse des publicités célébrant les nouveaux usages de la 5G[40] – une attitude pour le moins paradoxale… Au fond, « les acteurs du digital savent très bien que ces nouvelles technologies vont augmenter notre consommation numérique et que, loin de résoudre le problème, on l'active », juge un universitaire[41]. « Tout le monde se défausse sur les autres, renchérit le fondateur de Green IT, Frédéric Bordage. Personne n'a intérêt à dépasser son domaine de responsabilité légale et à apprécier le système dans son ensemble[42]. » Certains syndicats du groupe Orange admettent néanmoins être « conscients des injonctions contradictoires[43] » auxquelles nous sommes exposés. Ce constat explique peut-être que plusieurs centaines de salariés de l'opérateur, souvent jeunes, désapprouvent ouvertement la stratégie du groupe. « Sur les réseaux intranet, certains demandent : "Pourquoi va-t-on dans cette folie ?" C'est la première fois qu'on entend dire : "On est complètement dingues,

on accélère la consommation énergétique et l'extraction de minerais" », reconnaît une source en interne[44].

À ces effets rebonds directs s'en ajoutent d'autres, dits « indirects ». De fait, le gain de temps et la hausse du pouvoir d'achat induits par le numérique permettent de consommer différemment. « Grâce à Internet, j'ai pu télétravailler et économiser 1 000 euros d'essence. Que vais-je faire de cet argent ?, interroge ce témoin. Les hivers en Europe du Nord étant longs, je vais prendre un avion pour les îles Canaries. » Et puis « le numérique impacte de manière colossale la manière dont la société s'organise et dont les flux circulent. Des tas de choses, telles que passer un ordre instantané à la Bourse ou commander un produit sur Amazon n'existeraient pas sans le digital », ajoute une ingénieure en informatique[45]. Disons-le autrement, le numérique agit comme un catalyseur de la fabuleuse accélération économique et technologique actuelle. Et, bien que ses effets indirects n'aient pas été calculés, une chose est certaine, ils ne contribuent absolument pas à la virtualisation de nos existences. Après avoir analysé 57 inventions conçues, depuis les années 1930, dans les domaines de la science des matériaux, du numérique et de l'énergie, des chercheurs ont d'ailleurs conclu qu'aucune d'elles ne s'était accompagnée d'une baisse globale de l'utilisation de ressources[46]. À nous engager tête baissée dans un monde prétendument éthéré et libre de tout carcan physique, nous fuyons cette évidence qui, inéluctablement, nous rattrape : un monde dématérialisé sera un monde toujours plus matérialiste.

C'est ici que le débat prend une tournure idéologique. Les effets rebonds peuvent être autant craints que célébrés selon que l'on soutient ou non l'accroissement des richesses, la mondialisation du commerce et le métissage des cultures. Aussi l'expansion de l'univers numérique nous place-t-elle face à nos convictions intimes… Elle n'est par ailleurs ni une bonne ni une mauvaise chose ; elle est ce que nous en ferons[47]. Internet permettra aux enfants des régions les plus reculées du monde de s'éduquer à distance, mais il facilitera également la propagation de théories complotistes, fragilisant nos démocraties. Il soignera des maladies rares, mais laissera aussi Ryan Kaji, un enfant qui s'est fait connaître en déballant des cadeaux devant une caméra, au Texas, à continuer à être le youtubeur le mieux payé du monde[48]… Quoi qu'il en soit, il ne faut pas

confondre les répercussions économiques, sociales et psychologiques du numérique avec sa fonction écologique. Bien qu'il stimule l'éclosion de formidables initiatives destinées à protéger le climat et la biodiversité, le réseau n'a pas été pensé pour « sauver » la planète, et tout discours liant la résilience de la vie sur Terre à la performance des outils digitaux relève selon nous de la mystification, de la fable. D'ailleurs, avons-nous entendu dans la bouche d'un expert des technologies numériques, « les TIC [technologies de l'information et de la communication] ont réellement rendu le monde meilleur, mais, en termes d'impact environnemental, c'est la pire chose qui pouvait advenir ».

VERS UN « *CONNECTEDGATE* » ?

S'il est une technologie dont la 5G va favoriser l'adoption à grande échelle, c'est bien la voiture connectée, laquelle échange d'importants volumes de données avec son environnement. Un véhicule intégrant de nos jours un simple système de navigation GPS *(global positioning sytem)* est déjà « connecté ». Or, ce n'est qu'un début, puisque les systèmes d'aide à la conduite se multiplient. Émission d'un signal en cas de risque de collision, système de freinage d'urgence, correcteur électronique de trajectoire, surveillance d'angle mort… sécurité routière oblige, plus de 500 millions de voitures connectées devraient circuler dans le monde en 2025[49]. Les questions environnementales plaident également en faveur de cette révolution numérique, puisque les GPS intégrés permettent de proposer des trajets raccourcis, donc moins polluants. Autre avancée : l'« éconavigation » permise par les systèmes électroniques, qui aboutirait à une baisse de 5 à 20 % des émissions de CO_2 d'un véhicule[50].

Mais il faut en plus que les informations soient captées par une myriade de caméras, radars et autres sonars. Une voiture connectée peut en effet concentrer jusqu'à 150 calculateurs[51] et produire, au bas mot, 25 gigaoctets de données par heure. Son ordinateur embarqué requiert dès lors le pouvoir de calcul d'une vingtaine d'ordinateurs personnels ! Et les programmes informatiques qu'il exécute totalisent, quant à eux, 100 millions de lignes de codes[52]. Le nombre de

lignes de codes ne permet pas, à lui seul, de rendre compte de la complexité d'un programme informatique. Notons tout de même, à titre de comparaison, qu'une navette spatiale nécessite 400 000 lignes de codes, le télescope Hubble, 2 millions, un drone militaire, 3, 5 millions, un Boeing 787, 14 millions (voir l'annexe 8). Autrement dit, les programmes informatiques d'une voiture connectée sont aussi obèses que ceux de 250 navettes spatiales réunies, ou bien 50 télescopes Hubble ou encore 7 Boeings 787 ! En 2030, prédit le cabinet de conseil américain McKinsey & Company, une voiture autonome fonctionnera grâce à… 300 millions de lignes de codes[53].

Le stade ultime de la voiture connectée est le véhicule autonome, même si rien ne dit pour le moment que ces modèles rouleront un jour par millions. « Tout le monde se rend compte que c'est plus compliqué que prévu. Même Google et Uber n'arrêtent pas de reporter [le déploiement de ces véhicules] », confie Mathieu Saujot, chercheur de l'IDDRI[54]. Mais si elles devaient devenir réalité, les voitures autonomes produiraient, compte tenu de leurs lidars[55] et caméras produisant des images en ultra-haute définition, jusqu'à un gigaoctet de données par seconde. Selon un grand patron du numérique, « un million de voitures autonomes représentent donc autant de données que toute la population mondiale connectée sur le Web[56] ». Avec quoi ces véhicules communiqueront-ils ? Des panneaux de signalisation, des routes connectées et d'autres véhicules autonomes raccordés à des *edge datacenters* (*datacenters* de proximité) offrant la « latence » la plus faible possible. Paradoxe : plus la voiture sera « autonome », plus elle sera dépendante des infrastructures qui l'entourent… Bref, il n'y a pas moins autonome qu'un véhicule autonome ! « Il y a un impensé dans les innovations, c'est le contexte matériel dans lequel elles vont s'inscrire », analyse d'ailleurs Mathieu Saujot[57].

Certains observateurs se veulent néanmoins rassurants : seules des bribes des *data* produites transiteront hors du véhicule pour communiquer avec son environnement[58]. D'autres ajoutent que la voiture autonome ayant d'abord vocation à être partagée, cela pourrait limiter les véhicules en circulation (ce qui est tout à fait discutable)[59]. Une chose est certaine : elle va consommer beaucoup plus d'électricité – jusque 1 500 watts supplémentaires pour un véhicule

autonome[60]. Comment cela affectera-t-il l'autonomie d'une voiture électrique ? Faudra-t-il augmenter le volume de sa batterie ou alors privilégier des motorisations hybrides pour compenser le surplus de consommation[61] ? Les données produites par un véhicule autonome vont par ailleurs conduire au rejet de CO_2 par les infrastructures chargées de transporter, stocker et traiter les *data* qui serviront à mieux connaître nos habitudes de consommation, proposer des produits d'assurances auto adaptés (dits *« Pay how you drive »*, « conduisez mieux, payez moins ») et des publicités ciblées. Aussi chaque kilomètre parcouru par un véhicule autonome pourrait-il conduire, indirectement, à une hausse de plus de 20 % des émissions moyennes d'un véhicule[62]… alors même que des normes toujours plus strictes d'émissions se multiplient à travers le monde !

Or, sur qui pèsera cette comptabilité ? « Les constructeurs ont intérêt à transférer cette pollution sur le dos de gestionnaires informatiques externalisés. Quant aux conducteurs, ils ne verront jamais le coût énergétique additionnel inscrit sur leur facture », affirme un ingénieur du secteur automobile[63]. Difficile de quantifier cette pollution. « Les constructeurs sont sensibles aux enjeux écologiques, mais leur priorité est d'abord de savoir s'ils vont survivre dans ce monde de disruptions technologiques, explique Mathieu Saujot. Il est donc, pour eux, trop tôt pour penser aux analyses de cycles de vie[64]. » Les constructeurs peuvent également plaider l'ignorance et la bonne foi : après tout, ce n'est pas leur métier d'édifier et gérer les infrastructures digitales… Mais soyons clairs : en ne faisant pas assumer par le conducteur une pollution numérique pourtant directement liée à l'utilisation d'une voiture connecté ou autonome, les constructeurs s'apprêtent – comme pour la voiture électrique – à déplacer une fois de plus une partie des impacts écologiques de ces véhicules depuis les routes vers les zones où s'entassent les *datacenters* et les centrales qui les alimentent. Les impacts seront donc endossés par les entreprises du numérique (GAFAM, hébergeurs, fabricants d'interfaces…), nous confortant dans l'illusion que nos habitudes de conduite sont toujours plus vertes et responsables. Une question pernicieuse est dès lors permise : sommes-nous déjà en train de sécréter les germes d'un prochain « *connectedgate* », le jour où les retombées

environnementales de ces nouveaux modes de transports devront être assumées par les automobilistes ?

16 777 216 TEINTES DE BLEU

Le véhicule autonome s'apparentera à un salon ambulant, un lieu de distraction où, à défaut de tenir le volant, nous consommerons… toujours davantage de services numériques sur les réseaux sociaux, Google ou Netflix. L'automobile devient dès lors, pour les principaux acteurs de l'économie digitale, un nouveau front de stratégie de conquête de notre attention – et donc d'expansion de l'univers numérique. À l'appui de leurs ambitions, ils ont élaboré, dès le tournant du millénaire, le « design de l'attention » ou bien la « captologie » : des techniques dont l'objectif est de rendre les consommateurs de plus en plus dépendants des outils connectés. L'un des premiers auteurs à révéler cette science nouvelle au grand public fut le consultant américain Nir Eyal, dans un bestseller intitulé *Hooked. Comment créer un produit ou un service qui ancre des habitudes*[65]. L'ouvrage décrypte la « matrice des manipulations » perfectionnée par les développeurs aux fins de nous faire consulter notre téléphone pas moins de 150 fois par jour : des « déclencheurs » (des stimuli sensoriels ou des émotions négatives qui encouragent l'utilisateur à se connecter) engendrent « l'action » de surfer sur un site Web, dans l'attente d'une « récompense » (reconnaissance sociale, enrichissement, satisfaction de l'ego). Celle-ci va inciter l'utilisateur à davantage d'« investissement » dans le produit numérique afin d'en tirer un meilleur bénéfice (recommandations personnalisées, contenus mieux ciblés). Pourtant, Nir Eyal ne dit mot d'une couleur qui a œuvré à rendre la captologie plus redoutable encore : le bleu.

Steve Ballmer est confiant, ce 28 mai 2009, au moment d'annoncer le lancement du moteur de recherche Bing, élaboré par la société qu'il préside : Microsoft. Il faut dire que le patron est armé d'une information indicatrice de la performance à venir de Bing, une donnée qui vaut 80 millions de dollars… Cela fait des mois que les ingénieurs de Microsoft, emmenés par Paul Ray,

responsable des expériences utilisateurs de Bing, se demandent dans quelle couleur afficher les résultats des requêtes effectuées par les futurs utilisateurs. Le bleu, couleur traditionnelle des hyperliens[66], a leur faveur… Mais quel bleu ? Paul Ray veut trouver le meilleur des bleus, celui qui renforcera, espère-t-il, la « fidélité » des internautes à Bing et le nombre de clics. En clair, Paul Ray pense qu'il existe une couleur parfaite qui accroîtra l'emprise de l'une des multinationales les plus puissantes au monde sur l'inconscient de millions d'individus. Or la tâche est colossale, puisque le bleu se décline en… 16 777 216 nuances. C'est donc un procédé informatique – le A/B testing – qui va se charger d'évaluer l'attrait de différentes teintes auprès de panels de consommateurs[67]. Les tests permettent bientôt d'identifier un bleu sombre entraînant un taux d'engagement particulièrement satisfaisant… À en croire les premières estimations, assure Paul Ray, il pourrait même générer 80 à 100 millions de dollars de profits annuels supplémentaires[68] : il s'agit du bleu Hex #0044cc.

Génie de marketing ou simple coup de pub orchestré par Microsoft pour faire parler de sa nouvelle application Web ? Les jugements divergent… Toujours est-il que d'autres entreprises de la Silicon Valley devaient également, à la même époque, se lancer dans la quête du bleu parfait. Pour sa messagerie Gmail, la firme Google sélectionna une teinte très similaire à celle de Bing et évalua ses revenus additionnels à 200 millions de dollars par an[69]… et cela toujours grâce au A/B testing ! Bref, il n'est peut-être pas exagéré d'affirmer que vous et moi sommes encore plus vulnérables aux camaïeux que le sont les Français de Patrick Süskind à la fragrance de l'amour, et qu'une nouvelle génération de Jean-Baptiste Grenouille a désormais pris le commandement de nos émotions : les ordinateurs[70]. Mais tous ces efforts pèsent peu face à l'incommensurable pouvoir d'une autre couleur qui a envahi les écrans : le rouge.

LA MÉCANIQUE DU ROUGE

Depuis les années 1970, les scientifiques savent que le rouge génère de l'excitation chez les individus qui y sont exposés. « C'est la couleur primaire qui capte le plus le regard de l'humain car c'est celle que l'on retrouve le moins dans la nature », explique un ingénieur en sciences de l'information[71]. C'est également une couleur traditionnellement associée aux feux de signalisation et à une variété de signaux requérant notre attention. Nous serions donc socialement conditionnés à être réactifs à cette teinte[72]… Dès 1997, un manuel spécialisé conseillait aux développeurs de concevoir les alertes en rouge et plus précisément un « rouge à saturation élevée », car le contraste avec les couleurs de fond semble « générer une réponse plus rapide [des utilisateurs] que le jaune ou le jaune orangé[73] ». Cette affirmation fut plus tard confirmée par une étude qui constata qu'un bouton rouge mis à l'écran accroissait le taux d'engagement des utilisateurs de 21 % par rapport à un bouton vert[74]. Pure coïncidence ? Les entreprises Apple (en 2000), BlackBerry (2006) et WhatsApp (2009) firent bientôt le choix du rouge pour signaler, par exemple, l'arrivée d'un nouveau message sur leurs écrans. Facebook opta pour un choix similaire en 2010[75], suivi en 2016 par Instagram et Netflix, qui modifièrent leur logo en conséquence. « C'est une couleur tellement violente qu'on s'en sert partout pour attirer l'attention », explique d'ailleurs, sous le sceau de l'anonymat, un employé de Netflix.

La mécanique du rouge est précisément celle analysée par Nir Eyal : ce stimulus visuel œuvre comme un déclencheur, induisant l'action d'ouvrir l'application en vue de l'obtention d'une récompense. Ces manœuvres génèrent en nous la production de dopamine, une substance chimique également appelée « molécule du plaisir » car elle nous pousse à reproduire sans cesse les mêmes gestes dans l'espoir d'une satisfaction toujours renouvelée. Cette boucle de rétroaction est parfaitement connue des scientifiques, et pour cause : dans les laboratoires, des armadas de chercheurs observent depuis des années des comportements similaires chez les souris avant de proposer aux entreprises d'y soumettre des milliards d'humains auxquels elles pourront soutirer plus d'attention, donc davantage d'argent. Et ce n'est pas près de changer puisque les programmeurs « travaillent très dur pour que vous continuiez à agir exactement

de la sorte », explique un neurobiologiste[76]. Bref, quantité de curés ont beau présenter *Sapiens* comme une créature modelée à l'image de Dieu, nous n'agissons guère plus intelligemment que des rongeurs.

Quelles seront les couleurs du futur ? Tout le monde a son avis. Certains pensent que le blanc aura la faveur des développeurs en quête d'interfaces épurées, ou bien le vert, signature de l'écologie. À moins qu'il ne s'agisse du violet, de plus en plus à la mode ? Une chose est certaine : les teintes demeureront, pour longtemps encore, les maillons d'un plus vaste éventail de stimuli (sonneries, vibrations, jingles…) chargés de capter insidieusement notre attention. « Les applications des réseaux sociaux piratent nos cerveaux, et nous leur donnons l'autorisation de le faire », convient un expert du « numérique responsable »[77]. À la clé, plus de temps passé sur nos écrans, davantage de données produites… et donc d'énergie consommée. Songez en effet que les vidéos en haute définition seront bientôt dépassées par la résolution (nombre de pixels) 4K, et même la 8K, qui « utilise 32 fois plus de données que la haute définition », rappelle une étude[78]. Autre chiffre sidérant avancé par un chercheur dans le magazine *The Conversation* : « Une hausse de 10 % de la vidéo en 4K en 2030 produirait à elle seule une hausse de 10 % de la consommation électrique globale du numérique[79]. » La pollution intellectuelle et sociale générée par les techniques de la captologie engendre donc une pollution environnementale, décrypte la directrice générale de Digital For the Planet : « Ces trois formes de pollution sont interdépendantes et l'on ne peut donc pas s'attaquer à l'une sans traiter les autres[80] ».

Que faire pour résister à ces stratégies ? Il faut d'abord dénoncer, comme le fait l'ancien ingénieur de Google Tristan Harris, les techniques de manipulation développées par des grandes entreprises de la « tech ». Puis nous devons agir. De nombreuses solutions visant à reprendre le contrôle de nos existences peuvent être trouvées : désactivation des notifications, suppression des applications les plus addictives (Facebook, Snapchat, TikTok, Instagram), prise de distance avec les réseaux sociaux dont les algorithmes encouragent l'indignation des utilisateurs (et créent du trafic sur l'application), bannissement du téléphone de sa chambre ou encore déconnexion une journée par semaine[81]. Des associations

proposent des adresses de restaurants et bars où l'usage des smartphones est interdit. Et, à Taïwan, tout parent surpris en train d'exposer un enfant de moins de 2 ans à un écran écope d'une amende de 1 500 euros. C'est simple, « les Taïwanais considèrent que c'est une maltraitance », souligne un neuroscientifique[82]. Au sein de l'association les Designers éthiques[83], des chercheurs et des concepteurs Web offrent également de « dégraisser » les sites les plus gourmands en bande passante au profit de pages Web sobres et épurées. Un bon exemple de cette philosophie est le site Wikipédia, débarrassé de tout contenu vidéo réputé énergivore : l'ensemble du site, les millions d'articles qu'il contient, ne pèsent que quelques dizaines de gigaoctets, soit une petite part de la mémoire d'un ordinateur portable ! Adopter la philosophie « *ethics by design* » des Designers éthiques impliquerait également de proposer moins d'« événementiel » (publicités, vidéos…) sur les sites, de faire moins de recommandations de contenu ou encore de bloquer la fonction « *Like* », qui capte de l'attention et du trafic[84].

En fait de couleur, certains prônent même le retour aux écrans en noir et blanc. En 2017, un collectif s'est d'ailleurs formé autour de Rehman Ata, un étudiant à l'université Ryerson (Toronto) et initiateur d'un site Web judicieusement intitulé *Go gray*[85]. La vie numérique en échelles de gris déjouerait certains effets pervers du design addictif, et permettrait de réintroduire la notion de choix dans nos gestes quotidiens[86] – et peut-être de reconquérir sur les GAFAM des bribes de l'immense emprise qu'ils ont acquise sur nos existences en saturant nos rétines de bleu et de rouge. Apple ne s'est pas fait prier et propose d'ailleurs, depuis 2014, une fonctionnalité permettant de faire basculer les écrans des iPhones en mode noir et blanc[87]. Serait-ce une manière de court-circuiter le peu d'entrain des réseaux sociaux à modifier leurs pratiques ? Même si un nombre croissant – mais difficilement évaluable – d'utilisateurs faisait le choix des échelles de gris, cette écologie des petits gestes ne suffira pas à renverser la tendance. « Les développeurs vont faire en sorte que ce type de scénario ne se produise pas, confirme le co-président des Designers éthiques. Ils n'aiment pas ce genre de fonctionnalités qui met leur travail par terre en deux secondes[88]. »

L’expansion de l’univers numérique, c’est donc la connexion de tout et de tous, tout le temps et en tous lieux. En poussant, au-delà de tout questionnement éthique, les individus à passer davantage de temps sur Internet, en enrichissant la bande passante et la qualité des images, puis en faisant interagir des milliards d’internautes avec des machines connectées[89], les gourous du numérique œuvrent à l’éclosion de l’Internet de tout prédit par Steve Case et Kevin Kelly. Mais ils vont plus loin encore… « Contrairement à la 4G, la 5G va changer notre nature : ce n’est rien de moins que la colonisation de l’homme par la machine », avertit un universitaire[90]. Car l’humanité prépare l’avènement d’un Internet largement robotisé qui commence déjà à se passer de l’intervention humaine.

Avec quels impacts sur la planète ?

1. Steve Case, *The Third Wave. An Entrepreneur’s Vision of the Future*, Simon & Schuster, 2017.

2. Pour une définition pédagogique de l’« Internet de tout » et de son potentiel économique, consulter cette vidéo de l’entreprise américaine Cisco sur : youtube.com/watch?v=ALL6MuFWs1A (août 2014).

3. Kevin Kelly, *The Inevitable: Understanding the 12 Technological Forces That Will Shape Our Future*, Viking, 2016.

4. *Ibid.*

5. RFID signifie *radio frequency identification*. Il s’agit d’une technologie permettant à un capteur d’identifier un objet par radiofréquence. Ainsi, deux objets communiquent l’un avec l’autre et s’échangent des informations.

6. Byung-Chul Han, *Dans la nuée. Réflexions sur le numérique*, Actes Sud, 2015. Titre original : *Im Schwarm. Ansichten des Digitalen*, MSB Matthes & Seitz Berlin, 2013.

7. Entretien avec Fredrik Kallioniemi, directeur commercial chez l’hébergeur Hydro66, 2020.

8. « Nataliya Kosmyna, à la recherche d’une intelligence artificielle éthique », *Le Monde*, 29 septembre 2020. D’autres parlent de « Web symbiotique », à l’instar du scientifique Joël de Rosnay. De cet auteur, lire « Vers la fusion homme-machine. Un Web en symbiose avec notre cerveau et notre corps », *in Sociétés*, n° 129, 2015/3.

9. « Cisco Edge-to-Enterprise IoT Analytics for Electric Utilities Solution Overview », Cisco, 1er février 2018.

10. « What is 5G? Your questions answered », CNN, 6 mars 2020.

11. Entretien avec Martin Péronnet, directeur général de Monaco Telecom, 2020.

12. « South Korea reaches almost 13 million 5G subscribers in January », RCR Wireless News, 1er mars 2021.

13. Entretien avec Cho Mu-hyun, journaliste, 2020.

14. Intervention de Stéphen Kerckhove, délégué général d'Agir pour l'Environnement, conférence « La 5G : avancée technologique, recul écologique ? », La Recyclerie, Paris, 9 mars 2020.

15. « 5G, une feuille de route ambitieuse pour la France », rapport de l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (ARCEP), 16 juillet 2018.

16. Entretien avec Jean-Pierre Raskin, chercheur et professeur à l'École polytechnique de Louvain (Belgique), Institute of Information and Communication Technologies, Electronics and Applied Mathematics (ICTEAM), 2020.

17. « China's telecoms carriers push to complete "political task" of 5G network roll-out amid coronavirus crisis », *South China Morning Post*, 5 mars 2020.

18. « Merkel fordert mehr Tempo beim digitalen Wandel », *Süddeutsche Zeitung*, 1er décembre 2020.

19. « Le retard numérique allemand affole Angela Merkel », *L'Obs*, 31 janvier 2017.

20. Entretien avec John Booth, consultant chez Green IT Amsterdam, 2020.

21. « Gallium: China tightens grip on wonder metal as Huawei works on promising applications beyond 5G », *South China Morning Post*, 20 juillet 2019.

22. Cette information nous a été transmise par Christopher Ecclestone, stratège minier à Hallgarten & Company, Londres, lors d'un entretien réalisé en 2020.

23. Entretien avec Pierre-Marie Théveniaud, président de l'association française Robin des Toits, 2020.

24. « The road to 5G is paved with fiber », *Inside Towers*, 12 octobre 2018.

25. « 5G's rollout speeds along faster than expected, even with the coronavirus pandemic raging », CNET, 30 novembre 2020.

26. « Canalys: 278 million 5G smartphones to be sold in 2020 », GSM Arena, 10 septembre 2020.

27. Intervention de Michèle Rivasi, députée européenne Europe Écologie les Verts, à la conférence « La 5G : avancée technologique, recul écologique ? », La Recyclerie, Paris, 9 mars 2020.

28. Ces craintes rejoignent ce que les médecins appellent l'« effet nocebo », caractéristique de nos sociétés modernes et hostiles au risque. À l'inverse de l'effet placebo, l'effet nocebo est la conviction d'être affecté par la prise d'une substance inerte, mais présentée comme un médicament actif.

29. William Stanley Jevons, *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines*, Nabu Press, 2010 (1re éd. Macmillan and Co, 1865). « Il est totalement irrationnel de supposer qu'utiliser moins de fioul équivaut à une diminution de la consommation, écrit l'auteur. L'exact opposé constitue la vérité. »

30. « Fuel Consumption of Cars and Vans », International Energy Agency (IEA), juin 2020.

31. Voir les statistiques de vente sur le site de l'International Organization of Motor Vehicle Manufacturers : oica.net/category/sales-statistics/

32. Et puis « réduire la consommation des voitures n'a pas permis d'utiliser moins d'essence, elle a juste permis aux automobilistes de faire plus de kilomètres », ajoute une spécialiste dans « Numérique : le grand gâchis énergétique », *CNRS le journal*, 16 mai 2018.

33. « CO_2 emissions from commercial aviation: 2013, 2018, and 2019 », International Council on Clean Transportation (ICCT), 8 octobre 2020.

34. European Parliament's, « CO_2 emissions from aviation », European Parliament's starting position, Briefing EU Legislation in Progress, 23 janvier 2018.

35. En anglais, on parle de LED, pour *light-emitting diode*.

36. Christopher C. M. Kyba *et al*., « Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent », *Science Advances*, 22 novembre 2017.

37. « It's not your imagination: Phone battery life is getting worse », *The Washinton Post*, 1er novembre 2018.

38. « 5G consumer potential – Busting the myths around the value of 5G for consumers », An Ericsson Consumer & IndustryLab Insight Report, mai 2019.

39. « Pourquoi la 5G est une mauvaise nouvelle pour l'environnement », 01net, 26 janvier 2020.

40. Consulter cette publicité du groupe Orange vantant les mérites de la 5G : youtu.be/ZPt4pwy7Vn0

41. Entretien avec Jean-Pierre Raskin, 2020.

42. Entretien avec Frédéric Bordage, fondateur de GreenIT.fr, 2018.

43. Entretien avec Sébastien Crozier, président de la CFE-CGC Orange, 2020.

44. *Ibid.*

45. Entretiens avec Françoise Berthoud, ingénieure de recherche en informatique au CNRS, 2019 et 2020.

46. Christopher L. Magee *et al*., « A simple extension of dematerialization theory: Incorporation oftechnical progress and the rebound effect », *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 117, avril 2017. Mêmes conclusions dans une étude portant sur la dématérialisation supposée de 99 économies mondiales : « Les résultats démontrent qu'aucun pays ne présente une dématérialisation de ses activités économiques ». Lire Federico M. Pulselli *et al.*, « The world economy in a cube: A more rational structural representation of sustainability », *Global Environmental Change*, vol. 35, novembre 2015.

47. Lire la préface d'Isabelle Autissier dans l'ouvrage *Sobriété numérique. Les clés pour agir*, de Frédéric Bordage, Buchet-Chastel, 2019.

48. Plus de 12 milliards de vues en 2020 et 29,5 millions de dollars de revenus.

49. « Driving transformation in the automotive and road transport ecosystem with 5G », *Ericsson Technology Review* n° 13, 13 septembre 2019.

50. Zia Wadud *et al*., « Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles », *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 86, avril 2016. Certains avancent même que la baisse consécutive du nombre d'accidents pourrait conduire à construire des véhicules plus légers – donc moins polluants puisque moins sujets à des risques de collision. Lire « Connected cars could be big energy savers, or not », *Politico*, 20 octobre 2016.

51. Les calculateurs permettent de commander le fonctionnement des divers composants du véhicule (moteur, boîte de vitesse, système de freinage). Voir « Number of automotive ECUs continues to rise », eeNews Europe Automotive, 15 mai 2019.

52. « The race for cybersecurity: Protecting the connected car in the era of new regulation », McKinsey & Company, 10 octobre 2019.

53. *Ibid.*

54. Entretien avec Mathieu Saujot, chercheur senior, « modes de vie en transition », Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI), Paris, 2020. Même Carlos Tavares, le patron du groupe Stellantis (PSA-Fiat-Chrysler), annonça l'abandon des recherches en ce domaine, plaidant

que « compte tenu du coût additionnel de la technologie, le coût de la voiture devient tel que celui qui peut se la payer n'est de toute façon pas derrière le volant, mais plutôt sur la banquette arrière… ». Lire l'article « Premiers coups de frein sur la voiture autonome », *Les Échos*, 26 mars 2019.

55. Un lidar (« ligh detection and ranging ») est un outil numérique qui, grâce à ses lasers, scanne à 360° et en trois dimensions l'intégralité de l'environnement du véhicule autonome. Un lidar peut contenir jusqu'à 64 lasers et collecte un million de points de mesure chaque seconde. Lire l'article « Voiture autonome : un déluge de données à interpréter », Data Analytics Post, 17 mai 2018.

56. « La donnée : nouvel or noir de la voiture de demain », *La Tribune*, 22 mars 2018. Lire également l'ouvrage de Laurent Castaignède, *Airvore ou la face obscure des transports*, Écosociété, 2018.

57. Entretien avec Mathieu Saujot, 2020.

58. « Do driverless cars really need edge computing ? », *Data Center Knowledge*, 12 juillet 2019.

59. Nikolas Thomopoulos et Moshe Givoni, « The autonomous car–a blessing or a curse for the future of low carbon mobility? An exploration of likely vs. desirable outcomes », *European Journal of Futures Research*, vol. 3, n° 1, décembre 2015. Selon Thomopoulos et Givoni, il existe un risque que « la voiture autonome conduise à la renaissance de la voiture à usage privé […] et ce au détriment des transports publics et non motorisés ».

60. « Not all of our self-driving cars will be electrically powered – here's why », The Verge, 12 décembre 2017.

61. « Another big challenge for autonomous car engineers: Energy efficiency », *Automotive News*, 11 octobre 2017.

62. Mathieu Saujot, Laura Brimont, Oliver Sartor, « Mettons la mobilité autonome sur la voie du développement durable », IDDRI, juin 2018. Les chercheurs évoquent le rejet de 26 grammes de CO_2 additionnels par kilomètre, alors qu'un véhicule émet actuellement, en Europe, une moyenne de 122,4 grammes de CO_2 par kilomètre.

63. Entretien avec Laurent Castaignède, auteur de l'ouvrage *Airvore ou la face obscure des transports*, *op. cit.*

64. Entretien avec Mathieu Saujot, 2020.

65. Nir Eyal, *Hooked. Comment créer un produit ou un service qui ancre des habitudes*, Eyrolles, 2018. Titre original : *Hooked: How to Build Habit-Forming Products*, Portfolio Penguin, 2014.

66. Le bleu, couleur la plus sombre après le noir, favorise la lisibilité des contenus sur les écrans.

67. Regarder la conférence donnée par Paul Ray le 8 décembre 2009, « Designing Bing: Heart and Science » : channel9.msdn.com/events/MIX/MIX10/CL06

68. *Ibid.*

69. « Why Google has 200m reasons to put engineers over designers », *The Guardian*, 5 février 2014. Les groupes Google et Bing n'ont pas donné suite à nos sollicitations d'entretien.

70. Patrick Süskind, *Le Parfum*, Le Livre de Poche, 2006, 1re édition Fayard, 1986.

71. Entretien avec Karl Pineau, co-président des Designers éthiques, 2020.

72. « Why Apple's notification bubbles are so stressful », OneZero, 27 février 2019.

73. Martin G. Helander, Thomas K. Landauer, Prasad V. Prabhu, *Handbook of Human-Computer Interaction*, Elsevier Science, 1997.

74. « The button color A/B test: Red beats green », Hubspot, 2 août 2011.

75. Introducing your new navigation, Facebook, 5 février 2010.

76. « Dopamine, smartphones & you: A battle for your time », *Science in the News*, Harvard Graduate School of the Arts and Sciences, 1er mai 2018.

77. Entretien avec Sören Enholm, PDG de l'entreprise suédoise TCO (Total Cost of Ownership), 2020.

78. Mireille Campana et *al.*, « Réduire la consommation énergétique du numérique », ministère de l'Économie et des Finances, France, rapport pour le Conseil général de l'économie, décembre 2019.

79. « L'inquiétante trajectoire de la consommation énergétique du numérique », The Conversation, 2 mars 2020.

80. Intervention d'Inès Leonarduzzi, directrice de Digital For the Planet lors de la conférence en ligne « Croissance numérique et protection de la planète, un oxymore ? » à l'Institut français de Munich le 20 novembre 2020.

81. Consulter l'onglet *Take Control* sur le site du Center for Humane Technology : humanetech.com/take-control

82. « Troubles de l'attention, du sommeil, du langage… "La multiplication des écrans engendre une décérébration à grande échelle" », *Le Monde*, 21 octobre 2019.

83. designersethiques.org

84. Consulter *Le Guide d'éco-conception de services numériques* mis en ligne par les Designers éthiques : eco-conception.designersethiques.org/guide/

85. gogray.today

86. « Is the answer to phone addiction a worse phone ? », *The New York Times*, 12 janvier 2018.

87. L'utilisateur doit se rendre dans « Réglages », puis « Accessibilité », puis « Raccourci accessibilité » puis « Filtres de couleur ». Il faudra ensuite cliquer trois fois sur le bouton principal de l'appareil pour que l'écran se mette en mode *Grayscale*. Cette fonctionnalité est également disponible dans la catégorie *Bien-être numérique* des versions actuelles d'Android.

88. Entretien avec Karl Pineau, 2020.

89. Consulter l'intervention de Mike Hazas, professeur à l'université de Lancaster (Royaume-Uni), lors de la conférence « Drowning in data – digital pollution, green IT, and sustainable access », EuroDIG, Tallinn (Estonie), 7 juin 2017.

90. Entretien avec Jean-Pierre Raskin, 2020.

8.

Quand les robots pollueront davantage que les humains

Robots collaboratifs, voitures autonomes, appareils communicants, habitations intelligentes, infrastructures connectées, *supply chains* (gestion de la chaîne logistique) digitales, clones numériques… la 5G signe l'affranchissement progressif de milliards d'objets et autres machines appelés à cohabiter avec, mais aussi indépendamment des humains. Après tout, c'est le sens de l'histoire : au début du XXe siècle, les hommes parlaient à d'autres hommes ; puis ils se mirent à parler aux machines ; lesquelles le ur parlèrent en retour. Avec la 5G, un nombre croissant de machines peuvent parler entre elles, sans que nous ayons le moindre besoin d'intervenir. Certes, ces dernières sont mises au service de *Sapiens*… Mais Internet modèle un monde où l'activité humaine *stricto sensu* n'est plus la seule à animer l'univers numérique. « Les ordinateurs et objets communiquent entre eux sans intervention humaine. La production de données n'est plus cantonnée à une action de notre part », confirme Mike Hazas, professeur à l'université de Lancaster[1]. Ce phénomène génère bien entendu un impact environnemental… sans que nous soyons capables de le calculer, voire même de le contrôler. Une question dérangeante se pose dès lors : en fait d'activité numérique, les robots[2] pourraient-ils laisser un jour une trace écologique plus profonde encore que celle des hommes ?

LES ROBOTS : UNE ACTIVITÉ NUMÉRIQUE EXPONENTIELLE

La question est des plus sérieuses, quand on sait que nos actions représenteraient moins de 60 % de l'activité globale mesurée sur Internet, le reste étant « une attention factice, produite par des robots ou par des humains dont c'est le métier », relève l'auteur d'un ouvrage consacré à l'économie de l'attention[3]. Internet est en effet un champ de bataille où des « trolls », « botnets » et autres « spambots » – souvent automatisés – sont engagés pour envoyer des courriers indésirables, amplifier des rumeurs sur les réseaux sociaux ou exagérer la popularité de certaines vidéos. En 2018, YouTube a même dû déployer des outils qui détectent les vues de vidéos considérées comme « frauduleuses[4] ». L'Internet des objets accélère bien entendu cette activité non humaine : en 2023, les connexions entre machines (on parle aussi de M2M pour *machine to machine*), tirées en particulier par les maisons connectées et les voitures intelligentes, devraient totaliser la moitié des connexions sur le Web[5]. Quant aux données, le non-humain s'est déjà mis à en produire davantage que l'humain, et ce depuis l'année 2012[6]…

Ce n'est qu'un début puisqu'aux robots répondent dorénavant… d'autres robots. Depuis 2014, des « réseaux antagonistes génératifs » permettent par exemple à des logiciels de produire de fausses vidéos qui remplacent un visage ou modifient les propos d'une personnalité (ou *deepfakes*). Or, à ces réseaux s'opposent des algorithmes chargés de les détruire… « Aucun humain n'a écrit les codes pour produire ces contenus et des machines tournent pour démasquer ces *deepfakes*… C'est un combat entre machines », résume Liam Newcombe, ingénieur britannique spécialiste d'Internet[7]. Autre exemple : pour contrer les spammeurs (eux-mêmes souvent des robots), une association néo-zélandaise a récemment créé Re:Scam, un logiciel qui engage une interminable conversation avec les arnaqueurs automatisés, afin de leur faire perdre un temps précieux[8]. Bref, « les dynamiques sous-jacentes à l'augmentation de la production de *data* sont en train de devenir moins liées à l'attention des individus et au temps de consommation de contenus », explique le professeur Mike Hazas. Les GAFAM

peuvent donc bien œuvrer à ce que toujours plus d'individus passent toujours plus de temps sur le Net… L'irruption des ordinateurs, algorithmes et autres objets communicants dans la vie du Web fait voler en éclats les limites physiologiques de l'activité humaine sur Internet. Nous basculons d'un réseau utilisé par et pour les hommes à un Internet exploité par, voire pour les machines. Et dans ce cas, conclut Mike Hazas, « le plafond [de la production de données] est sans limites[9] ».

Quels seront les impacts écologiques d'un monde dans lequel des essaims de véhicules autonomes marauderont, vides, à travers des cités endormies, et où des armadas de logiciels en découdront sur le Web, vingt-quatre heures par jour, tandis que nous vaquerons à nos loisirs ? Il nous paraît juste d'affirmer qu'ils seront colossaux – probablement plus considérables que l'ensemble de la pollution numérique d'origine humaine. Un indice : des chercheurs ont récemment calculé que le fait de nourrir une intelligence artificielle avec d'importants volumes de données pouvait générer autant d'émissions de CO_2 que cinq voitures durant tout leur cycle de vie[10]… Aussi, se concentrer sur les répercussions de nos comportements numériques risque de s'avérer vain et illusoire, tant la 5G change complètement la donne. Nous entrons dans une nouvelle dimension de la pollution numérique, un bouleversement de paradigme… Regardons le futur dans les yeux : nous ne vivons actuellement que les balbutiements de la révolution digitale, qui est une révolution robotique (on parle de « robolution ») accélérant une certaine hybridation homme-machine. Impossible de quantifier globalement la pollution robotique à venir. Mais nous avons enquêté sur un secteur de l'économie où l'irruption des algorithmes fait déjà sentir de puissantes répercussions environnementales : la finance.

STRATÉGIE D'OBSOLESCENCE HUMAINE PROGRAMMÉE

La date du lundi 23 mars 2020 n'évoque probablement rien à la plupart d'entre nous et pourtant, ce jour devait symboliser un changement d'ère : pour cause de coronavirus, le New York Stock Exchange – soit la plus grande Bourse

du monde – ouvrit ce matin-là sans aucun de ses opérateurs à la criée, habituellement attroupés sur le « plancher ». En attendant la fin de la pandémie, les cotations seraient donc entièrement automatisées – une première depuis l'ouverture de Wall Street, en 1792[11]. Cet épisode révèle la place croissante occupée par les algorithmes dans le système financier mondial. Le recours aux logiciels répond à un souci de simplicité, de baisse des coûts, et vise également à accélérer la passation des ordres de Bourse, comme l'explique la multiplication des robots *traders*, capables de réaliser des opérations de marché en une microseconde. « Le *trading* de haute fréquence, c'est un système de spéculation automatisé, *high-tech* et ultra-rapide », d'après la définition des auteurs d'un documentaire consacré à ce phénomène[12]. Signe de son succès, ce système avoisinerait 70 % des transactions mondiales et représenterait jusqu'à 40 % de la valeur des titres échangés. Il n'est pas étonnant, dans ce contexte, que les hommes aient déserté les Bourses où s'opèrent ces transactions haute fréquence, puisque leurs facultés ne peuvent plus rivaliser avec celles des machines qui dorénavant, concluent les documentaristes, « se font la guerre ».

Cette mutation des marchés financiers bouleverse toutes les grandes familles d'acteurs qui s'y rencontrent : des banques d'investissements aux fonds spéculatifs ou *hedge funds*. « Les algorithmes y ont été systématisés dès les années 1980. Et aujourd'hui, une large part des 10 000 *hedge funds* dans le monde ont recours à des techniques algorithmiques », détaille un stratégiste en macro-économie[13]. Soyons précis : « La vaste majorité des algorithmes demeure très simple, signale Juan Pablo Pardo-Guerra, professeur en sciences, technologie et économie. La plupart étudient le nombre de personnes susceptibles d'acheter ou de vendre une action, puis tentent de prédire des profits de court terme, de l'ordre de la minute[14] ». L'employé d'une maison de courtage confirme : « C'est très basique. L'objectif des machines est de gagner par rapport à des séries statistiques et, dans 80 % des cas, ça ne va pas plus loin que cela[15] ». Mais dans certains fonds plus sophistiqués, les outils informatiques s'avèrent, compte tenu de leur puissance, capables de réaliser des analyses beaucoup plus complexes, en lieu et place des hommes : on les appelle les fonds quantitatifs, ou *quant funds*.

Rares sont les observateurs qui pouvaient prédire l'avènement des *quant funds* dans les années 1970, décennie monopolisée par les *fundamental funds*, ces fonds dont les stratégies d'investissement reposaient sur l'intuition humaine et l'appréhension empirique des mécanismes économiques fondamentaux. À cette époque, « tout le monde essayait de comprendre les marchés, plutôt que de les modéliser », observe un ancien analyste à la banque HSBC[16]. Mais, en 1982, James Simons, ancien mathématicien à la National Security Agency (NSA), créa un fonds révolutionnaire : Renaissance Technologies. « Simons entendait automatiser l'analyse des signaux que scrutent les *hedge funds* traditionnels », relate l'analyste[17]. Concrètement, des lignes de code allaient injecter de grands volumes de données dans des modèles statistiques afin d'identifier les combinaisons permettant d'anticiper au mieux des mouvements de marché profitables. Aujourd'hui, de tels processus intègrent des informations extrafinancières toujours plus poussées (comme les images satellite suivant en temps réel l'activité d'une chaîne industrielle ou la fluidité d'un rouage logistique[18], voire les « sentiments » des marchés exprimés sur les réseaux sociaux)… Tout cela pour pouvoir acheter ou vendre avec un coup d'avance.

Révolution numérique aidant, les *quants* assimilaient une masse toujours plus faramineuse de variables et d'informations. Leur puissance de calcul dépassait à ce point toutes les capacités humaines existantes qu'ils commencèrent à générer, voici une dizaine d'années, en moyenne davantage de profits que les fonds traditionnels[19]. Au point que les *hedge funds* aujourd'hui réticents aux algorithmes risquent le déclassement pur et simple. L'une des multinationales qui a perfectionné cette stratégie d'analyse quantitative n'est autre que BlackRock, le plus grand gestionnaire d'actifs au monde. Depuis la fin des années 1990, l'entreprise réalise ses prédictions grâce à une plateforme informatique qui « combine des analyses de risque sophistiquées avec des outils complets de gestion de portefeuille, de négociation et d'opérations financières[20] » : Aladdin[21]. Aladdin gère environ 15 000 milliards de dollars d'actifs (soit 7 % des actifs mondiaux) et a poussé l'analyse quantitative à un niveau de raffinement et de puissance exceptionnel. La machine peut percevoir comme personne des corrélations gagnantes et proposer des stratégies détaillées

d'investissement en fonction de différents environnements de marché[22]. « Il vaut mieux pour BlackRock dépenser de l'argent dans une machine plutôt que dans le salaire d'analystes, qui sont chers et moins efficaces », justifie froidement Juan Pablo Pardo-Guerra[23].

L'univers de la finance s'avère donc de moins en moins peuplé d'humains s'affrontant pour réaliser les meilleurs profits[24], mais, soutient cet universitaire dans un ouvrage récent, un monde où « les individus jouent, au mieux, un rôle partiel[25] »… Forcément, BlackRock annonça en 2020 le licenciement de plusieurs dizaines de ses employés – dont des analystes financiers – devenus littéralement obsolètes face aux performances des algorithmes[26]. « Le fantasme absolu des *quants*, c'est même de ne presque plus avoir d'employés, qui tourneraient quelques boutons de temps en temps pour que tout fonctionne », juge même un ancien analyste[27]. On devine aisément la suite… « Une fois que toute cette infrastructure fonctionne, nul besoin d'une grande imagination pour se dire : "Peut-être que l'ordinateur pourrait en fait prendre lui-même la décision" [d'investissement] », avance Michael Kearns, professeur de théorie de l'informatique[28]. C'est justement le cas de fonds tels que Two Sigma et Renaissance Technologies, qui ont déjà poussé cette logique d'automation un cran plus loin avec des outils tellement puissants que le terme, certes un peu fourre-tout, d'« intelligence artificielle » (IA) leur est souvent associé.

UNE MULTINATIONALE EN QUÊTE D'INVESTISSEMENTS PASSIFS

Ainsi, à côté des fonds dits « actifs » (où les décisions d'investissement incombent encore majoritairement aux humains) se multiplie un nombre croissant de « fonds passifs », où les opérations de finance sont de plus en plus placées en pilotage automatique. Il s'agit souvent de fonds indiciels, qui suivent des indices boursiers (par exemple le S&P 500, basé sur les cinq cents plus grosses entreprises cotées sur les Bourses américaines) et investissent à long terme dans les entreprises qui s'y trouvent. Les coûts de fonctionnement sont de

la sorte abaissés, les marges plus élevées : on retrouve ici BlackRock, Vanguard, Renaissance Technologies ou encore Two Sigma. L'importance des fonds passifs est colossale puisque les investissements qu'ils réalisent dépassent aujourd'hui, aux États-Unis, ceux de la gestion active[29]. Les *quant funds* ne sont donc que la face émergée de l'iceberg : dans leur sillage, c'est l'ensemble de la finance qui devient, de plus en plus, une affaire de lignes de codes, d'algorithmes et d'ordinateurs.

C'est ici que la multinationale Encana entre en scène. Longtemps établie à Calgary, la plus grande ville de l'État d'Alberta, au Canada, elle est l'un des plus gros producteurs canadiens de gaz naturel. Les réserves d'hydrocarbures détenues par la firme sont même telles que celle-ci apparaît, depuis 2014, dans le Carbon Underground 200, soit le classement mondial des 200 sociétés dont le potentiel d'émissions de CO_2 est le plus élevé[30]. Figurer dans ce triste palmarès n'est jamais une bonne chose pour une société, les investisseurs soucieux de combattre le réchauffement climatique ayant tendance à se désengager de son capital. Cette situation pourrait-elle d'ailleurs expliquer – au moins en partie – la forte baisse du cours de l'action d'Encana en 2018 ? Difficile de répondre… Toujours est-il qu'à l'automne 2019, Doug Suttles, le patron du groupe, déclara le déménagement imminent du siège social de l'entreprise à Denver, aux États-Unis. La capitalisation des Bourses américaines étant bien supérieure à celle de leurs homologues canadiennes, justifiait Doug Suttles, Encana aurait ainsi accès à un plus vaste panel d'investisseurs. Mais pas n'importe lesquels : des fonds passifs. « Lorsque nous nous comparons à nos homologues américains, notre capital est détenu à 10 % par des fonds passifs […] tandis que le leur l'est à 30 %, martelait le patron. Vous pouvez imaginer à quel point [une augmentation des investissements passifs] pourrait être importante. Et vous savez également à quel point la hausse de la gestion passive est déterminante[31]. » Malgré quelques contestations internes, le déménagement d'Encana (rebaptisée par la même occasion Ovintiv) fut entériné par les actionnaires du groupe en 2020[32].

Mais une raison plus inavouable explique un tel transfert : peu importe le déplorable bilan environnemental d'Encana et la réticence des investisseurs se pinçant le nez devant le Carbon Underground 200… Tant que l'entreprise serait

cotée sur les indices américains suivis par les fonds passifs, elle pourrait lever plus facilement des capitaux et financer sa croissance. L'un des principaux pollueurs au monde faisait donc le choix de s'exposer un peu plus à la finance algorithmique, plus encline à soutenir des activités industrielles aggravant la crise climatique[33]… Que le lecteur nous permette d'insister : cela revient à dire que les fonds pilotés par des machines détruisent aujourd'hui davantage l'environnement que leurs homologues dirigés par les humains. L'affirmation est sidérante, or c'est la conclusion à laquelle parvint également Thomas O'Neill, un chercheur qui mena dès 2018 une étude intitulée « Qui possède le monde des combustibles fossiles[34] ? » pour l'organisation britannique Influence Map. En étudiant notamment les fonds passifs gérés par BlackRock, il a constaté que ces derniers avaient enregistré, en 2018, « une "intensité charbon" de plus de 650 tonnes par million de dollars, alors que ses fonds actifs […] font état d'une intensité bien moindre, de l'ordre de 300 tonnes par million de dollars ». Et d'après Thomas O'Neill, c'est même l'ensemble des fonds passifs dans le monde qui serait notoirement surexposé aux ressources fossiles, bien plus que les fonds actifs. En clair, l'alliance entre robots et industries réchauffant le climat est, à ce jour, systémique.

Pourquoi ? Car les fonds algorithmiques sont paramétrés pour chercher le profit avant tout, et non pour prévenir la fonte des glaces. Or, cela génère plusieurs lourdes conséquences. D'abord, l'accès facilité aux liquidités stimule la valorisation d'entreprises du secteur gazier, pétrolier et charbonnier. Cela leur permet même de gonfler artificiellement leur valorisation, quand bien même elles afficheraient des contre-performances économiques[35]. Par ailleurs, BlackRock, Vanguard et State Street détiennent le quart des actions des sociétés listées sur le S&P 500. Outre que ces fonds s'opposent peu volontiers à la stratégie menée par les sociétés dont ils sont actionnaires, leur poids complique les velléités d'actionnaires plus écoresponsables d'influer sur la politique du haut management. À l'évidence, la vague des fonds passifs accélère la crise climatique davantage qu'elle ne la résout, puisqu'elle « pompe des capitaux au profit des entreprises à forte intensité carbone », s'alarme le rapport du Sunrise Project[36].

Les fonds actifs, quant à eux, sont gérés par des individus qui seraient davantage capables d'arbitrer entre la recherche du profit et leurs convictions écologiques. Ensuite, parce que les investisseurs en chair et en os se montrent beaucoup plus flexibles que les fonds algorithmiques misant aveuglément sur un indice. Ils peuvent en effet s'adapter en permanence aux spécificités de chaque secteur et, si besoin, « rapidement s'en désengager », analyse une stratégiste du Sunrise Project[37]. Ces éléments expliquent le considérable écart enregistré chez BlackRock entre les performances écologiques des investissements « humains » et leurs pairs automatisés. Et pourtant, des solutions existent, puisque les fonds passifs pourraient en effet tout à fait proposer, par défaut, des investissements dans des valeurs décarbonées[38]. En fait, « c'est plutôt facile de modifier la trajectoire actuelle, constate la stratégiste du Sunrise Project. Cela pourrait être aussi simple que de changer une ligne de code[39] ».

Mais les gestionnaires des fonds passifs répondent qu'ils sont pieds et poings liés par les indices – et les algorithmes – chargés de les suivre. Ils opposent par ailleurs les engagements qui les lient à leurs clients, auxquels échoit, disent-ils, la responsabilité de leurs investissements. Bref, tandis que les gestionnaires et les épargnants éludent leur responsabilité, les ordinateurs s'affichent comme les plus constants soutiens des hydrocarbures. Avec l'intrusion des algorithmes, nous avons donc placé « les marchés sous pilotage automatique, sans que personne ne soit capable de tenir le volant et de nous entraîner dans une autre direction », décrypte le rapport du Sunrise Project[40]. En 2017, un fonds hongkongais, DKV (Deep Knowledge Ventures), a même annoncé la nomination d'un robot, baptisé Vital[41], à son conseil d'administration[42], au point que plus aucune décision ne sera prise sans avoir recueilli son analyse. Quant à la société américaine EquBot, elle s'attache dorénavant les services d'une « intelligence artificielle » qui surpasse « les faiblesses émotionnelles et psychologiques qui encombrent le raisonnement humain[43] », comme le déclare le fondateur de la société…

Ne soyons pas naïfs, ces annonces relèvent aussi de l'effet de manche ; elles révèlent néanmoins notre fascination pour la perfection algorithmique. Une super-intelligence ne prendra jamais le pouvoir sur la finance mondiale : des

coupe-circuits existent et les banques centrales sont devenues trop puissantes et interventionnistes pour être débordées par les machines. En revanche, notre progressive abdication face à la puissance des « algos » est indiscutable. Quant au refus de modifier les codes qui régissent les fonds passifs, il est lourd de sens… « Déléguer nos décisions à des algorithmes tend à nous déresponsabiliser », estime le professeur Juan Pablo Pardo-Guerra[44]. D'ailleurs, le fonds Two Sigma, qui a fait de sa prodigieuse infrastructure informatique la pierre angulaire de son succès, prévient que les erreurs logicielles susceptibles d'aboutir à de mauvaises décisions d'investissement « sont souvent entièrement en dehors du contrôle » du fonds[45] ! Si la responsabilité du créateur s'efface devant celle de sa créature, cela revient à déléguer *de facto* à cette dernière une partie de la lutte contre le réchauffement climatique – y compris la responsabilité d'un possible échec.

Un nouveau monde éclot alors : celui où le combat pour la survie de l'humanité pourrait se passer d'humanité… Certains poussent même cette doctrine encore plus loin et prédisent l'avènement d'une intelligence artificielle surpuissante soucieuse de l'environnement, capable de prendre à la place des hommes des décisions pour le bien de la planète : une « IA écoresponsable ».

UNE SUPER-INTELLIGENCE AU SERVICE DE LA PLANÈTE

En juillet 2014, la multinationale de l'informatique IBM lança Green Horizon, une initiative visant à permettre à la Chine, dont la population urbaine croît à une vitesse galopante, de réduire la pollution dans ses agglomérations. Au sein de ce projet, des chercheurs furent plus précisément chargés de « développer un système [informatique] qui [pouvait] prédire la gravité de la pollution soixante-douze heures à l'avance dans la ville de Pékin[46] ». L'outil apporta visiblement toute satisfaction à ses développeurs, puisqu'au cours des trois premiers trimestres de l'année 2015, fanfaronnait IBM, les autorités pékinoises parvinrent à abaisser de 20 % les émissions de particules fines[47] dans la capitale chinoise. Mieux, poursuit l'entreprise américaine : en plus de

pronostiquer le niveau de pollution, Green Horizon était même en mesure de « proposer des recommandations spécifiques sur la manière de réduire la pollution à des niveaux acceptables[48] », en suggérant par exemple de fermer certaines usines ou de restreindre le nombre de voitures autorisées à rouler. Nous étions donc en présence de l'un des tout premiers outils capables d'agencer une stratégie environnementale, même limitée dans le temps et l'espace, grâce au croisement d'un vaste volume de paramètres difficilement analysables par le seul cerveau humain. IBM n'y alla pas par quatre chemins : selon la firme, Green Horizon n'était rien de moins qu'une IA, une intelligence artificielle[49].

Ce terme fourre-tout et à la mode revêt une variété de définitions. Une IA « forte » serait une super-intelligence si puissante qu'elle serait susceptible de ressentir « des émotions, des intuitions et des sentiments », selon le Néerlandais Lex Coors, l'une des stars de l'industrie des *datacenters*[50], au point de développer une conscience de sa propre existence. Les plus optimistes affirment qu'une telle entité verra le jour dans cinq à dix ans, lorsque l'humanité aura produit 175 zettaoctets de données, soit le volume nécessaire pour qu'une IA puisse apprendre et se perfectionner en traitant elle-même les *data* (on parle aussi d'« apprentissage profond »)[51]. Certains, à l'instar de Seth Shostak, directeur du programme de recherche des intelligences extraterrestres à la NASA (National Aeronautics and Space Administration), avancent même une théorie fascinante et dérangeante à la fois : la principale forme d'intelligence dans l'univers serait déjà de nature électronique. Notre intelligence, par essence animale, ne serait en effet qu'un « phénomène transitoire », une étape dans un processus d'évolution culminant avec l'avènement d'une forme de vie postbiologique que sont les machines[52]. Les sceptiques, eux, objectent que tout cela demeurera à jamais du domaine de la science-fiction, du fantasme. C'est pourquoi beaucoup pensent que notre espèce cohabitera plus plausiblement avec une IA « faible », surdouée pour réaliser des tâches dépassant les capacités humaines, mais agissant néanmoins sous notre contrôle. Jusque récemment, les termes « IA » et « environnement » étaient associés pour évoquer une « *green artificial intelligence* », autrement dit, une plateforme informatique sobre en ressources et en énergie, et dont les impacts sur l'environnement seraient

inférieurs aux bénéfices qu'elle génère. Mais voilà que l'expression d'« *artificial intelligence for green* » (une IA au service de l'environnement) commence à occuper les débats.

En effet, la lutte contre le changement climatique se révèle une entreprise d'une folle complexité… Seule une réponse holistique, s'attaquant simultanément à des secteurs aussi variés que la production d'électricité, les transports, l'habitat ou encore l'agriculture, pourrait permettre de mitiger les périls[53]. Il serait de plus nécessaire d'agencer une stratégie de temps long et maintenir une constance d'actions sur plusieurs décennies, quels que soient les aléas de l'histoire, afin de ne pas dévier de l'objectif poursuivi. Le salut de la planète serait à ce prix. Quand on voit les difficultés de la communauté internationale à abaisser les émissions mondiales de CO_2, on est en droit de s'interroger sur nos capacités à relever un tel défi… C'est pourquoi certains scientifiques envisagent l'hypothèse d'une IA surhumaine, voire forte, seule à même de s'atteler à une telle mission[54]. Ce serait le stade ultime de l'injonction au « numérique responsable » exposée au début de cet ouvrage, le *Green IT* à l'état pur. Des entrepreneurs ont déjà claironné leurs ambitions, comme Demis Hassabis, fondateur de la société britannique DeepMind, qui déclare qu'il faut « d'abord résoudre [le problème de] l'intelligence. Ensuite, l'utiliser pour résoudre tout le reste[55] », notamment le réchauffement climatique. Un rapport de la société de conseil et d'audit PricewaterhouseCoopers (PwC) publié en 2018 affirme quant à lui sans fard qu'il « est temps de mettre l'IA au service de la planète[56] ».

Faut-il y voir un excès d'optimisme, voire du charlatanisme ? Il n'empêche : cette éventualité, même théorique, pose des problématiques éthiques, philosophiques et démocratiques fascinantes. En effet, quels bénéfices concrets tirerions-nous d'une super-intelligence soucieuse du climat et de la biodiversité ? Quels dangers nous ferait-elle courir ? Le cas échéant, faudrait-il l'accommoder de garde-fous, voire nous abstenir de franchir la frontière de l'IA forte ? « Nous investissons des milliards d'euros pour améliorer cette technologie, les progrès sont rapides, et les gens commencent à se demander : "Que se passera-t-il si nous réussissons ?" C'est une bonne question, qu'il faut nous poser », argumente

Stuart Russell, un informaticien britannique mondialement reconnu pour ses travaux dans le domaine de l'IA[57].

De quoi une telle IA serait-elle capable ? Plusieurs universitaires interrogés pensent qu'elle révélerait par exemple des phénomènes climatiques jusqu'alors incompris et mettrait au jour des corrélations mystérieuses régissant les écosystèmes[58]. L'IA, estime un autre chercheur, aurait le pouvoir de faire baisser notre consommation de produits à fort impact écologique (tels que la viande) en manipulant nos ressorts inconscients de consommateurs grâce à des techniques de marketing ultra-raffinées. Mais surtout, une super-machine permettrait d'agréger les innombrables données produites par le climat et les écosystèmes, puis de les restituer sous la forme d'une politique de conservation de long terme : « Nous avons besoin de cerveaux artificiels pour agencer une stratégie environnementale pour les deux cents prochaines années, résume ainsi Lex Coors. Je ne pense pas que les humains en soient capables. Mais avec une IA, nous serions bien plus avancés pour planifier une telle stratégie[59]. »

Cette perspective n'est pas sans dangers : compte tenu de sa consommation de ressources minérales et énergétiques, une IA forte pourrait en effet causer davantage de torts que de bienfaits à la planète. « Non guidée, elle […] peut accélérer la dégradation environnementale », confirme l'entreprise PwC[60]. Selon des scénarios pessimistes, l'IA pourrait accaparer la moitié de la production mondiale d'électricité en 2040[61]. Par ailleurs, placer tous nos espoirs dans l'IA ne revient-il pas à transférer la responsabilité de l'action climatique aux générations futures ? « Nous avons besoin de changements politiques majeurs au cours des dix à vingt prochaines années, or, à cet horizon, une IA forte ne sera pas au point », avertit un chercheur[62]. La cause climatique serait de plus le meilleur argument que les entreprises du numérique puissent avancer pour légitimer l'accélération de la recherche dans l'IA… Et puis, comment nous assurer que cet instrument sera paramétré et gouverné par des esprits bienveillants ? Tout le monde ne verrait pas d'un bon œil qu'une super-intelligence prolonge la philosophie du penseur norvégien Arne Naess, fondateur dans les années 1970 d'une philosophie écologique radicale, la *deep ecology*. Selon Arne Naess, « l'épanouissement de la vie humaine […] est compatible

avec une diminution substantielle » du nombre d'individus et « le développement de la vie non humaine requiert une telle diminution[63] ».

UN « LÉVIATHAN VERT » CONTRE L'HOMME ?

On envisage ici les défis les plus colossaux – et inquiétants – charriés par la naissance d'une IA forte : dans quelle mesure les décisions qu'elle prendrait pour le bien de la planète pourront-elles se retourner contre l'homme, le privant par exemple de ses libertés et amorçant un recul des démocraties ? Aujourd'hui déjà, nombre d'interdits se justifient au nom de la protection de la nature (cesser de consommer de la viande, d'utiliser sa voiture lors des pics de pollution, de voyager en avion…). Que se passerait-il si une super-machine prolongeait et accentuait de telles injonctions? Cette interrogation suffit à nous convaincre que ce « Léviathan vert » devrait partager les mêmes valeurs que les nôtres… y compris la morale humaniste la plus élémentaire. Car un autre postulat surgit : il serait possible que les objectifs que nous assignons à l'IA la conduisent à annihiler purement et simplement l'espèce humaine[64]. Ce risque est pris au sérieux par certains scientifiques, selon qui la meilleure décision qu'une IA serait susceptible de prendre pour protéger l'environnement serait de supprimer ceux qui lui nuisent[65]. La protection de la nature n'irait donc pas forcément de pair avec celle de l'homme dans la nature. Les deux objectifs, loin d'être compatibles, pourraient donc s'avérer antinomiques. Nous aurions alors conçu une IA hostile, certes *« Earth friendly »*, mais pas *« human friendly »*. C'est pourquoi Stuart Russell ne se montre pas favorable aux courants de pensée proposant de conférer à la nature un statut moral distinct, une telle approche pouvant justifier de dépeupler la nature de ceux qui lui sont étrangers et l'endommagent[66].

Loin de ces conjectures, nous risquerions en tout cas d'être intellectuellement dépassés par les solutions offertes par le Léviathan vert. À nous abandonner tout à lui, nous lui concéderions un pouvoir de décision exceptionnel, nous nous soumettrions à son bon vouloir au nom d'un objectif

juste et indiscuté – sans être pour autant en mesure de comprendre les décisions qu'il nous dicterait. Un siècle gouverné par une IA écoresponsable aura-t-il alors encore un sens à nos yeux ? Comme l'expose l'ancien secrétaire d'État des présidents américains Richard Nixon et Gerald Ford, Henry Kissinger, dans une passionnante tribune du mensuel américain *The Atlantic* consacrée à l'IA, la religion a permis, durant le Moyen Âge, de structurer notre compréhension de l'univers. Puis ce fut la raison au XVIIIe siècle, l'histoire au XIXe et l'idéologie au XXe siècle[67]. Au XXIe siècle, nous pourrions ne plus rien décoder (au sens propre du mot) de notre odyssée vers un monde plus sobre et vert. D'où cette interrogation paradoxale : un monde qui reposera entièrement sur l'information ne sera-t-il pas encore plus mystérieux ?

Mais trêve de réflexions philosophiques… Des questions bien plus terre à terre occupent aujourd'hui les acteurs du numérique : serons-nous tout simplement en mesure de soutenir, techniquement, la hausse exponentielle des données produites, échangées, stockées et traitées ? Les réseaux pourront-ils absorber, compte tenu de l'énergie et des ressources que l'infrastructure numérique requiert, le tsunami immatériel qu'annoncent la 5G et l'Internet de tout ? Notre société surconnectée accouche en effet d'un bouleversement radical de paradigme : les défis d'un monde dopé à l'abondance sont dorénavant encore plus colossaux que ceux d'un monde asservi à la rareté. L'accumulation est en train de devenir plus létale que le manque. Fort heureusement, le cerveau humain a produit, voilà plusieurs décennies, une invention géniale qui promet de repousser, toujours et encore, les limites du réseau, de notre attention au rouge et au bleu, des voitures autonomes, des fonds passifs et de l'intelligence artificielle.

Cette innovation porte un nom : les câbles transocéaniques.

1. Intervention de Mike Hazas, professeur à l'université de Lancaster (Royaume-Uni) lors de la conférence « Drowning in data – digital pollution, green IT, and sustainable access », EuroDIG, Tallinn (Estonie), 7 juin 2017.

2. Le terme « robot » qualifie un « dispositif mécanique permettant de réaliser des taches en autonomie de décision pour une partie des actions élémentaires qui la composent ». Cette définition est proposée par le Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME) et la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS) dans le rapport « Le développement

industriel futur de la robotique personnelle et de service en France », 12 avril 2012. Au-delà des robots, ce sont les machines, interfaces et objets connectés constituant l'univers numérique qui entrent dans le champ de notre analyse.

3. Bruno Patino, *La Civilisation du poisson rouge. Petit traité sur le marché de l'attention*, Grasset, 2019.

4. « The flourishing business of fake YouTube views », *The New York Times*, 11 août 2018.

5. « Cisco Annual Internet Report (2018-2023) White Paper », mis à jour le 9 mars 2020.

6. Lire dans le dossier « Vivre avec les objets connectés » de la revue *Third*, n° 3, novembre 2019, l'entretien de Laurence Allard, maître de conférences en sciences de la communication, chercheuse à l'Institut de recherche sur le cinéma et l'audiovisuel (IRCAV), université Paris-III Sorbonne nouvelle, co-fondatrice du groupe Mobile et création, co-fondatrice du Labo citoyen.

7. Entretien avec Liam Newcombe, vice-président de l'ingénierie à Energy Internet Corporation, 2020.

8. « Send scam emails to this chatbot and it'll waste their time for you », The Verge, 10 novembre 2017.

9. Intervention de Mike Hazas, professeur à l'université de Lancaster (Royaume-Uni), lors de la conférence « Drowning in data – digital pollution, green IT, and sustainable access », EuroDIG, Tallinn (Estonie), le 7 juin 2017.

10. « Training a single AI model can emit as much carbon as five cars in their lifetimes », *MIT Technology Review*, 6 juin 2019.

11. Ce basculement avait néanmoins été déjà entériné par de nombreuses autres Bourses mondiales, à l'instar de celle de Paris, qui fit le choix du tout-électronique en 1987.

12. Friedrich Moser et Daniel Wunderer, *Les Robots traders, la finance à haute fréquence*, 90 minutes, Blue+Green communication, Arte France, RBB, 2020.

13. Entretien avec Stéphane Barbier de la Serre, stratégiste macro-économie, Makor Capital Markets, 2020. Fait notable : l'une des devises de cette société, dont les stratégies d'investissement sont affinées par des algorithmes, est *« We don's speculate, we calculate »* (« Nous ne spéculons pas, nous calculons »).

14. Entretien avec Juan Pablo Pardo-Guerra, professeur associé à l'université de San Diego (Californie), 2020.

15. Entretien avec Stéphane Barbier de la Serre, 2020.

16. Entretien avec Jérémy Désir, ancien analyste quantitatif pour le compte de la banque HSBC, 2020.

17. *Ibid.*

18. « Intelligence Artificielle (IA) et gestion d'actifs : améliorer la stratégie d'investissement et la connaissance des investisseurs », *Revue Banque*, 25 janvier 2019.

19. « Quants have a fundamental issue with indiscretion », Bloomberg, 6 avril 2020.

20. Consulter le site blackrock.com/fr/particuliers/aladdin

21. Aladdin est l'acronyme d'« asset, liability, debt and derivative investment network ».

22. Le fonctionnement d'Aladdin est notamment expliqué dans l'article « BlackRock's Edge: Why technology is creating the Amazon of Wall Street », *Forbes*, 19 décembre 2017.

23. Entretien avec Juan Pablo Pardo-Guerra, 2020.

24. Michael Lewis, *Flash Boys. A Wall Street Revolt*, W. W. Norton & Company, 2014.

25. Juan Pablo Pardo-Guerra, *Automating Finance: Infrastructures, Engineers, and the Making of Electronic Markets*, Cambridge University Press, 2019. Voir également « Book Review: *Automating Finance* », CFA Institute, 13 mars 2020.

26. « BlackRock's black box: the technology hub of modern finance », *Financial Times*, 24 février 2020.

27. Entretien avec Jérémy Désir, 2020.

28. Entretien avec Michael Kearns, professeur au département d'informatique et de sciences de l'information, université de Pennsylvanie, 2020.

29. « The passives problem and Paris goals : How index investing trends threaten climate action », rapport du Sunrise Project, 2020. Cette tendance n'est pas propre aux États-Unis : la gestion passive serait à l'origine de la moitié des investissements sur les marchés asiatiques et du tiers des investissements sur les marchés européens. Lire « Environment program request for proposal : Aligning passive investment with Paris climate goals », William and Flora Hewlett Foundation, 28 janvier 2020.

30. La liste peut être consultée, sur demande, sur le site fossilfreefunds.org/carbon-underground-200. En 2021, Encana occupait la 30e place (35e place en 2014).

31. « Encana needed to tap into passive investing, CEO Suttles says », Bloomberg Markets and Finance, 31 octobre 2019.

32. « Encana receives securityholder approval for reorganization », Encana Corporation, 14 janvier 2020.

33. La société Encana n'a pas répondu à notre sollicitation d'entretien.

34. « Who owns the world of fossil fuels. A forensic look at the operators and shareholders of the listed fossil fuel reserves », Finance Map, 2018 et 2019.

35. « The passives problem and Paris goals: How index investing trends threaten climate action », *op. cit.*

36. *Ibid.*

37. Entretien avec Diana Best, stratégiste en chef, Sunrise Project, 2020.

38. D'ailleurs, certaines entreprises de services financiers proposent ce type d'investissements, telles MSCI, Stoxx ou encore Solactive. Lire, « Une piste pour investir durable en Bourse à moindres frais », *Le Monde*, 2 novembre 2020.

39. Entretien avec Diana Best, 2020.

40. « The passives problem and Paris goals: How index investing trends threaten climate action », *op. cit.*

41. Vital est l'acronyme de « Validating investment tool for advancing life sciences ». La maxime de DKV est *"Knowledge" is power / "Deep knowledge" is transcendent power* (« la connaissance, c'est le pouvoir, la connaissance profonde, c'est le pouvoir transcendental ») : dkv.global/about

42. « Artificial intelligence gets a seat in the boardroom », *Nikkei Asia*, 10 mai 2017.

43. « A.I. has arrived in investing. Humans are still dominating », *The New York Times*, 12 janvier 2018.

44. Entretien avec Juan Pablo Pardo-Guerra, 2020.

45. Two Sigma Investments LLC, 31 mars 2011.

46. « Green Horizon. Driving sustainable development », IBM, non daté.

47. « IBM expands Green Horizons initiative globally to address pressing environmental and pollution challenges », IBM, 9 décembre 2015.

48. « How artificial intelligence can fight air pollution in China », *MIT Technology Review*, 31 août 2015.

49. *Ibid.*

50. Entretien avec Lex Coors, responsable en chef des technologies et de l'ingénierie des *datacenters*, Interxion, 2020.

51. En anglais, *deep learning*.

52. Michio Kaku, *The Future of the Mind: The Scientific Quest to Understand, Enhance, and Empower the Mind*, Doubleday, 2014.

53. David Rolnick *et al.*, « Tackling climate change with machine learning », Future of Life Institute, Boston, 22 octobre 2019.

54. « A physicist on why AI safety is "the most important conversation of our time" », The Verge, 29 août 2017.

55. « The Doomsday invention: Will artificial intelligence bring us utopia or destruction? », *The New Yorker*, 23 novembre 2015.

56. « Fourth industrial revolution for the earth. Harnessing artificial intelligence for the earth », World Economic Forum – Stanford Woods Institute for the Environment, Pricewaterhouse Coopers (PwC), janvier 2018.

57. Entretien avec Stuart Russell, professeur de sciences informatiques, université de Californie, Berkeley, 2020.

58. Entretien avec Tristram Walsh, Alice Evatt et Christian Schröder, chercheurs respectivement en physique, en philosophie et en science de l'ingénierie à l'université d'Oxford, et instigateurs d'un symposium, « AI impact weekend 2020: AI + Climate Change: Building AI solutions to help solve the world's climate crisis », organisé en février 2020 au sein de la Oxford Foundry, un incubateur de l'université d'Oxford.

59. Entretien avec Lex Coors, 2020.

60. « Fourth industrial revolution for the earth. Harnessing artificial intelligence for the earth », PwC, janvier 2018.

61. Intervention d'Emmanuel Assié, fondateur et président de Webaxys, Data Centre World, 2019.

62. Entretien avec Tristram Walsh, chercheur associé à l'université d'Oxford, Smith School of Enterprise and the Environment, 2020.

63. Encyclopédie Britannica, entrée *« Deep ecology »*.

64. Nick Bostrom, « Existential risks. Analyzing human extinction scenarios and related hazards », *Journal of Evolution and Technology*, vol. 9, n° 1, 2002.

65. Stuart Russell, *Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control*, Penguin Books, 2020.

66. Entretien avec Stuart Russell, 2020.

67. « How the enlightenment ends », *The Atlantic*, juin 2018.

9.

Vingt mille tentacules sous les mers

Aucune frontière technique, nulle limite matérielle ne semble aujourd'hui en mesure d'entraver notre quête de virtualité. La production de données peut bien exploser, des armées d'ingénieurs riposteront aussitôt par de prodigieuses innovations. L'illustration la plus éclatante de ce « solutionnisme » technologique se niche dans une expression popularisée en 1993 par Al Gore à l'occasion d'un discours passé à la postérité. « De nos jours, déclara le vice-président américain, le commerce ne se déploie pas seulement sur des autoroutes d'asphalte, mais sur des autoroutes de l'information[1] ». Il ne s'agit pas d'une métaphore : cela fait en effet des décennies que les hommes mettent en place des circuits physiques pour consolider l'architecture d'Internet et soutenir sa formidable montée en puissance. Toujours davantage de données, échangées toujours plus rapidement : telle est la surenchère que permet la prolifération des câbles optiques évoqués par Al Gore.

Notre premier contact avec ces tuyaux du Net a lieu le 11 mars 2020 sur la plage de la Parée Préneau, près de Saint-Gilles-Croix-de-Vie. Il n'est pas 8 heures du matin et déjà cette longue langue de sable léchée par les rouleaux de l'Atlantique, dans le département de Vendée, connaît une activité inaccoutumée. Une quinzaine de personnes, portant casques de chantier et gilets fluorescents, scrutent l'océan colérique et le ciel anthracite. À quelques centaines de mètres au large s'égaient plusieurs embarcations, dont le *Miniplon*, un frêle bateau sur lequel quatre scaphandriers guettent les ordres venus de la terre ferme. Laurent

Boudelier, alors maire de la bourgade voisine de Saint-Hilaire-de-Riez, est également sur place. « La dématérialisation a une réalité physique, s'exclame-t-il. Pour envoyer et recevoir de la *data*, il faut bien qu'une connexion existe. » La connexion, c'est précisément la raison de la présence de l'édile sur la Parée Préneau. Un événement quelque peu exceptionnel s'y prépare en effet : les opérations d'« atterrage » (installation) du Dunant[2], le deuxième câble Internet international dont l'entreprise Google est propriétaire[3], sont sur le point de débuter.

Avec ses douze paires de fibres et sa capacité de près de 300 térabits par seconde, voici l'un des câbles les plus puissants jamais mis en service. Dans quelques mois, il reliera, sur 6 600 kilomètres, la ville américaine de Virginia Beach, au sud de Washington, à un *datacenter* de Google édifié dans la ville belge de Saint-Ghislain. Un tracé qui transite donc par les côtes françaises, où la première section de câble, longue de 5 kilomètres, est sur le point d'être déployée. « Un câble qui traverse l'Atlantique, ça n'arrive pas tous les jours ! », confirme Richard Brault, chargé d'affaires chez Merceron, une entreprise qui possède deux pelleteuses stationnées sur le rivage. C'est même une première depuis vingt ans… Pour quels usages ? « YouTube, les jeux vidéo en ligne », explique un professionnel patientant sur la plage, mais aussi, demain, « les monnaies virtuelles, qui sont en plein essor », renchérit le maire.

Encore faut-il que l'océan rageur qui accable le littoral de ses cylindres écumeux s'apaise. « On a envie d'y aller ! », lance un ouvrier. Mais ce sont les plongeurs de l'entreprise Atlantique Scaphandre, dépêchés pour poser le câble sous l'eau, qui ont le dernier mot. En cas de gros temps, l'opération peut s'avérer dangereuse et ils ont prévenu qu'ils ne prendraient aucun risque. La météo ne montre aucun signe d'accalmie, voire… « J'ai l'impression que ça forcit », glisse, en scrutant les nuages, Olivier Ségalard, chef de projet chez l'opérateur Orange, qui assure les travaux d'installation du Dunant en France[4]. Il faut se rendre à l'évidence… À 9 heures, la mission est annulée. Le *Miniplon* rentre au port de Saint-Gilles-Croix-de-Vie, tandis que le bateau de l'entreprise TravOcean, qui transporte le câble, rejoint Les Sables-d'Olonne. Cela fait deux semaines que la météo bloque le travail et pour Isabelle Delestre, attachée de

presse chez Orange, « ça commence à devenir sacrément énervant. À cause du coût du bateau et des équipements, ce sont 30 000 euros de perdus chaque jour qui passe ! »

Mais il y a plus préoccupant, car Google doit se plier à la routine du gravelot à collier interrompu. Cet oiseau protégé, au plumage gris-brun, mesurant une quinzaine de centimètres, a le bon goût d'aménager son nid, dès la mi-mars, sur les plages vendéennes – soit précisément sur le tracé du câble. La période de nidification approche et, dans la bagarre administrative qui l'oppose aux nouvelles technologies, le volatile a obtenu gain de cause : dans quelques jours, Google, l'une des firmes les plus puissantes du monde, aura interdiction de déployer le Dunant le temps que le gravelot à collier interrompu assure sa descendance. Quant aux centaines de millions d'internautes qui espéraient davantage de bande passante, ils n'auront qu'à ronger leur frein. « Tout ça pour des vidéos de chatons ! soupire Olivier Ségalard. Encore aujourd'hui, quand on intervient dans les lycées, une majorité de jeunes pensent que les communications passent par des satellites. Or tout cela transite par des câbles. »

Des illuminés dans la soute du Net

Internet est un gigantesque réseau amphibie : près de 99 % du trafic mondial de données transite aujourd'hui, non par les airs, mais via des courroies déployées sous terre et au fond des mers. Nos données de géolocalisation et autres réunions Zoom ne laissent donc pas seulement des traces dans les mines de l'Heilongjiang, les fleuves scandinaves et le ciel taïwanais… Elles sillonnent dorénavant les abysses, fréquentent les détroits et circulent dans les deltas. Chaque jour qui passe, nous sollicitons des centaines de câbles, éparpillés sur des milliers de kilomètres. Pourtant, nous restons très majoritairement persuadés que nos appels, photos et vidéos volent au-dessus de nos têtes… Peut-être parce que nos actions numériques sont d'abord relayées par des antennes (3G, 4G, 5G), avant que celles-ci répercutent les données aux réseaux filaires. Et puis parce qu'« une fusée au décollage, c'est plus impressionnant qu'un bateau qui

fume ! », convient Olivier Ségalard. Et enfin parce que, dans les années 1970, câbles et satellites se trouvaient en compétition pour capter le trafic de données encore balbutiant. « Il y avait alors un débat sur laquelle des technologies l'emporterait sur l'autre », se remémore un ancien ingénieur des câbles de télécommunication[5].

Mais ça, c'était avant que vous lisiez ce livre, avant que le *big data* s'en mêle… Au vu de leur formidable capacité de transmission et de leurs coûts compétitifs, les autoroutes de la mer allaient l'emporter sur le spatial. Pour prendre la pleine mesure de cette infrastructure, descendons dans ce qu'il convient d'appeler « la soute du Net. Le parallèle avec les égouts est intéressant… Ce n'est pas très glamour, pas très visible et pourtant indispensable », explique un professionnel des télécommunications[6]. Voici de fins tuyaux de métal[7], enveloppés dans du polyéthylène (plastique), renfermant en leur cœur des paires de fibre optique, c'est-à-dire des fils de verre, dans lesquels transite, à environ 200 000 kilomètres par seconde[8], l'information codée sous forme de pulsations de lumière (voir l'annexe 9). Maintenir le signal sur de très longues distances est une innovation récente, qui repose néanmoins sur un principe vieux comme le monde… Depuis la nuit des temps, les Amérindiens, les Grecs et les Chinois ont eu recours aux flambeaux, signaux de fumée et autres torches afin de relayer des messages. Puis en 1690, le physicien français Guillaume Amontons eut l'idée d'employer des sémaphores. « Le secret consistait à disposer, dans plusieurs postes consécutifs, des gens qui, par des lunettes de longue-vue, ayant aperçu certains signaux du poste précédent, les transmettaient au suivant et toujours ainsi de suite », expose l'écrivain et scientifique français Fontenelle[9]. En 1794, Claude Chappe perfectionna et déploya ce dispositif sur des centaines de kilomètres – on parla alors de « télégraphe Chappe ». Près d'un siècle plus tard, en 1880, Graham Bell conçut quant à lui le photophone, lequel, expliqua-t-il joliment, « permettait d'entendre une ombre ».

Cela fait donc des millénaires que les hommes déclinent, d'une manière ou d'une autre, ce constat : la lumière, c'est de l'information. « Un e-mail, c'est de la lumière. Une vidéo de chats, c'est de la lumière. Pour mettre un câble en

service, les industriels disent d'ailleurs qu'ils "allument un câble" », décrypte le cadre d'une entreprise d'équipements de télécommunication[10]. Pour l'exprimer autrement, Internet n'est jamais qu'un réseau de sémaphores amélioré ! Et il n'est pas exagéré d'affirmer que nous, internautes, sommes littéralement des illuminés… Les progrès de la fibre ont été exceptionnels depuis la pose du premier câble optique, le TAT-8, entre les États-Unis et l'Europe, en 1988. Songez que celui-ci pouvait permettre de passer 40 000 appels téléphoniques simultanés. Aujourd'hui, le Dunant pourrait en supporter 5 milliards ou bien, si vous préférez, transmettre le triple des informations contenues dans la bibliothèque du Congrès américain en une seule seconde[11]. On comprend dès lors pourquoi ceux que l'on surnomme poétiquement « les cheveux de lumière[12] » ont conquis la planète, forgeant une infrastructure vitale pour nos vies connectées. Les 100 000 habitants des îles Tonga, isolés au milieu du Pacifique, sont bien placés pour en parler ! La rupture, en 2019, de l'unique câble sous-marin desservant l'archipel les plongea deux semaines durant dans l'obscurité numérique. Le pays était « coupé du reste du monde », se rappelle un spécialiste[13]. Pour certains, jamais l'expression « la vie ne tient qu'à un fil » n'avait paru aussi pertinente…

Environ 450 tentacules « allumés » tapisseraient désormais le fond des océans[14], totalisant 1,2 million de kilomètres, soit trente fois la circonférence de la Terre. L'épine dorsale du Net prospère surtout sous l'eau : certes, la pose d'un câble sous-marin peut coûter des centaines de millions d'euros, mais cela reste dix fois moins onéreux que de creuser des tranchées sur la terre ferme. Un atlas des autoroutes de l'information (voir l'annexe 10) révèle un maillage inégal : certaines régions en sont truffées, tels les hubs de Djibouti, du canal de Suez et du détroit de Malacca, tandis que d'autres sont désertées (l'Arctique et les eaux de la Corée du Nord). Certains câbles sont très courts, à l'image de l'Amerigo Vespucci, qui file sur 85 kilomètres entre les îles de Curaçao et de Bonaire, au large du Venezuela, alors que d'autres, comme le SEA-ME-WE-3 (acronyme de South-East Asia, Middle East, Western Europe), s'étendent de l'Europe du Nord à l'Australie, sur 39 000 kilomètres. Le réseau croît, inexorablement[15]. À l'heure où ces lignes sont écrites, des dizaines de tuyaux sont ainsi en train d'être posés

au fond des océans et, à ce rythme, on pourrait en recenser un millier en fonctionnement à l'horizon 2030. D'où ce paradoxe que ne manque pas de soulever la conservatrice du Science Museum de Londres, Elizabeth Bruton, en arpentant la section réservée aux câbles : « Les gens croient que nous vivons dans un "monde sans fil". Mais en fin de compte, nous sommes aujourd'hui davantage reliés les uns aux autres par des fils que nous ne l'avons jamais été ! »

CÂBLES, SABLE FIN ET SERVIETTES DE PLAGE

Inutile de préciser que les plongeurs de la société Scaphandre Atlantique n'ont pas fini d'être sollicités. Mais d'abord, il faut installer le Dunant. Deux jours plus tard, le 13 mars 2020, les voilà, dès l'aube, à nouveau à pied d'œuvre sur la Parée Préneau. Le temps est clair. Cette fois-ci sera la bonne. Un plongeur a tiré un messager (une corde) depuis le bateau de TravOcean jusqu'à la plage. Le câble, resté sur le navire câblier, est fixé à l'extrémité du cordon. Sur la terre ferme, une pelleteuse rembobine peu à peu le messager, entraînant avec lui le Dunant maintenu en surface par une procession de bouées jaunes. L'ambiance est bon enfant, on scrute les opérations. Puis un cri : « V'là le câble ! » On s'agite, les voix montent, des blagues fusent. « On prend une photo ! » décide quelqu'un. Olivier Ségalard plaque un autocollant du groupe Orange sur une bouée et pose pour la photo, le sourire jusqu'aux oreilles. « On a tiré le câble ! » Il est 8 h 15.

Les pelleteuses entrent bientôt en action. Il faut dégager une tranchée sur 75 mètres depuis la mer jusqu'à une conduite de béton ensablée en contrebas de la dune. Puis on y glisse le précieux canal, guère plus épais qu'un tuyau d'arrosage. Des ouvriers se hâtent de le ceinturer de coquilles (protections en fonte) avant que la marée remonte. Sous l'eau, les plongeurs s'assurent que le Dunant est bien étendu sur le sable et qu'il ne chevauche pas un rocher. Dans la soirée, un robot comparable à une charrue creusera un sillon de plus d'un mètre de profondeur sous le plancher océanique afin de l'ensouiller, de l'enfouir dirait-on communément. En retrait du rivage, on le raccorde à une chambre-plage

(salle souterraine), puis on teste son fonctionnement avec un réflectomètre optique. Un passant, seau à la main, la moue renfrognée, s'approche et demande ce qu'il se trame. On le lui explique. « Ils feraient mieux de nettoyer la mer au lieu de mettre des conneries dedans ! proteste le vieil homme. J'en pense pas du bon… Ça ne sert à rien ! Tout ça pour des saloperies et des films porno. »

15 heures. Les opérations touchent à leur fin. Côté français, le Dunant sera déployé vers Paris, puis la Belgique, via Nantes et Niort. « Par précaution, on le fait passer par deux routes différentes, explique un ingénieur. Tout est "répliqué" pour éviter un mauvais plan tel qu'une pelleteuse qui coupe le câble et par la même occasion l'ensemble du trafic Internet. » En juillet, un navire récupérera l'extrémité déposée au large de Saint-Hilaire-de-Riez, l'embranchera à un nouveau tronçon, qu'il débobinera jusqu'à Virginia Beach[16]. Sur la Parée Préneau provisoirement rebaptisée par le maire « porte de l'Amérique », les pelleteuses achèvent de remblayer la tranchée. La marée se charge d'estomper les dernières traces de leur passage. La plage est comme neuve. « Dans quelques mois, les touristes poseront leurs serviettes sur le Dunant ! s'exclame le maire. Je ne suis pas sûr qu'ils auront conscience que sous eux passent les photos de vacances qu'ils s'envoient. »

Quelques semaines plus tôt, tout ce que l'industrie européenne des câbles sous-marins compte d'ingénieurs, de représentants de commerce, de consultants et de stratèges s'est donné rendez-vous dans un vaste centre de conférences du quartier d'Islington, dans le centre de Londres[17]. *Big data*, Internet des objets et intelligence artificielle aidant, la filière est en ébullition. Son chiffre d'affaires global croît de 11 % par an et devrait s'élever à 22 milliards de dollars en 2025. « L'industrie connaît un essor massif ! confirme une participante. On n'arrête pas de construire[18] ». Au fil des colloques et rencontres, de débats en *Keynote*, les experts déclinent une langue dont ils ont le secret. Les expressions « accroissement de capacité », « systèmes sous-marins perfectionnés », « plan de développement » ou « coût par octet » disent la folle rationalité qui s'est emparée des architectes du réseau.

L'industrie n'aime guère s'exposer en pleine lumière. « L'une des meilleures manières de protéger un câble sous-marin, c'est de ne pas en parler », justifie

l'un de ses ingénieurs. Mais on comprend que le secteur se structure entre les propriétaires des tuyaux (généralement les opérateurs, comme Deutsche Telekom, AT&T, Telecom Italia, Vodafone, Orange…), les fabricants (Alcatel Submarine Networks, SubCom, NEC…) et les armateurs, qui posent et réparent les infrastructures (Global Marine Systems Ltd. notamment). Fait notable : tout à leur stratégie d'intégration verticale, les GAFAM possèdent dorénavant leurs propres tubes et viennent sérieusement bousculer les opérateurs télécoms. Ainsi en est-il de Facebook, qui a constitué une équipe expressément consacrée à ses fondations sous-marines. Et pour cause : en 2013, le lancement de la lecture automatique des vidéos sur le réseau social a, en l'espace de quelques heures, « capté tellement de bande passante que ça a quasiment fait sauter leur réseau informatique », relate un spécialiste des télécommunications sous-marines[19]. Mieux vaut donc n'être servi que par soi-même… Dans le sillage de Facebook, l'industrie câblière doit d'ailleurs composer avec un nombre croissant de mastodontes tels que Google et Amazon, qui veulent contrôler les contenants par lesquels passent leurs contenus. « Sur l'axe atlantique, la part de marché des GAFAM était de 5 % il y a trois ans. Elle a dépassé aujourd'hui 50 % et l'on pense que d'ici trois ans elle sera de 90 % », souligne un expert des télécommunications sous-marines dans *Les Échos*[20].

Choses entendues à Londres : « Le LV-SE 1 [Latvia-Sweden], installé juste après la guerre froide entre la Lettonie et la Suède, fut le système le plus difficile à déployer. La mer était gelée et les assureurs exigeaient que le fond de la Baltique soit inspecté, pour s'assurer qu'il n'était pas truffé de mines sous-marines » ; « Depuis la première idée jusqu'à la mise en service d'un câble, il faut dix, voire quinze ans. Des projets de déploiement n'ont même jamais vu le jour » ; « Est-ce que de futures mines sous-marines gêneront l'installation de la fibre ? » ; « Le prix du câble au kilomètre n'a pas changé depuis plusieurs décennies, mais leur capacité initiale a été multipliée par un milliard » ; « Nous sommes une population d'experts vieillissants dans ce secteur, nous ne parvenons pas à attirer les jeunes » ; « Je ne vois rien de mieux que la technologie de transmission optique pour les mille prochaines années » ; « Plus

vous tirez des tuyaux vers le nord de l'Atlantique, plus ils risquent de ne pas résister longtemps. Des débris d'iceberg pourraient les endommager » ; etc.

Car si l'épine dorsale d'Internet est une substructure globalement robuste, elle peut s'avérer localement fragile[21]. Jusque 150 dégradations seraient même enregistrées chaque année[22]. Fin 2006, par exemple, un tremblement de terre de magnitude 7 a secoué Taïwan, détériorant et coupant la plupart des circuits optiques qui frayaient dans le proche détroit de Luçon. Conséquence : il fallut 49 jours et 11 bateaux pour rétablir la connexion entre Taipei, Hong Kong et le reste de l'Asie du Sud-Est[23]. En 2017, c'est une tempête qui eut raison du SEA-ME-WE 4 reliant Marseille à Annaba (Algérie), faisant s'effondrer 80 % du trafic Internet algérien durant deux jours[24]. Un an plus tard, ce fut au tour d'une douzaine de pays d'Afrique de l'Ouest de voir leur connexion ralentie pendant dix jours après qu'un chalutier eut endommagé le câble sous-marin ACE (Africa Coast to Europe)[25]. Selon une étude, les ancres des bateaux de pêche et le fret maritime constituent même la première menace sur l'ossature du Net, devant les installations éoliennes *offshore* et les activités de forage en eaux profondes[26]. Gare au chalutier dont le grappin sectionnerait, par mégarde, un morceau de la Toile mondiale ! C'est au capitaine du vaisseau (ou plutôt son assureur) qu'il reviendrait d'en financer la réparation, dont le coût peut s'élever à un million d'euros.

La cohabitation avec les pêcheurs n'est donc pas toujours des plus sereines… Dans la Manche, par exemple, ce bras de mer parmi les plus empruntés au monde, est traversé, chaque jour, par 800 navires… et le SEA-ME-WE 3. « Le câble est ensouillé mais, avec les courants maritimes, il lui arrive de remonter à la surface […]. Si le chalutier peut toujours passer à côté, les fileyeurs[27] laissent leurs engins de pêche vingt-quatre heures, donc ils doivent absolument être prévenus, sinon cela pose des problèmes de cohabitation », observe le porte-parole d'une association de pêcheurs[28]. Il ne faudrait tout de même pas qu'un sardinier rompe les derniers liens qui unissent la Grande-Bretagne à l'Europe… Du coup, « il y a un ras-le-bol des pêcheurs, ils sont en train de se braquer, peste l'un de leurs représentants. Avant, ils étaient à peu près tout seuls sur la Manche. Et maintenant, on a une vision très cadastrale des

choses, on a découpé la mer[29] ». Attention également aux requins, dont « les morsures tendent à transpercer l'isolation des câbles », signale un rapport[30]. « Il s'est même déjà produit que l'on retrouve une dent de squale dans un tuyau ! », relate un expert. Même la multiplication des ouragans – une conséquence du changement climatique – pourrait aggraver les mouvements de terrain sous-marins et fragiliser certaines sections du Web[31].

Et puis les infrastructures critiques d'Internet sont régulièrement la cible d'actes de sabotage : en 2009, des « vandales » ont sectionné quatre câbles dans la région de San José, en Californie[32] et, deux ans plus tôt, ce sont des « pirates » qui s'étaient illustrés en remontant une section de 11 kilomètres du maillage T-V-H (Thaïlande-Vietnam-Hong Kong), au large du Vietnam, en vue de revendre le métal récupéré[33] ! Par conséquent, des « pompiers des océans » rapiècent les câbles en permanence, dépêchant des submersibles capables d'identifier la section endommagée, avant de la remplacer puis de rétablir le trafic. « Si des navires câbliers ne passaient pas leur temps à les réparer, l'Internet mondial serait coupé en quelques mois à peine », prévient un spécialiste des câbles sous-marins[34]. Un câble maudit ? Peut-être celui appartenant au groupe français Orange, frayant, par 30 mètres de fond, avec la ville allemande d'Ostende. « Nous en sommes à la 91e réparation », souffle un cadre d'Orange[35]. Autant de raisons qui ont conduit l'Australie et la Nouvelle-Zélande à prendre, dès les années 1990, une série de décisions inédites : établir 17 zones de protection des câbles[36]. Tout mouillage et activité de pêche y sont interdits afin d'éviter que la Toile, d'autant plus stratégique que ces nations sont des îles, n'y soit endommagée. Les amendes sont dissuasives : jusque 285 000 euros pour les contrevenants[37]. Il faudrait recommander aux requins soyeux, poissons-clowns roses et hippocampes à gros ventre, espèces endémiques de cette région du Pacifique, de converger vers ces sanctuaires, créés par les humains par amour pour le célèbre jeu vidéo en ligne *Fortnite* et la dernière saison de la série *Breaking Bad*. Un fil d'acier et de plastique déroulé dans un coin d'océan pourrait être leur ultime refuge…

À LA RECHERCHE DU TEMPS GAGNÉ

Zones de pêche raclées par des ancres de chalutiers, aires écologiques protégées, volcans sous-marins… sont autant d'obstacles que les câbles doivent contourner. Dans l'immense majorité des cas, rien de bien sorcier : l'information transitant à 200 000 kilomètres par seconde, d'éventuelles circonvolutions n'affectent quasiment pas la vélocité du réseau. Notre « expérience utilisateur » sur Facebook n'en est pas franchement bouleversée… Mais pour le *trading* de haute fréquence, c'est une tout autre histoire. Nous l'avons vu au chapitre précédent : les robots traders se font la guerre pour quelques millisecondes. Un infime gain de temps dans la passation des ordres de Bourse peut faire gagner ou perdre des sommes faramineuses. Un film belgo-canadien, *The Hummingbird Project*, dans lequel joue notamment l'actrice Salma Hayek, en a d'ailleurs fait la trame de son intrigue : deux cousins new-yorkais entendent battre le système financier mondial en tirant un câble optique le plus droit possible, entre Kansas City et la Bourse de New York[38]. L'enjeu : une milliseconde de gagnée, et un pactole annuel de 500 millions de dollars. Le scénario est réjouissant, la distribution des acteurs divertissante.

Et surtout, ce n'est pas de la fiction.

Retournons en 2010, année où la société américaine Hibernia Atlantic annonce son projet de construire le câble Hibernia Express[39]. Il ne s'agira pas seulement du premier circuit transatlantique déployé depuis douze ans ; voilà surtout, clament ses promoteurs, une courroie de 4 600 kilomètres vouée à relier les Bourses de Londres et de New York… en moins de soixante millisecondes aller-retour. Le chiffre a son importance, puisque ce seront quelques millisecondes gagnées sur tous les câbles unissant les deux rives de l'Atlantique. Les investissements sont considérables : environ 300 millions de dollars, mais qu'importe ! Chez Hibernia Atlantic, on se persuade en effet que ce système sera prisé des sociétés de *trading* pour lesquelles un claquement de doigts est encore trop long, un battement de cils (100 millisecondes), une éternité. Et c'est Alasdair Wilkie, citoyen britannique et vieux grognard de l'industrie câblière, qui se trouve projeté à la tête des opérations.

L’homme est volubile et raconte volontiers, par le menu, les « deux années de [sa] vie à travailler, à un haut niveau, sur un câble aussi unique[40] ! » Même un enfant de trois ans peut comprendre le défi posé à Alasdair Wilkie et aux deux cents hommes qu’il dirige : il faut tracer la route la plus rectiligne, la plus directe qui soit, et en dévier le moins possible. La moindre courbe, la plus infime sinuosité, rallonge le trajet. Or, c’est du temps – donc de l’argent – perdu. Aussi cette quête arithmétique débute-t-elle par une grossière ligne droite tracée, à la règle, sur une carte marine. Voilà tout. Pourtant l’itinéraire est osé, et même périlleux : il emprunte des eaux peu profondes[41] où croisent beaucoup de chalutiers et traverse l’océan Atlantique nord, où dérivent des icebergs. La route est si peu sûre qu’elle n’avait d’ailleurs plus été utilisée depuis un siècle[42] ! Mais Wilkie ne se démonte pas. « Tout le monde a dit : on prend le risque et on empoche l’argent », se remémore-t-il[43]. Le diagnostic environnemental fait apparaître que le tracé chevauche les zones de pêche ancestrales des Micmacs, un peuple autochtone occupant trois provinces de la côte atlantique canadienne[44]. Mais à tout problème sa solution : pour s’attirer les bonnes grâces d’Ottawa, Alasdair Wilkie engage à bord deux hommes de la tribu[45] !

Une fois les plans validés, il faut désencombrer le parcours sous-marin du futur câble, que traversent 82 anciens cordages abandonnés : s’ils se décollaient du plancher océanique, ils pourraient en effet entraîner l’Hibernia Express avec eux. Plusieurs navires sont donc dépêchés, quatre mois durant, pour découper 63 sections de câbles[46]. Puis vient la phase de déploiement. Durant quatre mois supplémentaires, deux bateaux déroulent l’Hibernia Express depuis les localités d’Halifax (Canada) et de Brean (Angleterre), cependant qu’un troisième se charge de joindre les deux extrémités au milieu de l’Atlantique nord. Les conditions climatiques ne sont pas toujours favorables. Au large du Canada, il faut contourner des plateformes pétrolières et deux gazoducs[47]. Côté européen, Alasdair Wilkie veut éviter les eaux territoriales irlandaises autour du rocher du Fastnet[48], sous peine de devoir s’acquitter de 200 000 euros annuels de péage. Or, une déviation de deux kilomètres doit être réalisée… « Une milliseconde suffit à parcourir 100 kilomètres, relativise Wilkie, ce détour n’a donc pas vraiment accru le temps de trajet. » Une fois le câble sur la côte est du Canada, il

ne reste plus qu'à acheminer l'information via un réseau d'antennes hertziennes, « car la lumière transite plus vite dans l'air que dans le verre de la fibre optique », décrypte un spécialiste de l'industrie câblière[49].

Le 15 septembre 2015, le câble est enfin prêt à être allumé. Les dirigeants d'Hibernia Atlantic paradent : leur circuit optique unit ses deux terminaux en 58,95 millisecondes[50], soit 5 millisecondes de moins que la concurrence (voir l'annexe 11). Alasdair Wilkie trinque au champagne : « Nous avons tué le marché ! plastronne-t-il. Tous les principaux *traders* se sont par la suite branchés sur l'Hibernia Express. Je ne pense pas que nous serons battus. » À moins que le câble ne soit détérioré ou bien que les constellations de satellites de basse orbite, telles que celles déployées par Elon Musk et son entreprise Starlink, n'offrent, un jour, un service 30 % plus rapide[51]… C'est techniquement possible. En attendant, la clientèle afflue auprès d'Hibernia Atlantic. Les sociétés de *trading* sont prêtes à tout pour acheter et vendre plus vite que leur ombre. « Le coût d'accès à l'Hibernia Express est cent fois plus élevé que par la route "normale", détaille, sous couvert d'anonymat, un professionnel qui opère sur le câble. Mais nos clients brassent des milliards… Si ne pas emprunter cette route t'empêche d'avoir le business, eh bien, pour y avoir accès, tu paies n'importe quoi[52]. »

Il est intéressant de noter qu'Internet devait abolir les distances ; or, jamais les promoteurs d'Hibernia n'ont autant compté les kilomètres. Le Web devait également effacer les frontières ; pourtant chaque pays se trouvant sur le tracé a fait valoir les droits rattachés à sa souveraineté territoriale. Loin de se jouer de la géographie, l'industrie numérique la porte aux nues. Les architectes du Web le savent mieux que quiconque. Se sont-ils, en revanche, penchés sur les potentiels impacts des tentacules du Web sur l'environnement ?

UNE SECONDE VIE POUR LES TUYAUX DU WEB

D'étranges manœuvres se tiennent, en cette matinée de novembre 2020, sur le quai numéro 2 du port de Leixões, au nord de Porto (Portugal). Amarré trois jours plus tôt, le *Layla*, un cargo d'une soixantaine de mètres recouvert de

peinture rouge et bleu, dégueule, à l'aide d'une bobineuse, des kilomètres de câbles optiques jusqu'à la terre ferme. Sur le bitume, 200 meules de tuyaux provenant des quatre cuves du navire ont déjà été alignées en rang d'oignon. Une vingtaine de répéteurs[53] gisent également dans un conteneur attenant. Au rythme de 15 kilomètres à l'heure, bercé par les cris de mouettes et enivré d'émanations de mazout brûlé, l'équipage du *Layla* aura besoin de deux jours supplémentaires pour transborder sur le quai les tronçons des systèmes CanBer et TAT-9 qu'il rapporte du fond des mers. Évoquer ces noms, c'est ouvrir une fenêtre sur l'histoire des télécommunications : CanBer fut déployé en 1971 entre le Canada et les Bermudes. Vingt ans plus tard, TAT-9 connecta les États-Unis à l'Espagne pour permettre, entre autres, aux téléspectateurs nord-américains de ne rien manquer des Jeux Olympiques de Barcelone de 1992 !

« Compte tenu des évolutions technologiques, ces câbles ont été désactivés il y a huit ou neuf ans », explique le capitaine du *Layla*, Rudi Reinders, un Néerlandais d'une cinquantaine d'années au regard ombrageux. Son cargo a été dépêché pour en récupérer, au large de l'État de New York (États-Unis) et de la Nouvelle-Écosse (Canada), plusieurs sections pour un total de 1 189 kilomètres. Nous avons demandé à participer aux opérations, mais Mertech Marine, l'entreprise qui affrète le *Layla*, a prévenu que nous partirions pour trois mois en haute mer ! Nous nous sommes dégonflé… Le capitaine Reinders nous dirige vers les cuves, où tournoie un long « serpent marin » de 1 300 tonnes. Malgré des décennies passées dans l'eau, les deux bêtes paraissent comme neuves. Des images de Laponie suédoise nous reviennent en tête. Dans la cale du *Layla* comme dans le *datacenter* d'Hydro66, Internet a une couleur : le jaune du TAT-9, le vert pâle du CanBer et le noir des répéteurs. Mais aussi une consistance : dur et rigide comme une barre à mine. Un goût : il est salé car les câbles sont encore humides. Rudi Reinders, lui, n'y prête plus trop attention… Depuis 2014, il a déjà remonté 30 000 kilomètres de tuyaux des tréfonds de l'Atlantique et du Pacifique. L'homme récuse le titre d'écologiste, mais concède une sensibilité environnementale. « Avant de déployer un nouveau câble, vous devez commencer par retirer les précédents ! C'est une bonne chose de nettoyer la mer. »

Un million de kilomètres de circuits optiques désaffectés, quelquefois surnommés « câbles zombies », reposent aujourd'hui au fond des mers. Leur durée de vie est d'environ vingt-cinq ans, après quoi leurs propriétaires « n'ont pas cette prévenance morale de les recycler. Je n'en connais pas un qui ait écouté sa fibre écolo là-dessus », constate un acteur du secteur[54]. Cette réalité pose logiquement la question de l'impact environnemental des câbles. Certains chercheurs se demandent par exemple si le champ magnétique des fonds sous-marins peut être significativement augmenté là où passent ces installations, affectant dès lors les écosystèmes ambiants[55]. Par ailleurs, leur présence pourrait favoriser le développement d'habitats végétaux et d'espèces animales étrangères au milieu local[56]. En 1957, un chercheur observa que des baleines et autres cachalots s'étranglaient avec de vieux câbles télégraphiques, mais de tels événements ne se sont quasiment plus produits depuis[57]. Certains câbles pourraient fragiliser des zones marines protégées, or leurs propriétaires ont le plus souvent l'obligation de les contourner. Pour résumer, l'impact écologique de la Toile sous-marine serait quasi nul. Les industriels restent néanmoins sur leurs gardes. Ils ne voudraient pas que les débats sur les impacts sanitaires de la 5G se reportent sur leur activité. « C'est déjà assez compliqué d'obtenir des autorisations administratives, alors si en plus il faut se cogner Greenpeace ou une association de défense des animaux sous-marins qui ne comprendrait pas la non-toxicité des câbles, on risque de ne pas s'en sortir », craint, sous le couvert de l'anonymat, un spécialiste des câbles sous-marins.

Ces explications n'évacuent néanmoins pas une question vouée à gagner de l'importance à mesure que nous allons coloniser le moindre interstice marin : qu'allons-nous faire du nombre croissant de câbles obsolètes ? À 9 000 kilomètres du port de Leixões, dans la ville sudafricaine du Cap, Alwyn du Plessis, patron de Mertech Marine, dirige une affaire qui laisse généralement ses interlocuteurs ahuris : il recycle la Toile du Net abandonnée au fond des océans. « Cela vaut toujours mieux que de se fournir à la mine », justifie-t-il[58]. Depuis 2008, trois vaisseaux de Mertech Marine ont remonté des dizaines de milliers de tonnes de circuits optiques[59]. L'acier et le cuivre qu'ils contiennent sont recyclés dans une usine de Mertech puis serviront à fabriquer aussi bien des clôtures que

des produits électroniques. Les répéteurs, quant à eux, sont confiés à la compagnie sudafricaine de l'énergie nucléaire (NECSA). À écouter du Plessis, son métier n'est pourtant pas une sinécure : il faut préalablement racheter le câble à son propriétaire, à un prix pouvant atteindre 2 millions d'euros. Les coûts de récupération des tuyaux sont astronomiques et les marchés des matières premières inconstants, ce qui fragilise le modèle économique de Mertech Marine[60].

Et surtout… il faut retrouver les câbles ! Certains dorment, par 7 000 mètres de fond, au milieu de l'immensité liquide. Impossible, à de telles profondeurs, de les détecter à l'aide de radars… Il faut donc composer avec, littéralement, « les moyens du bord ». « Nous emportons des cartes qui indiquent les coordonnées des câbles, puis nous traînons un crochet sur les fonds marins pour les accrocher », explique Alwyn du Plessis. Parfois, deux jours suffisent à repêcher un tuyau, comme ce fut le cas du TAT-9 récupéré par le *Layla*. Mais il arrive que les opérations s'éternisent durant deux semaines, les courants s'étant chargés, à la longue, de modifier de plusieurs centaines de mètres le tracé d'un boyau. Quant à la météo qui peut compliquer la donne, Rudi Reinders en sait quelque chose : son équipage a essuyé trois ouragans *(*« Epsilon, Paulette et Teddy », égrène-t-il) durant sa dernière mission. « C'est un travail très physique et très artisanal », détaille du Plessis… et une démarche pour le moins contre-intuitive : qui eût en effet songé à associer les supercalculateurs et les *datacenters hyperscale* à une brochette de matelots maniant un malheureux grappin au beau milieu de l'Atlantique ? Or l'avenir pourrait bien transmuer ces fureteurs des mers en précurseurs. Et avec la croissance exponentielle des câbles, des États tels que l'Australie, pionniers en matière de protection des océans, pourraient même, un jour, imposer aux copropriétaires de l'ossature du Net l'obligation de nettoyer les fonds marins de leurs « cheveux de lumière ».

UN RISQUE DE « PÉNURIE DE CAPACITÉS » ?

En réalité, le véritable impact environnemental du Web réside plutôt dans ce que cet inframonde optique nous permet de faire… De même que les chemins de fer furent un préalable à la conquête de l'Ouest américain, la mise en service du Dunant, en janvier 2021, rend possibles la réalité virtuelle, l'IOT (*Internet of things*) et l'« apprentissage profond ». « On peut établir une analogie avec le réseau routier : plus il croît, plus vous trouvez de voitures dessus. De la même manière, davantage de capacité génère davantage d'appétit pour la capacité », analyse un expert des systèmes sous-marins[61]. « Le marché des données est entretenu par des gens – les GAFAM – qui construisent leurs propres autoroutes, et toujours plus d'autoroutes, abonde un autre. Et cela permet de ne pas se fixer de limites[62]. » La pollution directe engendrée par les câbles est insignifiante, mais leur dilatation stimule l'expansion de l'univers numérique – et ce que cela suppose de terminaux, de *datacenters* et d'infrastructures énergétiques. Confinés une partie de l'année 2020, nous avons découvert les réunions sur Zoom et les apéritifs sur WhatsApp. Nos nouvelles habitudes numériques ont fait exploser le trafic, au point de contraindre les plateformes YouTube et Netflix à abaisser, un temps, la qualité de diffusion de leurs services de *streaming* afin de soulager les réseaux en surchauffe[63]. « Dans dix ans, la prochaine pandémie, nous la passerons avec des casques de réalité virtuelle sur la tête ! » prédit un professionnel de l'industrie câblière[64]. Parce que les consommateurs le voudront bien, mais avant tout parce que les progrès des communications auront rendu cette éventualité techniquement réalisable.

En 2015, pourtant, Andrew Ellis, professeur d'ingénierie et de sciences appliquées à l'université de Birmingham (Royaume-Uni), a sonné l'alerte : notre production de données s'accroissant plus vite que la capacité du réseau à les absorber, disait-il en substance, nous aurons atteint les limites du système sous huit ans, soit en 2023[65]. Le mot « pénurie de capacités » (*capacity crunch*) fut alors prononcé. En écho à ces déclarations, les industriels des câbles reconnaissent que l'on se rapproche de la « limite de Shannon », c'est-à-dire la quantité maximale de données que les fibres peuvent transmettre[66]. Ils admettent également l'existence de goulets d'étranglement, tels que les détroits empruntés par quantités de câbles stratégiques. Un incident dans l'un de ces nœuds pourrait

produire ses effets à une échelle continentale, voire mondiale. C'est le cas au niveau de la ville brésilienne de Fortaleza : « Il s'agit d'un point unique de défaillance potentielle pour tous les câbles sous-marins connectant le Brésil aux États-Unis, note une universitaire. Si Fortaleza faisait défaut, le trafic de données [qui y transite] serait suspendu[67] ». Cela est également vrai pour Alexandrie, en Égypte (où s'entrelacent cinq des plus importants circuits transnationaux[68]), ainsi que des détroits de Luçon et de Malacca. À l'inverse, un goulet d'étranglement peut naître non pas du surnombre, mais de la rareté des câbles qui s'y trouvent, rendant un pays entièrement dépendant d'une poignée de canaux (c'est le cas de la Nouvelle-Zélande, qui ne dépend que de trois d'entre eux). Le fait qu'un système soit détenu par une seule entité accroît également les menaces de déni de service[69], de même que des obstructions réglementaires : en 2011, l'Indonésie décréta en effet que seuls des vaisseaux battant pavillon local et composés d'un équipage autochtone pouvaient réparer une panne survenue dans leurs eaux territoriales. Or aucun navire n'était alors disponible, ce qui a entraîné retards et blocages[70]. Enfin, des paralysies pourraient naître de la pénurie de ressources humaines capables de traiter, dans l'urgence, un incident grave[71].

Pour autant, le réseau mondial n'est pas près de flancher par manque de bande passante : d'abord parce que les technologies de transmission ne vont cesser de se perfectionner et les câbles de concentrer toujours davantage de paires de fibre. D'ici à deux décennies, pensent même certains, la technologie quantique pourrait ouvrir la voie à la « transmission de données sans transmission », les particules n'ayant plus besoin d'être déplacées physiquement entre émetteur et récepteur[72]. Le réseau sera par ailleurs résilient parce que les architectes d'Internet l'optimiseront en en redessinant la géographie : la multiplication des *edge datacenters* (voir chapitre 6) permettra ainsi de traiter les données plus localement et de soulager les réseaux transcontinentaux. Andrew Ellis rétorque que tous ces efforts, s'ils ont repoussé les risques de *capacity crunch* bien au-delà de l'année 2023, ne règlent pas le problème de fond, celui de notre addiction aux données. Et, ajoute-t-il, nous ne cessons de repousser un problème que nous contribuons inlassablement à alimenter[73].

C’est frappé au coin du bon sens, mais qu’est-ce qui empêchera alors les richissimes GAFAM de dérouler – tout simplement – de nouveaux câbles, pas plus épais qu’une conduite d’eau domestique, pour absorber encore plus de térabits ? La planète est assez vaste pour en accueillir un nombre quasi infini… Cette réflexion en appelle une autre, plus intéressante : le fait que la technologie ait toujours un temps d’avance suffit-il à affirmer que les confins de cette odyssée ne seront jamais atteints ? En clair, nous heurterons-nous à d’autres plafonds encore impensés ? Car d’autres facteurs pourraient brider cette quête d’un perpétuel surpassement technologique : nos limites intimes. La première pourrait être, selon nous, la protection de notre santé physique : le classement en 2011, par l’agence de recherche sur le cancer de l’Organisation mondiale de la santé (OMS), des ondes électromagnétiques comme potentiellement cancérigènes[74] ne pourrait-il être que le premier d’une longue série d’alertes conduisant à une modération de nos usages numériques ? La seconde pourrait être la préservation de nos équilibres mentaux, comme le démontre la riche littérature désormais consacrée aux impacts des téléphones portables sur la psychologie des individus. La troisième n’est autre que la sauvegarde de notre vie privée et, *in fine*, de nos démocraties, fragilisées par la collecte des données et la violence des réseaux sociaux. Notons, enfin, l’impact écologique d’Internet dont le *material input per service unit* (MIPS) (voir chapitre 3) ne fera que s’alourdir à mesure que nous devrons creuser plus profondément pour extraire des ressources. Il est possible que nous diminuions un jour nos usages d’Internet, non pas parce que les réseaux ne le permettront plus, mais parce que la préservation de l’espèce, de l’environnement et de certaines valeurs l’exigera. En clair, les limites d’Internet seront moins techniques que politiques.

Ces questions ne se posent néanmoins quasiment pas de nos jours, tandis qu’Internet continue de gagner du terrain. Nous produisons toujours plus de données que nous catapultons toujours plus vite sur les autoroutes de l’information. Et la géopolitique des câbles n’endigue en rien ce phénomène. Elle ne fait, bien au contraire, que l’accélérer.

1. Propos tenus par le vice-président américain Al Gore au National Press Club de Washington, DC, le 21 décembre 1993.

2. Le câble a été baptisé d'après le fondateur de la Croix-Rouge Henry Dunant (1828-1910), également premier lauréat du prix Nobel de la paix.

3. Le premier, Curie, relie Valparaiso (Chili) à Los Angeles depuis 2019.

4. Orange possède également deux paires de fibre du câble Dunant. Contactée à maintes reprises, la direction de la communication du groupe n'avait jamais souhaité nous informer du jour de la pose du câble. Avec l'aide de plusieurs experts, nous avons suivi les déplacements de navires câbliers susceptibles de poser le Dunant, grâce à leur système de géolocalisation mis à jour en temps réel sur le site myshiptracking.com. Finalement, les informations nous ont été fournies par la société Louis Dreyfus TravOcean, participant à l'atterrage du Dunant en France.

5. Entretien avec David Walters, consultant indépendant au Royaume-Uni, anciennement ingénieur dans l'industrie des câbles de télécommunication, 2020.

6. Entretien avec Bertrand Clesca, fondateur d'OpticalCloudInfra (France) et consultant chez Pioneer Consulting, 2020.

7. Du cuivre, de l'acier ou de l'aluminium.

8. Dans la fibre, la lumière voyage à environ 66 % de sa vitesse dans les airs.

9. La citation est rapportée par Patrice Flichy, dans son ouvrage *Une histoire de la communication moderne*, La Découverte, 1991.

10. Entretien avec Jean-David Fabre, responsable des ventes Ciena, 2020. Pour une réflexion sur la notion de vitesse induite par la maîtrise de la lumière, lire en particulier Paul Virilio, *Cybermonde, la politique du pire*, Textuel, 2010.

11. « How Google is cramming more data into its new atlantic cable », *Wired*, 5 avril 2004.

12. Patrice Flichy, *op. cit*. L'auteur surnomme ainsi les fibres optiques, compte tenu de leur finesse et des pulsations de lumière qui y transitent.

13. « Tonga almost entirely offline after fault develops in undersea fibre-optic cable », *New Zealand Herald*, 24 janvier 2019.

14. Sans compter les câbles non officiels, déployés à des fins militaires ou de renseignement. En 2015, le géographe et artiste américain Trevor Paglen a réalisé un travail incroyable, photographiant aux quatre coins du monde les câbles optiques utilisés par la National Security Agency (NSA). Les images sont notamment disponibles dans les articles « Photos of the submarine internet cables the NSA probably tapped », *Wired*, 20 septembre 2016 et « Trevor Paglen Plumbs the Internet », *The New Yorker*, 22 septembre 2015

15. Google déploie actuellement un nouveau câble (baptisé Grace Hopper, du nom d'une chercheuse informaticienne américaine née en 1906 et morte en 1992) entre New York, la Grande-Bretagne et l'Espagne (« Google is laying a giant new undersea internet cable stretching from New York to the UK and Spain », *Business Insider India*, 28 juillet 2020) quand Facebook en déroule un autre (2Africa) tout autour de l'Afrique (« Cabling Africa : the great data race to serve the "last billion" », *Financial Times*, 31 janvier 2021). Telecom Egypt est propriétaire d'une paire de fibres sur le point d'unir l'Afrique du sud à l'île Sainte-Hélène, dans l'Atlantique sud (Equiano, voir « Telecom Egypt signs agreement with St Helena Government to provide it with its first subsea solution », *Capacity Media*, 2 novembre 2020) cependant que

le groupe Viettel raccorde le Vietnam, la Chine, le Japon et la Thaïlande (Asia Direct Cable, voir « Asia Direct Cable Consortium to build new Asia Pacific submarine cable », nec.com, 11 juin 2020).

16. Le câble est entré en service en février 2021. Lire « The Dunant subsea cable, connecting the US and mainland Europe, is ready for service », Google Cloud, 3 février 2021.

17. Conférence « Submarine Networks Europe, Middle East and Africa (EMEA) » 2020 : terrapinn.com/conference/submarine-networks-world-europe

18. Entretien avec Linsey Thomas, consultante britannique indépendante dans le domaine des télécoms, 2020.

19. Entretien avec Keith Schofield, conseiller stratégique chez Pioneer Consulting (États-Unis), 2020.

20. « Internet : la lutte pour la suprématie se joue sous les océans », *Les Échos*, 6 avril 2019.

21. David Fayon, *Géopolitique d'Internet. Qui gouverne le monde ?*, Economica, 2013.

22. « Submarine cables and the oceans: Connecting the world », International Cable Protection Committee, United Nations Environment Programme, World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC), décembre 2009.

23. « Un océan de câbles : menaces sous les mers, panique dans le cyberespace », RFI, 28 mars 2019.

24. « Internet, un monde bien réel », *La Croix*, 24 avril 2018.

25. « A broken submarine cable knocked a country off the internet for two days », The Verge, 8 avril 2018.

26. « Submarine cables and the oceans: Connecting the world », *op. cit.*

27. Les fileyeurs sont des navires de pêche pratiquant la dépose de filets sur les fonds marins.

28. « Sécurité, pêche… Une enquête publique lancée sur le plus grand câble sous-marin du monde qui passe par la Côte d'Opale », France info, 18 novembre 2019.

29. Entretien avec Antony Viera, secrétaire général au comité régional des pêches maritimes et des élevages marins (CRPMEM) Hauts-de-France, 2020.

30. « Submarine cables and the oceans: Connecting the world », *op. cit.*

31. *Ibid.*

32. « Vandals blamed for phone and Internet outage », CNET, 10 avril 2009.

33. « Vietnam's submarine cable "lost" and "found" », LIRNEasia, 2 juin 2007. L'événement n'est pas isolé puisque les gardes-côtes vietnamiens expliquent dans l'article qu'ils avaient déjà saisi des centaines de tonnes de câbles remontés par des bateaux de pêche.

34. « Internet, un monde bien réel », *op. cit*.

35. « Câbles transcontinentaux : des milliards de gigaoctets sous les mers », *Le Monde*, 24 juin 2018.

36. Dont 14 pour la Nouvelle-Zélande et 3 pour l'Australie.

37. « Undersea cables : Indispensable, insecure », Policy Exchange, 1er décembre 2017.

38. Kim Nguyen, *The Hummingbird Project*, 111 min, Belga Production / Item 7, 2018.

39. Avant la pose du Hibernia Express, l'histoire des câbles retient des situations où la rapidité détermine la réalisation des transactions boursières. « En 1836, une affaire de fraude télégraphique relance le débat sur l'usage de ce moyen de communication, deux banquiers bordelais avaient soudoyé un employé du télégraphe pour qu'il ajoute des signaux supplémentaires à la suite de l'envoi des dépêches officielles. Ce

système leur permettait d'être informé de l'évolution du cours de la rente d'État avant l'arrivée de la presse, qui était expédiée par malle-poste », rapporte Patrice Flichy dans *Une histoire de la communication moderne*, *op. cit*. Toujours selon l'auteur, « les deux banquiers bordelais n'étaient pas les premiers à découvrir la valeur de l'information dans l'établissement des cours de la Bourse. Déjà, sous la Restauration, les Rothschild avaient mis en place un système de courrier privé qui leur permettait de connaître, avant les autres, les principaux événements politiques et les cours des autres places. Ainsi, l'assassinat du duc de Berry, en février 1820, fut connu à Francfort par la maison Rothschild bien avant tout le monde. Elle prit alors ses dispositions et n'annonça la nouvelle qu'après avoir fait partir ses courriers et ses ordres ».

40. Entretien avec Alasdair Wilkie, directeur technique, affaires maritimes, Digicel Group, 2020.

41. Zones où la profondeur se situe au-dessous de 1 000 mètres.

42. « Route clearance for Hibernia Express », atlantic-cable.com, 28 janvier 2018.

43. Entretien avec Alasdair Wilkie, 2020.

44. Il s'agit de la Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince- Édouard.

45. « L'un d'eux était marin et nous a permis d'être sûrs de ne pas traverser une zone de pêche ancestrale », précise Wilkie.

46. « Dont une section du premier câble transatlantique déployé [en 1869] par les Français entre Brest et Saint-Pierre-et-Miquelon », précise Wilkie.

47. Appartenant aux groupes Encana et ExxonMobil.

48. Le rocher du Fastnet est situé à quelques kilomètres au sud de l'Irlande.

49. Entretien avec Laurent Campagne, consultant senior, AQEST, 2020.

50. « Hibernia Express transatlantic cable route connects New York to London in under 58.95 milliseconds », communiqué de presse du Submarine Telecoms Forum, 24 septembre 2015.

51. « Starlink, new competitor in HFT space? », Shortwaves Solutions, 16 septembre 2020.

52. « Hibernia Networks completes acquisition transaction by GTT », Business Wire, 9 janvier 2017. En 2017, Hibernia Atlantic revend son câble à l'entreprise GTT Communications pour 590 millions de dollars – soit presque exactement 10 millions de dollars la milliseconde.

53. Équipements électroniques ressemblant à des torpilles et permettant de relayer, tous les 80 kilomètres, les signaux numériques des câbles.

54. Entretien avec Bertrand Clesca, fondateur d'OpticalCloudInfra et consultant chez Pioneer Consulting, 2020.

55. « L'Ifremer mesure l'impact des câbles sous-marins », *Mer et Marine*, 25 juin 2019.

56. « Submarine cables and the oceans: Connecting the world », *op. cit.*

57. *Ibid.*

58. Entretien avec Alwyn du Plessis, PDG de Mertech Marine, 2020.

59. La liste des câbles récupérés par l'entreprise peut être consultée sur son site : mertechmarine.co.za/wp-content/uploads/2019/11/Mertech_Projects-and- cables_Proof-v2.pdf

60. Le premier câble récupéré par Mertech Marine fut une section de 350 kilomètres du TAT-1. L'entreprise affréta un navire en août 2008 en vue de revendre le cuivre. Le temps de retourner au port, la faillite de Lehman Brothers et la crise financière consécutive avaient fait chuter le prix du métal brun. Le modèle économique de l'entreprise était fortement fragilisé.

61. Entretien avec Bertrand Clesca, 2020.

62. Entretien avec Laurent Campagne, 2020.

63. « YouTube and Netflix are cutting streaming quality in Europe due to coronavirus lockdowns », CNBC, 20 mars 2020.

64. Entretien avec Laurent Campagne, 2020.

65. « Is the internet on the brink of collapse? The web could reach its limit in just eight years and use all of Britain's power supply by 2035, warn scientists », *The Daily Mail*, 2 mai 2015.

66. La limite de Shannon fut mise en évidence en 1948 par l'ingénieur américain Claude Shannon. Pour plus d'informations, lire l'article « Shannon's limit, or opportunity? », Ciena, 25 septembre 2017.

67. Lire la passionnante étude de Nicole Starosielski, professeure associée dans le département médias, culture et communication de l'université de New York, « Strangling the Internet », *Limn*, n° 10, « Chokepoints », avril 2018.

68. Il s'agit des FLAG (Fiber-optic Link Around the Globe), SEA-ME-WE 1, SEA-ME-WE 2, SEA-ME-WE 3 et AFRICA-1. Lire « Undersea cables : Indispensable, insecure », *op. cit.*

69. James Cowie, « Syrian web outage no surprise », Renesys Blog, 9 mai 2013.

70. « Strangling the Internet », *op. cit.*

71. *Ibid.*

72. Selon la mécanique quantique, une particule peut se trouver simultanément à deux endroits différents.

73. Entretien avec Andrew Ellis, professeur d'ingénierie et de sciences appliquées à l'université de Birmingham (Royaume-Uni), 2020.

74. « IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possible carcinogenic to humans », Press release n° 208, WHO/International Agency for Research on Cancer (IARC), 31 mai 2011.

10.

Géopolitique des infrastructures numériques

C’est désormais une évidence : nos vies numérisées sont dupliquées dans une infrastructure de métal, de béton, de verre, dont nous sommes des milliards de colocataires, distraits et indifférents. En marchant sur une plage avec un portable dans la poche, nous ne laissons pas seulement les traces de nos pas dans le sable, mais également dans des *datacenters* scandinaves stockant nos données de géolocalisation. Quand nous réalisons un *selfie* à la terrasse d’un café, nous n’y consommons pas uniquement une boisson, nous produisons des pixels qu’un ruban de verre propulsera, qui sait, jusque Virginia Beach. Cela signifie que nous nous dédoublons en permanence, littéralement ! Internet offre ce don d’ubiquité qui confère à nos actions une consistance physique ici même et à des milliers de kilomètres à la fois. Bref, sous couvert de tout dématérialiser, le numérique matérialise en fait deux fois ce que nous entreprenons. Or, qui dit matière dit présence, occupation, donc rapports de force, géopolitique. Car des questions cruciales surgissent à mesure que nous twittons, likons, postons, swipons, surfons – donc densifions la ramure du Net. Quelles régions du monde, certaines inviolées, vont se muer en nouveaux épicentres des autoroutes de l’information ? Quels États ou entreprises en détiendront le contrôle ? Avec quels moyens, éventuellement militaires, faudra-t-il les protéger ?

C’est un coup de tonnerre qui retentit, en avril 2020, au siège de l’entreprise Telecom Egypt, situé dans le quartier d’affaires de Smart Village, à l’est du Caire : selon la presse israélienne, Google et d’autres opérateurs Télécoms

projetteraient de déployer un câble, le Blue-Raman[1], entre Bombay et Gênes, en contournant le canal de Suez. Une première ! Emprunter Suez, c'est en effet choisir la route la plus courte entre l'Europe et l'Asie pour le transit des données[2]… L'ancien berceau des pharaons se sait, depuis des décennies, incontournable. Il en profite pour soutirer des millions de dollars de droits de péage aux opérateurs, à telle enseigne que « cela coûte autant d'argent d'emprunter 200 kilomètres de lignes téléphoniques égyptiennes que d'étendre la fibre depuis Singapour jusqu'à la France », s'étrangle, en exagérant probablement les chiffres, un professionnel de l'industrie des câbles sous-marins[3]. Mais de là à faire passer, comme le prévoit Google, le tracé du Blue-Raman par l'État d'Israël, dont nombre de voisins ne reconnaissent même pas l'existence (voir l'annexe 12)… Pour froisser le moins de capitales arabes possible, la multinationale a trouvé la parade diplomatique : un premier tronçon du Blue-Raman reliera l'Inde à la Jordanie via l'Arabie saoudite, puis on réémettra le signal dans un autre câble qui filera d'Israël à l'Italie. On garde le même contenu, mais on change le contenant : les apparences seront sauves pour Riyad, qui pourra jurer ne pas avoir traité avec l'État juif !

Outre des coûts de transport abaissés de 50 % et une latence très légèrement réduite, la voie israélienne présentera l'avantage de la diversification des autoroutes de l'information. En multipliant les itinéraires, Google sécurise donc les échanges de données, qui ne se trouveront plus seulement à la merci du verrou égyptien. Dans le même esprit, le futur câble Europe-Persia Express Gateway (EPEG), notamment opéré par Vodafone, passerait par l'Iran, au grand dam, à nouveau, du Caire (voir l'annexe 12). La carte mondiale des circuits optiques révèle donc une géopolitique nouvelle, où des régions et des États tirent parti d'un positionnement avantageux : Suez, mais également la Grande-Bretagne, le détroit de Malacca, Djibouti, Washington… Ces points chauds planétaires sont néanmoins concurrencés par des pays offrant d'accroître les dimensions de la Toile : l'Australie et la France[4], mais aussi le Brésil, récemment connecté au Portugal sans passer, comme cela se fait habituellement, par les États-Unis[5].

On observe d'ailleurs, à mesure que le réseau se diversifie, une baisse relative de la domination états-unienne sur l'armature du Net[6]. Même constat pour la Grande-Bretagne, peut-être à cause des incertitudes juridiques liées au Brexit ? « Depuis quatre à cinq ans, aucun nouveau projet n'y a atterri », note un expert[7]. Mais cela est également vrai de l'Europe en général, de plus en plus concurrencée par les câbles asiatiques pour le transport des données africaines[8]. Question d'influence, de croissance économique, mais aussi de résilience du réseau, tout un chacun ayant intérêt à se situer non pas aux marges, mais au cœur même du maillage optique qui, inexorablement, se dilate. Au point de renverser la place centrale occupée par l'Égypte et le Moyen-Orient sur les routes reliant l'Europe à l'Asie ? Un câble en particulier pourrait changer radicalement la donne… Un projet fou qui impliquerait de dérouler la fibre sur une route extrême jamais empruntée jusqu'alors : celle de l'océan Arctique.

Les nouvelles autoroutes de l'Arctique

Le pôle Nord lacéré de « cheveux de lumière » ? Le projet n'est pas nouveau : au début des années 2000, déjà, le groupe russe Polarnet entendait, avec le câble ROTACS[9], relier Londres à Tokyo via le passage du Nord-Est. Il s'agissait d'un programme pharaonique, s'élevant à près de 2 milliards de dollars, financé par un oligarque russe, Oleg Kim (voir l'annexe 13)[10]. La mise en service du câble, prévue pour 2016, ne se concrétisa pourtant jamais, certains expliquant cette déconvenue par les sanctions financières occidentales imposées à la Russie à la suite de l'annexion de la Crimée, en 2014[11]. À la même époque, l'entreprise canadienne Quintillion voulut également réaliser cette prouesse avec un câble optique, l'Arctic Fibre, reliant Tokyo à Londres via, cette fois-ci, le passage du Nord-Ouest (voir l'annexe 13)[12]. Une première section du câble fut posée et allumée en 2017, le long des côtes septentrionales de l'Alaska[13]. La suite nécessitait des moyens complètement fous : 14 brise-glaces et l'obtention de 275 autorisations et autres permis… Jusqu'à ce que l'on découvre une gigantesque fraude : afin d'obtenir des rallonges de crédit, la PDG de

Quintillion, Elizabeth Pierce, avait, faux documents à l'appui, fait croire à des investisseurs que le câble avait déjà trouvé sa clientèle[14]. Les 250 millions de dollars dépensés permirent de raccorder, en tout et pour tout, 13 000 personnes occupant des villages du nord de l'Alaska… soit près de 20 000 dollars par internaute connecté ! Depuis lors, le projet Arctic Fibre semble très fortement compromis.

C'est dans ce contexte qu'un troisième acteur a fait son apparition en 2019 : le finlandais Cinia et son câble baptisé Arctic Connect. L'itinéraire, qui doit être affiné, relierait le Royaume-Uni à la Chine via la Norvège, la péninsule de Kola (Russie), le passage du Nord-Est et le Japon[15]. Un consortium de cinq organismes[16] s'est entendu autour d'un financement estimé à environ 1 milliard d'euros, pour une mise en service prévue pour 2023. Cinia n'y voit que des avantages : le câble desservira, sur trois continents, 85 % de la population mondiale. Et puis, n'en va-t-il pas des chemins de verre comme des chemins de fer ? Avec l'Arctic Connect, les Finlandais sont en effet sur le point de débusquer le tracé le plus court et rectiligne possible de l'Europe à l'Asie. Celui-ci ne courra que sur 14 000 kilomètres – soit 12 000 de moins que la route empruntant le canal de Suez. Cela placerait les deux continents à 150 millisecondes l'un de l'autre, reléguant la « route égyptienne » et ses interminables 250 millisecondes au rang de vulgaire voie communale, d'itinéraire bis pour automobilistes sans le sou. Cela ravirait les traders londoniens, francfortois et tokyoïtes, nombre fournisseurs de service et, qui sait, « les joueurs connectés japonais qui voudraient jouer en ligne avec des Français », croit l'universitaire finlandais Juha Saunavaara[17].

Les opérations de déploiement et de maintenance ne seront guère facilitées par les conditions climatiques extrêmes. « Si c'était moi qui commandais la pose d'un tel câble, je demanderais un dossier technique en béton », jure un spécialiste. Mais voyons le bon côté des choses : la fonte des glaces rend le travail des brise-glaces plus aisé. En conséquence, cette e-colonisation de l'Arctique va faire surgir sur les radars des régions jusque-là tenues à la périphérie de la « toile » de verre. Transport et stockage de données allant de pair, « des villes finlandaises comme Rovaniemi, Kajaani et Raseborg pourraient

devenir des plaques tournantes de l'industrie des centres de données, prédit Juha Saunavaara. L'activité à Luleå, en Suède, serait également accrue[18] ». Même les 3 500 habitants de Kirkenes, une minuscule bourgade dans l'extrême nord de la Norvège, se voient déjà en haut de l'affiche. Située sur le tracé du futur câble, Kirkenes pourrait accueillir des *datacenters*, si bien qu'on lui fait miroiter le titre de « hub mondial pour la transmission de *data*[19] » !

L'Arctic Connect pourrait aussi profiter à la Russie, qui se projette en puissance polaire. Déjà partie prenante dans le financement du câble, Moscou pourrait vouloir transmuer certaines villes sibériennes, telles que Mourmansk, bientôt tutoyée par la fibre, en reine du nouveau pétrole : les données. La stature numérique de Moscou sera naturellement confortée. D'une manière générale, le câble « déplacera le centre de gravité géographique du trafic de données transitant entre l'Asie et l'Europe », analyse un média norvégien couvrant la région arctique[20], et « signifiera également [l'avènement d'une] "géopolitique différente" », prédit un conseiller en la matière[21]. Si ces nouveaux équilibres demeurent difficiles à apprécier, une chose est déjà certaine aux yeux de Cinia : l'Arctic Connect sera respectueux de l'environnement[22]. Pour ce qui est, en revanche, de l'impact des activités économiques stimulées, au milieu des glaces polaires, par le passage de l'auguste fibre, c'est une autre histoire… « Déontologiquement, je serais gêné si on me proposait de contribuer à la réalisation d'un tel projet, confie un consultant. Il ne fera qu'accélérer l'installation de *data-centers* le long de son tracé ! Tout cela n'est pas bon pour l'environnement. » Mais trêve d'états d'âme ! Tandis que l'Arctic Connect accroît l'exposition du pôle Nord, la Chine œuvre elle aussi, au moyen de ses autoroutes maritimes, à rééquilibrer la géopolitique des câbles vers l'Extrême-Orient et l'Eurasie.

QUAND LA CHINE DÉPLOIE SA « ROUTE DE LA SOIE NUMÉRIQUE »

En 2015, la Commission nationale pour le développement et la réforme, soit le principal régulateur économique de la Chine, publia un rapport dont on dira peut-être dans quelques décennies qu'il a contribué à transformer la face du monde. Les bureaucrates chinois y exposèrent un programme de construction de câbles optiques transnationaux considérable afin, écrivirent-ils, de « créer une route de la soie de la communication[23] ». Deux ans plus tôt, le président Xi Jinping avait déjà lancé les « nouvelles routes de la soie[24] », un chantier titanesque de construction d'infrastructures routières, ferroviaires et portuaires depuis l'empire du Milieu jusqu'à l'Afrique et l'Europe de l'Ouest, en passant par l'Asie centrale et l'océan Indien. D'ici à 2027, 1 200 milliards de dollars seront investis dans une soixantaine de pays pour matérialiser cette ambition, et voici que Pékin lui greffe dorénavant un volet numérique.

Il s'agit, comme l'exposait le leader chinois[25], de renforcer la coopération internationale dans l'intelligence artificielle, les nanotechnologies, l'informatique quantique ou encore le *cloud*. La Chine a d'ailleurs prévu d'investir 79 milliards de dollars dans le déploiement d'équipements téléphoniques, de technologies de surveillance, la construction de *smart cities* et, bien sûr, d'un ambitieux réseau de câbles sous-marins. Pékin aurait allumé – ou déroulerait actuellement – des circuits optiques dans 76 pays, depuis ses proches voisins jusqu'à… l'Amérique latine. L'un des plus emblématiques est assurément le PEACE (Pakistan and East Africa Connecting Europe), qui reliera en 2022 les ports de Gwadar, au Pakistan, et Marseille (voir l'annexe 14)[26]. Ce réseau optique est d'ores et déjà coiffé du système de navigation satellitaire BeiDou (BDS), offrant des services de géolocalisation et de navigation ultra-performants (on parle de « route de la soie spatiale »). En résumé, pour Pékin, les « routes de la soie » sont inconcevables sans technologies de l'information, véritable « glu digitale » pour les infrastructures édifiées sur la terre ferme[27].

La Chine poursuit ici trois objectifs :

- L'extension de ses intérêts économiques. La multiplication des circuits optiques lui permettra en effet d'étendre au reste du monde les services numériques des fameux BATX : le moteur de recherche de l'entreprise Baidu ; le site de vente en ligne Alibaba ; les jeux en ligne et les

applications mobiles du groupe Tencent[28] ; les objets connectés de la firme Xiaomi. Les BATX totalisent 1 885 milliards de dollars de valeur commerciale. « Grâce aux ponts sous-marins tels que PEACE et à la bande passante additionnelle, les internautes du monde entier seront plus enclins à passer par les plateformes chinoises », pronostique un expert des télécommunications sous-marines[29].

• L'expansion de son modèle politique. La route de la soie numérique permet déjà à Pékin de commercialiser, partout dans le monde, ses technologies de surveillance. La société chinoise CloudWalk a ainsi vendu ses logiciels de reconnaissance faciale au Zimbabwe cependant que son concurrent Yitu a proposé les siens aux autorités malaisiennes. La multinationale Huawei a récemment aidé les gouvernements ougandais et zambiens à intercepter les communications cryptées de leurs opposants politiques et à surveiller leurs déplacements[30]. Sont à vendre également : des logiciels de filtrage des contenus d'Internet et de modération des réseaux sociaux conçus par Alibaba et Tencent[31]. « La Chine cherche [ainsi] à exporter [son] modèle de cybercontrôle autoritaire », peut-on lire dans le journal suisse *Le Temps*[32].

• La protection de ses intérêts sécuritaires. En édifiant sa propre infrastructure de communication, la Chine entend contrer ce qu'elle considère comme une « intolérable hégémonie » occidentale sur l'architecture centrale d'Internet[33]. Une telle situation n'est pas compatible avec la sécurité des réseaux de communication chinois sans lesquels, a averti Xi Jinping, « il ne peut y avoir de sécurité nationale[34] ». Les stratèges du Parti communiste chinois (PCC) sont par ailleurs persuadés que « la lutte pour la maîtrise de l'information déterminera l'issue de futurs conflits », note un chercheur[35].

L'analyse de cette stratégie nous indique à quel point Pékin pose, chaque jour, les jalons d'une « véritable feuille de route géopolitique, tandis que nous, les Occidentaux, ne faisons que du business », pense un spécialiste, sous le

couvert de l'anonymat. L'apport des circuits de verre à l'expansion du *soft power* chinois est essentiel, peut-être même primordial au regard de l'ensemble des infrastructures déployées le long des nouvelles routes de la soie. « Transporter des matières premières, c'est important, mais faire transiter des données, c'est devenu encore plus vital », confirme Jean Devos, ancien directeur d'Alcatel Submarcom[36]. Bien sûr, il y aura toujours des commentateurs pour mâtiner ce programme de nobles intentions, à l'instar de cet universitaire chinois, cité par l'agence de presse officielle du PCC, affirmant que la route de la soie digitale promouvra, grâce à la collecte et l'étude de données environnementales, le développement durable, la croissance verte et le bien-être humain[37].

Il faut en réalité être complètement idiot pour donner une once de crédit à ces onctueuses déclarations. Répétons-le : ce n'est pas dans l'ADN d'Internet de se préoccuper d'environnement – sinon, d'ailleurs, le réseau n'existerait peut-être pas, ou du moins pas sous sa forme actuelle. La réalité est beaucoup plus prosaïque… Internet est un nouvel instrument au service de la quête de pouvoir et d'argent. Pékin a parfaitement compris que les divertissements numériques ne seront, au XXIe siècle, que la continuation de la guerre, par d'autres moyens. Nous allons consommer toujours davantage de contenus digitaux, pas seulement parce que les câbles seront plus dilatés et les *datacenters* plus performants, mais parce que les données sont le nouveau carburant de ces éternels moteurs de l'histoire que l'on appelle la quête de puissance, de prestige, d'influence et de prospérité – auxquels la Chine et ses rivaux aspirent. En conséquence, la géopolitique d'Internet et les nouveaux rapports de force que le réseau cristallise renforceront la vigueur de l'industrie numérique – donc son impact écologique.

SYSTÈMES OPTIQUES CONTRE NAVIRES CÂBLIERS : LA SAGA GLOBAL MARINE

Mais, du rêve à la réalité, il y a un monde ! Car Pékin doit d'abord maîtriser l'ensemble des technologies câblières, depuis la fabrication de la fibre jusqu'à

son déploiement. En fait de circuits optiques, les Chinois ont toujours accusé un retard, longtemps jugé irrattrapable, sur les États-Unis, la Grande-Bretagne, la France et le Japon. Mais voici qu'intervient Huawei : au début des années 2000, le mastodonte industrialise déjà des technologies optiques et des terminaux. Il lui manque néanmoins un savoir-faire dans la fabrication des câbles : il l'aurait, affirme une source sous couvert d'anonymat, tout récemment obtenu via l'une de ses filiales, auprès du français Nexans, à qui il a acheté 6 000 kilomètres de câbles… avant de les reproduire ! Huawei savait également usiner les répéteurs[38], mais péchait sur leur étanchement et leur raccordement : c'est une compétence que la firme aurait acquise plus tôt auprès de divers sous-traitants des entreprises Alcatel et SubCom. Dernier point, et non des moindres, le segment industriel comptant pour 20 à 30 % des coûts de déploiement de la fibre : les navires câbliers.

Les années 2000 battent leur plein et Huawei se rapproche de la société britannique Global Marine, l'un des plus gros poseurs mondiaux de câbles d'énergie sous-marins. Huawei lui vante ses ambitions dans le déploiement des câbles Internet et sa maîtrise des systèmes optiques. La complémentarité avec Global Marine, qui convoite notamment le marché chinois, tombe sous le sens. En 2008, une *joint-venture* (une coentreprise) baptisée Huawei Marine Networks voit le jour[39]. Plusieurs consultants britanniques apportent également leur expertise. Ce qui se produit par la suite demeure obscur. Selon plusieurs sources, qui n'étayent néanmoins pas leurs dires, cette coentreprise aurait facilité, dix ans durant, des transferts de technologie de Global Marine à Huawei Marine. Ce n'est pas tout, puisque, de la sorte, « les consultants britanniques ont [également] ouvert aux Chinois leur réseau de sous-traitants : les fournisseurs d'aluminium, de cuivre, de composants électroniques, de soudeuses, de câbleuses… Tout un écosystème auquel Huawei était étranger. Les Chinois ont gagné dix ans dans cette affaire », calcule Jean Devos[40].

La coentreprise prospère jusqu'en 2019, année où Global Marine revend, pour 285 millions de dollars[41], toutes ses parts détenues dans Huawei Marine – y compris la flotte de navires câbliers – à la société chinoise Hengtong Optic-Electric. On susurre qu'il était impossible au fonds américain HC2, actionnaire

unique de Global Marine, de résister aux sirènes d'une si belle opération financière… Quant à l'entreprise Hengtong, cette acquisition la propulse dans une nouvelle dimension puisqu'elle devient ainsi l'un des rares groupes à maîtriser toutes les étapes de la chaîne de valeur : câbles, répéteurs, terminaux et flotte ! « Ils peuvent se présenter chez n'importe qui en disant : "Je vous délivre le système clés en main" », constate Devos[42]. En une vingtaine d'années, Pékin a donc conduit avec succès une stratégie d'autonomie dans le secteur, ô combien critique, des câbles optiques. « Ils ont opéré dans ce business comme dans toutes les autres industries depuis quinze ans : en allant chercher des compétences à l'étranger pour former leurs propres ingénieurs et se hisser au niveau des puissances occidentales », note un expert[43]. Les Occidentaux ne peuvent que s'en prendre à eux-mêmes. D'abord parce qu'ils ont accueilli la Chine avec condescendance, voire arrogance, doutant de son talent et tentant même de lui bloquer l'accès à un marché dans lequel ses prétentions étaient pourtant légitimes. Pis, « il y a eu une grande naïveté de notre part, reconnaît Jean Devos. Non seulement nous n'avions pas prévu la venue des Chinois, mais, quand ils sont arrivés, on n'y a pas cru[44] ! ».

Chez Huawei Marine (désormais appelée HMN Tech), on continue, comme le dit poliment un professionnel, « de siniser la situation[45] ». Ainsi, Mike Constable, citoyen néo-zélandais et président de la firme, serait sur le point d'être débarqué. « Cela nous dit qu'une fois qu'on a utilisé l'Occidental en tant qu'aide pour faire du business, on s'en débarrasse », analyse un consultant[46]. Face à l'inéluctable réveil chinois, les Occidentaux vont-ils privilégier la coopération pacifique ou bien l'affrontement ? À moins que, tout à notre quête éperdue de vitesse et de puissance, nous ne prenions même pas la peine d'y réfléchir… Au fond, aurons-nous seulement l'intention d'avoir une intention ? Il ne faudrait pas qu'à trop inspecter le fond des mers, nous oubliions de prendre de la hauteur sur le cours de ce siècle naissant… Quant à la Chine, entend-elle déployer sa propre toile mondiale, parallèle et indépendante du réseau Internet actuel ? Un coup d'œil à un planisphère suffit à constater que Pékin tisse une boucle optique autour du globe en passant notamment par l'hémisphère Sud… Ce qui est certain, c'est que l'irruption de l'empire du Milieu dans l'industrie

câblière signe un formidable renversement de l'histoire. À l'époque où les Européens tiraient jusqu'à l'Afrique leurs circuits baptisés « Fraternité » ou « Amitié » succède celle où Pékin s'apprête à faire atterrir PEACE (« Paix ») à Marseille, non sans avoir provoqué au passage des inquiétudes, côté français, sur les risques d'espionnage que cette opération induit.

LE JOUR OÙ DES ARMÉES PROTÉGERONT LE RÉSEAU

L'histoire s'accélère. Car avec sa *« digital silk road »*, la Chine va dorénavant devoir sécuriser ses infrastructures câblières, muées en cibles idéales en cas de conflit. Ce défi a déjà été identifié par les Occidentaux, inquiets de la pérennité de leurs autoroutes de l'information : « Le risque posé par ces connexions […] transportant tout, depuis des renseignements militaires jusqu'aux données financières mondiales, est réel et croissant », a ainsi souligné dans un rapport Rishi Sunak, à l'époque membre du parlement britannique[47]. La moindre attaque, poursuit-il, serait « potentiellement catastrophique », causant des perturbations économiques significatives et endommageant les communications militaires[48]. À en croire Rishi Sunak, la Russie n'exclurait plus de sectionner des câbles de télécommunications, comme elle l'a d'ailleurs fait lors de l'invasion de la Crimée, afin de contrôler les flux d'information en période de guerre. À moins que Moscou ne « branche » des sous-marins sur des câbles pour capter les informations qui y transitent ? Après tout, c'est possible puisque Washington, Pékin et Paris le font déjà[49] ! La réalité d'une telle menace fait débat. Quoi qu'il en soit, les nouveaux intérêts matériels chinois, le long de la route de la soie – physique comme numérique – sont déjà l'objet d'attaques régulières.

C'est particulièrement vrai le long du China-Pakistan Economic Corridor (CPEC). Ce sont 3 000 kilomètres de réseaux de communication mêlant infrastructures routières, ferroviaires et énergétiques qui relient la ville de Kashgar, dans le Xinjiang, au port pakistanais de Gwadar, sur les rives de la mer d'Arabie[50]. Et puis il s'agit également du tracé de l'extension terrestre du câble

PEACE. Or le CPEC – donc le câble – traverse des régions très instables, à commencer par le Baloutchistan, dans le sud du Pakistan. Les intérêts chinois y sont régulièrement fragilisés par des agressions, orchestrées par des séparatistes baloutches, qui doutent que les retombées des routes de la soie bénéficient à leurs communautés. Attaque armée d'un hôtel à Gwadar où résident des expatriés chinois[51], embuscade tendue à un convoi d'employés du secteur pétrolier[52], tentative d'assaut de la Bourse de Karachi, détenue en partie par des entreprises chinoises[53]… Pékin doit composer avec des menaces croissantes, à mesure que ses positions internationales se multiplient. Dans ces conditions, que peut faire son armée ?

Le PCC n'a, traditionnellement, guère été enclin à étendre le périmètre d'action de l'Armée populaire de libération (APL). En 1998, déjà, il affirmait qu'il ne « stationnerait aucune troupe ou n'installerait aucune base militaire dans aucun pays étranger[54] ». Par le passé, la Chine s'est maintes fois engagée à ne pas se mêler des affaires intérieures des pays où elle est présente. Mais un changement de doctrine est d'évidence à l'œuvre… La démonstration la plus éclatante est l'installation par Pékin de sa première base militaire permanente à Djibouti en 2017. Et, depuis 2016, des éléments de l'APL patrouillent, avec le blanc-seing des autorités locales, dans certaines régions afghanes et tadjikes proches de ses frontières occidentales, où perdurent des menaces terroristes. D'où cette inévitable question : l'empire du Milieu va-t-il projeter son armée dans son voisinage immédiat, voire lointain, afin de protéger les infrastructures – ports, chemins de fer, câbles optiques, stations satellites terrestres – qu'il déploie le long des routes de la soie ? Pour de nombreux analystes, c'est une évidence absolue. Pékin ne s'en cache d'ailleurs pas, ayant déjà affirmé que « là où les intérêts nationaux s'étendent, le soutien de l'armée doit suivre[55] ».

À quel horizon cette ambition se matérialisera-t-elle ? Personne ne sait, mais il semble que cette présence s'accélérera à mesure que des crises – attaques terroristes notamment – le justifieront. Quelle forme prendra-t-elle ? La question est difficile. L'armée chinoise manque de personnel qualifié et de capacités de commandement d'opérations armées[56]. S'ajoute un enjeu de réputation, alors que la crise du Covid-19 a terni l'image de la Chine à l'international. En

revanche, Pékin jouit d'un vivier de trois millions de professionnels, employés dans cinq mille sociétés de sécurité privée. Une poignée d'entre elles dispose à ce jour d'une capacité d'action à l'international : China Cityguard Security Service, active au Pakistan, China Overseas Security Group et, surtout, la firme Frontier Services Group. Fondée en 2014 par Erik Prince, ancien dirigeant de la société américaine Blackwater Security[57], l'entreprise compte le conglomérat financier chinois CITIC (« China International Trust and Investment Corporation ») comme premier actionnaire. Les sociétés de sécurité privée pourraient protéger, discrètement, les infrastructures de l'empire du Milieu… Mais suffiront-elles au regard du gigantisme de la tâche ?

Pour se projeter prudemment à l'international, les stratèges pékinois songeraient également à transmuer certains ports commerciaux, aujourd'hui contrôlés par des sociétés civiles chinoises, en bases navales. C'est notamment le cas de Gwadar, point de passage du câble PEACE. Preuve de l'importance de ce nœud logistique : l'entreprise Chinese Overseas Ports en a pris le contrôle fin 2015. Or, selon Jonathan Hillman, chercheur et auteur d'un livre sur la nouvelle route de la soie, les Pakistanais ont, probablement en 2014, offert à la Chine d'y abriter ses navires de guerre. « Je ne sais pas à quel point les Chinois se sont montrés enthousiastes à cette perspective, tempère-t-il. Sur le court terme, il est peu probable que Pékin déploie une présence militaire à Gwadar sur le même modèle qu'à Djibouti. Mais cela ne surprendra personne si un tel scénario se concrétise un jour[58]. » Cette éventualité a en tout cas « généré des inquiétudes considérables [notamment chez certains militaires américains] à propos du potentiel d'expansion de l'armée chinoise », note une universitaire[59], et pourrait accroître les tensions avec les États-Unis et avec d'autres États voisins de la Chine.

L'empire du Milieu ne cherche-t-il sincèrement qu'à protéger ses intérêts matériels avec l'objectif de privilégier, toujours, la voie diplomatique ? Ou bien les routes de la soie servent-elles de « prétexte avancé pour déployer sa présence militaire à l'international », comme le pense Hillman[60] ? Y répondre supposerait de sonder les intentions du PCC, qui restent impénétrables. Et voilà que l'ignorance fait place à l'aveuglement : nous ne comprenons pas que nous

enfantons un monde où les divertissements généreront des tensions, voire des conflits, parce qu'ils ne nous seront offerts qu'au prix d'un impact spatial, matériel, dont nous ne pourrons jamais nous soustraire. Au XXIe siècle, des États seront prêts à se faire la guerre pour que nous puissions nous distraire, puisque, quoi qu'en disent les chantres de la dématérialisation, la matière continuera de nous gouverner aussi assurément que la flèche du temps, la force gravitationnelle et les lois de la thermodynamique.

L'EUROPE À LA RECHERCHE D'UNE SOUVERAINETÉ NUMÉRIQUE

À plus court terme, la montée en puissance de la Chine dans l'industrie câblière ne doit pas conduire les Occidentaux à dépendre d'infrastructures *made by China*, et dont le PCC pourrait perturber le fonctionnement. De telles inquiétudes sont tout sauf théoriques, puisque l'administration Trump a déjà bloqué, en 2020, le projet de câble PLCN[61] censé relier Hong Kong à Los Angeles. En cause : l'implication de l'investisseur hongkongais Pacific Light Data Communication, aux côtés de Facebook et Google, dans le financement du câble – une éventualité inacceptable pour les États-Unis, qui craignaient que ce circuit optique ne permette à la Chine de collecter les données de citoyens américains[62]. Encore faut-il que l'industrie câblière occidentale ait la capacité de maintenir la viabilité de son modèle économique. La question paraît aberrante quand on sait combien les usines des plombiers du Net tournent actuellement à plein régime. On parle ici d'un secteur qui, en dépit de son indéniable dimension stratégique, est presque intégralement privatisé. Les industriels y sont dès lors particulièrement exposés aux cycles économiques, eux-mêmes rythmés par d'incessantes perturbations (éclatement de la bulle Internet en 2001, crise des *subprimes* en 2008…). De plus, les GAFAM, au vu de leur poids, exercent une forte pression sur les prix et contraignent leurs partenaires d'affaires à réduire leurs marges financières. En conséquence, « peu de gens sont prêts à prendre le pari d'investir dans de telles entreprises », constate un professionnel[63]. À

l'échelle mondiale, l'industrie opère donc tout au plus avec une trentaine de navires câbliers transocéaniques[64], pour l'essentiel répartis entre trois principaux acteurs : le français Alcatel Submarine Networks (ASN), l'américain SubCom et le japonais NEC[65]. Ajoutez à cela la difficulté de la filière à recruter des jeunes (« car le mot "*big data*" n'est pas écrit dans la fiche de poste », se désole un professionnel), et l'on se retrouve avec des armateurs qui pourraient peiner à se maintenir à flot…

« L'infrastructure globale repose sur des fournisseurs qui ne sont pas super-costauds », confirme le consultant français Bertrand Clesca[66]. Que se passerait-il si certains d'entre eux venaient, durant des années de vaches maigres, à ne plus honorer leurs engagements ? On peut penser que les GAFAM interrompraient, un temps, leur guerre des prix afin de ne pas « couler » leurs partenaires stratégiques. « Peut-être qu'ils se sont même imaginés, dans le pire des cas, racheter l'un d'entre eux… », veut croire le consultant[67]. Émerge alors le risque que des États se retrouvent subordonnés à de puissants conglomérats privés dont les visées économiques ne coïncideraient pas avec leur exigence de sécurité nationale… « Il n'existe aujourd'hui pratiquement pas un câble sans que Facebook et Google ne mettent la main à la poche », observe un expert des circuits optiques. Jusqu'où ira leur contrôle de l'armature du Net, et dans quelles situations de dépendance aux entreprises les plus puissantes du monde les Occidentaux seront-ils placés ? « On est en train d'assister à une privatisation d'une partie d'Internet au profit de quelques acteurs sans que cela n'émeuve personne », s'inquiète un spécialiste des télécommunications sous-marines[68].

Un premier test politique a été résolu avec le devenir d'Alcatel Submarine Networks. L'industriel français est, depuis 2016, la propriété de Nokia. Les performances du groupe finlandais sont néanmoins mitigées et des rumeurs de rachats hostiles ont fréquemment fait surface… On parle pourtant d'un outil de souveraineté numérique, qui permet à l'Europe de conserver une technologie dont seule une poignée de pays bénéficie à ce jour. C'est pourquoi « il est déterminant qu'ASN demeure un actif européen, afin de ne pas dépendre d'un câblier non européen qui pourrait imposer sa loi », prévient un cadre d'une entreprise câblière. Paris serait néanmoins au fait de ces enjeux… « Il est clair

qu'il s'agit d'une société sous surveillance », assure un spécialiste. Quant à la France qui contrôlerait un câble – et les données qui y transitent – à 100 %, « c'est déjà trop tard, observe un consultant. Il faudrait qu'une telle stratégie soit conduite à l'échelle européenne[69] ». Et que les internautes divertis prennent conscience que la dimension ludique d'Internet dissimule une fabuleuse accélération des logiques de puissance.

1. Le câble tire son nom de celui du physicien indien Chandrasekhara Venkata Raman (1888-1970), connu pour ses travaux sur la diffusion moléculaire de la lumière.

2. « Israel to play key role in giant Google fiber optic cable project », *Haaretz*, 14 avril 2020.

3. Sunil Tagare, « Facebook's apartheid of Israel in 2Africa », 21 mai 2020. Disponible sur le compte LinkedIn de l'intéressé.

4. La ville de Marseille, en particulier, est devenue un hub mondial pour l'atterrage des câbles optiques.

5. « EllaLink's transatlantic submarine cable has already anchored in Portugal », BNamericas, 6 janvier 2021.

6. Félix Blanc, « Géopolitique des câbles : une vision sous-marine de l'Internet », Centre pour la technologie et la société, département de droit, Fundaçao Getulio Vargas (FGV Direito Rio Bresil), juin 2018.

7. Entretien avec Bertrand Clesca, fondateur d'OpticalCloudInfra et consultant chez Pioneer Consulting, 2020.

8. Les projets de câbles avortés nous renseignent également sur les territoires en guerre et sur les affrontements entre nations. Impossible, par exemple, de relier les Émirats arabes unis et Oman à la Turquie via la dangereuse Syrie. Et en 2018, l'Australie, craignant des opérations d'espionnage, a refusé au groupe chinois Huawei la possibilité de faire « atterrir » un câble sur son territoire. Lire « Australia supplants China to build undersea cable for Solomon Islands », *The Guardian*, 13 juin 2018.

9. Russian Optical Trans-Arctic Cable System.

10. The Arctic: A new internet highway?, Arctic Yearbook, 2014.

11. « Geography of the global submarine fiber-optic cable network: the case for Arctic ocean solutions », *Geographical Review*, juin 2020.

12. « Arctic subsea communication cables and the regional development of northern peripheries », *Arctic and North* n° 32, septembre 2018.

13. « Quintillion activates Arctic subsea cable », Submarine Cable Networks, 13 décembre 2017.

14. « Charges: Ex-Quintillion CEO duped investors in Arctic broadband project », Alaska Public Media, 12 avril 2018. Arrêtée en avril 2018, Elizabeth Pierce fut condamnée, en 2019, à cinq années de prison. Parmi les investisseurs lésés, on compte les entreprises françaises Natixis et Alcatel Submarine Networks.

15. « Melting Arctic means new, and faster, subsea cables for high-speed traders », Bloomberg, 12 septembre 2019.

16. Dont le japonais Sojitz Corporation et le norvégien Bredbåndsfylket Arctic Link AS.

17. Entretien avec Juha Saunavaara, professeur au Centre de recherche arctique, université d'Hokkaido (Japon), 2020.

18. Entretien avec Juha Saunavaara, 2020.

19. « Major step towards a Europe-Asia Arctic cable link », The Barents Observer, 6 juin 2019.

20. « Data cables are the new trading routes », The Barents observer, 15 juin 2017.

21. Entretien avec Keith Schofield, conseiller stratégique, Pioneer Consulting, 2020.

22. « Arctic Telecom cable initiative takes major step forward », Cinia, 6 juin 2019.

23. « Vision and actions on jointly building Silk Road Economic Belt and 21st-Century Maritime Silk Road », National Development and Reform Commission (NDRC), Ministry of Foreign Affairs, and Ministry of Commerce of the People's Republic of China, 28 mars 2015.

24. En anglais, *« Belt and Road Initiative »* (BRI).

25. « Full text of President Xi's speech at opening of belt and road forum », Xinhuanet, 14 mai 2017.

26. Une bretelle de PEACE desservira également la façade Est du continent africain jusqu'aux Seychelles. Voir peacecable.net

27. « China's "One Belt, One Road" takes to space », *The Wall Street Journal*, China Real Time Blog, 28 décembre 2016.

28. Notamment la très populaire messagerie WeChat.

29. Entretien avec Laurent Campagne, consultant senior, AQEST, 2020.

30. « Huawei technicians helped African governments spy on political opponents », *The Wall Street Journal*, 15 août 2019.

31. « Made-in-China censorship for sale », *The Wall Street Journal*, 6 mars 2020.

32. « La route de la soie numérique, le nouveau péril chinois ? », *Le Temps*, 25 avril 2019.

33. « The space and cyberspace components of the Belt and Road Initiative », à lire dans le rapport du National Bureau of Asian Research, « Securing the Belt and Road Initiative. China's evolving military engagement along the Silk Roads », 3 septembre 2019.

34. *Ibid.*

35. *Ibid.*

36. Entretien avec Jean Devos, ancien directeur d'Alcatel Submarcom/ASN et ancien directeur du marketing chez Tyco SubCom, 2020.

37. Lire « Digital Silk Road on path to sustainable development: expert », Xinhuanet, 5 septembre 2017.

38. Équipements électroniques permettant de relayer, en moyenne tous les 80 kilomètres, les signaux numériques des câbles.

39. « Huawei Marine joint venture launched », Lightwave, 19 décembre 2008.

40. Entretien avec Jean Devos, 2020.

41. « Global Marine Group sells its stake in Huawei Marine Networks », Offshore Energy, 30 octobre 2019.

42. Entretien avec Jean Devos, 2020.

43. Entretien avec Laurent Campagne, 2020.

44. Entretien avec Jean Devos, 2020.

45. *Ibid.*

46. Entretien avec Laurent Campagne, 2020.

47. « Undersea cables: Indispensable, insecure », Policy Exchange, 1er décembre 2017.

48. *Ibid.*

49. « Comment la France écoute (aussi) le monde », *L'Obs*, 25 juin 2015.

50. À l'heure où ces lignes sont écrites, la construction du CPEC semblait subir des retards. Lire notamment « What happened to the China-Pakistan Economic Corridor ? », The Diplomat, 16 février 2021.

51. « Pakistani separatist groups unite to target China's Belt and Road », *Nikkei Asia*, 1er août 2020.

52. « Pakistani militants opposing Belt and Road kill 14 security men », *Nikkei Asia*, 16 octobre 2020.

53. « Rising attacks by Baloch separatists increase risks, costs of BRI projects in Pakistan: Report », *The Economic Times*, 20 juillet 2020.

54. Livre blanc sur la défense publié en 1998 par Pékin : china.org.cn/e-white/5/index.htm

55. « Securing the Belt and Road Initiative. China's evolving military engagement along the Silk Roads », National Bureau of Asian Research, *op. cit.*

56. « The dawn of a PLA expeditionary force? », National Bureau of Asian Research, « Securing the Belt and Road Initiative. China's evolving military engagement along the Silk Roads », *op. cit.*

57. Blackwater Security fut très active en Irak, durant la deuxième guerre du Golfe.

58. Entretien avec Jonathan Hillman, chercheur au Center for Strategic and International Studies (CSIS), 2020, et auteur de *The Emperor's New Road. China and the Project of the Century*, Yale University Press, 2020.

59. Guifang (Julia) Xue, « The potential dual use of support facilities in the Belt and Road Initiative », à lire dans le rapport « Securing the Belt and Road initiative. China's evolving military engagement along the Silk Roads », *op. cit.*

60. Entretien avec Jonathan Hillman, 2020.

61. Pacific Light Cable Network.

62. « Facebook and Google drop plans for underwater cable to Hong Kong after security warnings », ZDNet, 1er septembre 2020. À la place, le câble n'opérera qu'entre les États-Unis, Taïwan et les Philippines.

63. Entretien avec Bertrand Clesca, 2020.

64. Nuance : « Il se pourrait que des navires poseurs de câbles télécom puissent être reconvertis. Mais les navires poseurs de câbles optiques demeurent tout de même des vaisseaux très spécifiques », nous dit Bertrand Clesca.

65. Aux côtés de ces trois acteurs coexiste également le chinois Huawei, « et puis pas grand-chose, confie Bertrand Clesca. Le brésilien Padtec a été récemment racheté par [l'entreprise états-unienne de fabrication de lasers à fibre et systèmes laser] IPG Photonics, qui n'en fait rien, et ça va mourir. L'américain Xtera est un mort-vivant ».

66. Entretien avec Bertrand Clesca, 2020.

67. *Ibid.*

68. « Un océan de câbles. Puissance(s) au bout du câble », RFI, 28 mars 2019.

69. Entretien avec Laurent Campagne, 2020.

Rue de l’avenir

Nous sommes le 15 avril 1900, à Paris. Il est 8 heures du matin. La cinquième Exposition universelle organisée par la Ville Lumière ouvre ses portes au public. Depuis 1851, ces grands événements internationaux se succèdent aux États-Unis, en Europe et en Australie. Il s’agit de célébrer les progrès techniques, économiques et sociaux au service de l’humanité. Et, à l’aube du XXe siècle, la France entend bien accueillir la plus grandiose Exposition universelle jamais organisée. Quarante pays ont édifié de somptueux pavillons sur un site de 112 hectares cernant la tour Eiffel. Des gares ont été réaménagées, des ponts jetés de part et d’autre de la Seine et la première ligne du métro parisien a été mise en service pour accueillir 50 millions de visiteurs.

Là, 83 000 exposants font montre d’extraordinaires inventions : une grande roue, l’usage nocturne de l’électricité, la plus grande lunette astronomique jamais conçue, la projection des films des frères Lumière sur grand écran, et puis un trottoir mécanique dessinant une boucle de plusieurs kilomètres autour du site de l’exposition. Ce tapis roulant va connaître un immense succès puisqu’il sera emprunté par six millions de personnes. Et comme on pensait que tous les trottoirs du futur en seraient un jour recouverts, on donna à cette invention un nom qui signifiait combien l’époque avait foi dans les bienfaits des technologies : « Rue de l’avenir ».

Au XXIe siècle, quantité d’utopies techniques sont devenues réalités. Nous vivons dorénavant au rythme des pulsations lumineuses d’Internet, de la puissance des algorithmes, du débit de transmission des antennes 5G. Émerveillés par ces outils, nous nous soucions pourtant des menaces pour notre

santé mentale, pour les démocraties et pour le climat qu'ils génèrent. Il nous incombe à présent d'examiner les contours possibles des prochaines décennies. Par quelles technologies de l'information voulons-nous en effet être accompagnés vers l'avenir ? Fabriquées selon quels procédés et avec quels matériaux ? Souhaitons-nous un réseau central, constitué de lourdes infrastructures permettant des gains énergétiques d'échelle, ou plutôt éclaté afin de relocaliser la transmission des données, grosse consommatrice d'électricité ? Le voulons-nous neutre et dérégulé, ou bien partial, voire liberticide, car n'autorisant que la production de *data* jugées « essentielles » ? Devra-t-il être payant ou gratuit ? Placerons-nous la sobriété de nos usages avant les innovations faites pour optimiser les performances du numérique, ou bien l'inverse ?

« Cela fait seulement vingt ans qu'Internet est démocratisé, c'est très jeune ! Nous sommes encore à l'âge de l'*Homo habilis*, à la préhistoire du numérique, analyse l'entrepreneuse Inès Leonarduzzi. Or, il s'agit dorénavant de passer aux "numérique des Lumières"[1]. » Voilà une proclamation magnifique, mais, si tout le monde s'accorde sur cet admirable objectif, il nous place face à un vaste éventail d'actions possibles, qu'il est parfois difficile de distinguer. Durant les deux années consacrées à ce livre, nous avons découvert que les « rues de l'avenir », ces chemins concrétisant le numérique des Lumières, sont pléthore et contradictoires.

À Amsterdam, nous avons longuement débattu, dans un élégant restaurant bordant le fleuve Amstel, avec Anwar Osseyran. Ce professeur de sciences informatiques à l'université d'Amsterdam soutient que le numérique doit servir l'épanouissement de l'« État *people, planet, profit* » : favoriser une synthèse entre les objectifs de développement humain, de protection de l'environnement et de croissance économique. « Nos actions doivent être écologiques, mais également socialement, économiquement et politiquement durables », argumente-t-il. Or l'humanité ne sera davantage prospère que si les technologies digitales se perfectionnent, permettant de décupler les capacités de calcul de nos outils informatiques actuels. Anwar Osseyran invoque l'avènement de l'informatique quantique et, citant le futurologue américain Raymond Kurzweil,

celui d'une énergie solaire gratuite et illimitée pour l'ensemble de la planète d'ici à 2030. Quant au coût environnemental des données, « il est énorme, mais plus faible que les bénéfices que nous pourrons en tirer »… à la condition, précise-t-il encore, que ces données soient facilement accessibles, ouvertes, combinables avec d'autres *data*[2]… Il faudra, en outre, contrebalancer cette approche technologiste par des taxes carbone dissuasives, un marché carbone efficient et une meilleure prise en compte par les entreprises des enjeux environnementaux, sociaux et éthiques dans leurs activités[3].

Parallèlement, nous avons interviewé James Warren et Carelyn Campbell. Ces deux chercheurs du National Institute of Standards and Technology (NIST), implanté au nord de Washington, DC, sont convaincus des prodigieux potentiels de la science des matériaux. Grâce à eux, toutes les nouvelles pièces de 5 cents circulant aux États-Unis sont constituées d'un nouvel alliage de cuivre, de nickel et de zinc 40 % moins onéreux que l'alliage précédent[4]. Ce résultat fut obtenu, en 2018, après seulement dix-huit mois de recherches, au moyen des technologies numériques, « qui ont permis de modéliser et de prédire l'évolution des alliages », expliquent-ils. Prolongeant cette découverte, certains annoncent que « les nouveaux matériaux sont l'or noir de demain, et qu'à côté de leurs activités, les GAFAM appartiennent déjà au vieux monde. L'avenir, c'est la matière[5] ». Dans le sillage des scientifiques, un réseau de multinationales et de start-up, que l'on pourrait baptiser les « technoprécurseurs », affine un récit conditionnant la protection de la planète au développement illimité des technologies, en particulier celles du numérique : « mines intelligentes » moins énergivores, robots recycleurs (à l'image du robot Daisy développé par Apple[6]), outils de traçage permettant d'identifier l'origine des matières premières (tels que Circulor[7])… Les technoprécurseurs s'épanouiront dans le cadre d'actions promues par l'« État *people, planet, profit* ». Certains d'entre eux deviendront si puissants qu'ils pourraient, un jour, contester l'autorité des nations dans la lutte pour la protection de l'environnement.

Autre philosophie, autres pionniers : quelques mois plus tôt, à Amsterdam, nous nous sommes intéressé aux militants de la Waag Society[8]. Ils se sont coalisés autour d'une vision radicalement différente des objectifs du numérique.

La Waag est un organisme qui prône en effet un numérique au service du bien-être social. En son sein, l'ingénieur Henk Buursen enseigne à ses élèves venus du monde entier le fonctionnement des téléphones mobiles et des logiciels pour qu'ils se les réapproprient. « Les robots, l'intelligence artificielle (IA), sont fabriqués par l'homme. Mes étudiants ne doivent pas oublier que ces technologies ne fonctionnent que grâce à eux, et pas séparément d'eux », affirme-t-il. À l'image de la Waag, des communautés d'hommes et de femmes que nous pourrions appeler les « frugaux-résilients » se multiplient à travers le monde. Comme les animateurs des réseaux LibrePlanet[9] et Framasoft[10], ils croient aux vertus des logiciels en accès libre (tels que Linux[11]). Ils jurent souvent par les *low tech*, ces « basses technologies » à la fabrication simplifiée, donc plus facilement réparables et recyclables. Selon eux, l'avenir du numérique passerait plutôt par la décroissance de son usage, et même par une « dénumérisation » de nos sociétés. La relocalisation des réseaux Internet est également au cœur de leurs préoccupations : on en trouve une première mise en œuvre avec les réseaux de communication Mesh et Guifi[12] qui opèrent déjà à l'échelle locale, en Catalogne, en Inde ou en Afrique du Sud.

Cette éthique pourrait-elle inspirer nos gouvernants ? Un passionnant rapport du think tank The Shift Project affirme que, face à l'aggravation de l'impact écologique de la vidéo en ligne, « le rôle des pouvoirs publics […] est de permettre la priorisation de certains usages par rapport à d'autres, sur la base de leur pertinence, de leur caractère essentiel, au service de l'intérêt général[13] ». Hiérarchiser les usages revient à révoquer le sacro-saint principe de neutralité du Net, selon lequel tout un chacun peut accéder à n'importe quel contenu sur le Web, quels que soient son identité et ses besoins. On décèle ici les premiers éléments constitutifs d'une entité politique que nous pourrions qualifier de « gouvernement vert sombre » et que des chercheurs appellent de leurs vœux : un régime fort qui œuvrerait à limiter la pollution numérique au moyen de politiques restreignant certaines libertés publiques. La consommation de services numériques pourrait être encadrée par des quotas de connexion et des contraintes techniques, telles que la limitation du débit des infrastructures. Le stockage des seules données jugées « essentielles au bien commun » (*data* à caractère

médical, militaire, financier) serait privilégié. L'économie des données étant réduite à sa portion congrue, l'accès à Internet serait en partie payant. On choisirait, enfin, de ne pas franchir certaines frontières technologiques, telles que l'IA forte ou l'informatique quantique, dont les effets négatifs seraient considérés comme supérieurs aux bénéfices attendus.

Nos rues de l'avenir seront probablement une hybridation de ce large éventail de solutions qui fermentent aujourd'hui aux quatre coins du monde. Gageons que les hommes et les femmes qui les portent puissent, au-delà de leurs divergences de vues, se retrouver autour de solides objectifs partagés. À commencer par celui d'enfanter un écosystème qui ne poursuive pas la seule ambition que celle de se dépasser lui-même. Un monde où l'on se soucie d'améliorer le présent effectif et vécu, avant de promettre un futur aussi magnifié qu'hypothétique. Un outil qui nous aide à comprendre l'époque dont nous sommes les géniteurs car, comme l'écrit l'essayiste et philosophe allemand Byung-Chul Han, « ce nouveau média nous reprogramme sans que nous puissions saisir le changement de paradigme radical qu'il met en jeu[14] ».

Le consensus le plus difficile à faire émerger portera probablement sur la juste place que l'homme occupera, à l'avenir, aux côtés des technologies. Nous avons coutume de considérer le numérique tel un messie venu parmi les hommes pour les sauver. Or, nous devrions admettre, de concert, que la réalité est beaucoup plus prosaïque : il ne s'agit, en tout et pour tout, que d'un outil créé à notre image. Cette technologie est – et sera – ni plus ni moins écologique que nous le sommes. Si nous nous plaisons à gaspiller des ressources alimentaires et énergétiques, le numerique permettra d'accentuer cette inclination. Si au contraire nous souhaitons éveiller au-delà des frontières un puissant élan de générosité, nous mobiliserons des légions de volontaires en un rien de temps. L'outil œuvre comme un catalyseur de nos initiatives quotidiennes, les moins honorables comme les plus nobles. Il amplifie notre legs aux générations futures. Aux démiurges que nous sommes devenus, largement inconscients des incommensurables pouvoirs dont nous avons désormais la responsabilité, le numérique nous invite, finalement, à mûrir cette puissante injonction du mahatma Gandhi : « Soyez le changement que vous désirez voir en ce monde. »

1. Entretien avec Inès Leonarduzzi, directrice de Digital For the Planet, 2019.

2. Ce sont les principes FAIR (*findable*, *accessible*, *interoperable*, *reusable*, en français « trouvable, accessible, interopérable, réutilisable »).

3. On parle de responsabilité sociétale des entreprises (RSE).

4. « Coining less expensive currency », NIST, 20 juin 2018.

5. Entretien avec Victoire de Margerie, fondatrice et vice-présidente du World Materials Forum, 2018.

6. « Apple adds Earth Day donations to trade-in and recycling program », Apple, 19 avril 2018.

7. « Volvo mines blockchain to keep ethical sourcing promise », *Forbes*, 27 janvier 2020.

8. waag.org

9. libreplanet.org/wiki/Main_Page

10. framasoft.org

11. linux.org

12. Il s'agit de réseaux dans lesquels chacun est, au moyen de son téléphone mobile, un relais WiFi d'un réseau Internet communautaire : guifi.net/en

13. « Climat : l'insoutenable usage de la vidéo en ligne. Un cas pratique pour la sobriété numérique », rapport piloté par Maxime Efoui-Hess pour le think tank The Shift Project, juillet 2019.

14. Byung-Chul Han, *Dans la nuée. Réflexions sur le numérique*, *op. cit*.

Remerciements

Preuve qu'un *Like* est on ne peut plus matériel, il a fallu faire le tour du monde pour réaliser cette enquête. Le journalisme de terrain coûte cher, et ce livre n'aurait pas été possible sans le constant soutien de mes éditeurs, Henri Trubert et Sophie Marinopoulos. Je les remercie de leur confiance, cet ouvrage leur doit beaucoup.

Pour chaque page, il a fallu, en moyenne, produire un volume dix fois supérieur de notes, recherches et entretiens. Pour cela, j'ai pu compter sur le remarquable professionnalisme de plusieurs enquêtrices et analystes venues de Sciences Po, de l'École des hautes études commerciales (HEC) et du Centre de formation des journalistes (CFJ). Sans leur passion pour les enjeux ici mis au jour, leur constant souci de l'exactitude des faits et leur indulgence face à mes requêtes, régulièrement (je l'admets !) excessives, ce livre ne serait à l'évidence pas celui que vous tenez entre vos mains. Je veux en particulier remercier :

Rime Abdallah, qui a effectué des recherches sur la pollution numérique et aidé à structurer une première réflexion d'ensemble sur le sujet.

Isha Badoniya, pour ses recherches sur Bangalore, menées avec une abnégation totale au vu de mes attentes sur ce dossier !

Alice Bello, pour ses travaux sur (entre autres) l'esthétique de l'immatérialité, l'intelligence artificielle (IA) verte, Bluffdale, le coût environnemental de la surveillance d'État, le *material input per service unit* (MIPS), Masdar City, Encana, les couleurs rouge et bleu, Dominion Energy, le charbon des Appalaches, l'histoire de la critique des médias… réalisés avec une admirable puissance d'analyse et de synthèse.

Gwendoline Créno, pour ses études sur (entre autres) les gaz fluorés et Honeywell, OVH, les liens entre mathématiques et nature, la géographie d'un *Like*, les paradoxes de la « génération Greta », le lobbying de Dominion Energy, les câbles optiques, l'esthétique des smartphones, les certificats d'énergie verte, les liens entre smartphones et bouddhisme zen… conduites avec un engagement admirable pour l'enquête et une motivation à toute épreuve.

Marie-Astrid Guégan, pour ses recherches sur (entre autres) le câble Dunant, le charbon des Appalaches, Ashburn, la traduction des données en volumes d'eau, Kolos, les certificats d'énergie verte, pour sa préparation des reportages en Hollande, en Grande-Bretagne, aux États-Unis, en Suède et en Norvège… au prix d'une sacrée endurance et d'une bonne dose d'humilité.

Camille Richir, pour ses investigations sur (entre autres) l'installation de Facebook à Luleå, l'impact des barrages hydroélectriques sur le fleuve Luleälven, les trottinettes électriques, les purges électroniques, le câble Dunant, la finance passive, les circuits intégrés, la 5G, les voitures connectées et autonomes… menées avec une énorme puissance de travail et une rare passion pour l'enquête.

Caroline Robin, pour ses recherches sur les véhicules connectés et autonomes effectuées avec constance et opiniâtreté.

Sandrine Tran, persévérante face à l'ampleur des travaux sur les circuits intégrés et le rapport Smarter2030, ainsi que pour la préparation du reportage à Tallinn.

Jeanne Vincent, pour ses études sur l'approvisionnement responsable en minerais, la pollution générée par les robots, les obstacles au droit à réparer soi-même ses équipements électroniques… servies par un grand souci d'exactitude factuelle et une belle qualité d'analyse.

Je voudrais également remercier Cédric Molle-Laurençon, directeur des études adjoint au CFJ, et ses équipes, qui m'ont fait confiance en relayant mes offres de collaboration auprès de leurs étudiants.

Puis cet ouvrage est passé entre les mains de nombreux relecteurs et relectrices, tous spécialistes français et mondiaux de leur domaine. Je leur suis infiniment reconnaissant d'avoir pris le temps d'en relire et corriger certains

passages (je porte naturellement la seule responsabilité de toute erreur qui pourrait subsister). Il s'agit de :

Paul Benoit, cofondateur et dirigeant de Qarnot Computing, et Philippe Luce, président d'Institut Datacenter, fondateur du cabinet Plus Conseil et co-fondateur du think tank « Datacenter en transition », pour les chapitres 4, 5 et 6 relatifs aux *datacenters*.

Jean-Pierre Colinge, ex-directeur au sein du bureau central en charge du développement technologique chez Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited (TSMC), pour le passage consacré aux circuits intégrés.

Jean Devos, ancien directeur général d'Alcatel Submarcom/ASN et ancien directeur du marketing chez Tyco/SubCom, et Laurent Campagne, consultant senior chez AQEST, pour les chapitres 9 et 10 traitant des câbles optiques.

Jérémy Désir, ancien analyste quantitatif chez HSBC et co-fondateur de l'association Vous n'êtes pas seuls, pour le passage consacré aux fonds quantitatifs.

Klorydryk, membre de la Quadrature du Net, pour le passage consacré aux trottinettes et à la captation des données.

Ivy Main, avocat et militant au sein du Sierra Club, pour les développements relatifs à Dominion Energy.

L'intégralité du livre a par ailleurs été relue par Agnès Crépet, responsable de la division *information technology* et longévité logicielle de Fairphone, le bienveillant Éric Rousseau (Université populaire d'Albertville) et le méticuleux Axel Robine. Merci à vous pour vos relectures exigeantes et constructives.

J'ai pu faire confiance à Monique Devauton, pour son scrupuleux travail de vérification des faits.

Enfin, cette aventure éditoriale a été menée à bien dans un contexte de restrictions qui s'est pourtant avéré, entre deux reportages, bénéfique pour enquêter et écrire de façon plus apaisée et régulière. Des étangs de Brenne aux vignes de l'Entre-deux-Mers, j'ai pu compter sur la compagnie des vieilles pierres, des arbres et des animaux, et le soutien bienveillant de ma famille et des personnes qui me sont chères.

Bibliographie

Chris Anderson, *Free: The Future of a Radical Price*, Hyperion, 2009. En français, *Free ! Entrez dans l'économie du gratuit*, Pearson, 2012.

Christine Broaweys, *La Matérialité à l'ère digitale, l'humain connecté à la matière*, Presses universitaires de Grenoble, 2019.

Ingrid Burrington, *Networks of New York. An illustrated field guide to urban internet infrastructure*, Melville House Publishing, 2016.

Steve Case, *The Third Wave: An Entrepreneur's Vision of the Future*, Simon & Schuster, 2017.

Laurent Castaignède, *Airvore ou la face obscure des transports*, Ecosociété, 2018.

Gilles de Chezelles, *La dématérialisation des échanges*, Lavoisier, 2006.

Nir Eyal, *Comment créer un produit ou un service addictif*, Eyrolles, 2018. Titre original : *Hooked: How to Build HabitForming Products*, Portfolio Penguin, 2014.

David Fayon, *Géopolitique d'internet. Qui gouverne le monde ?*, Economica, 2013.

Patrice Flichy, *Une histoire de la communication moderne. Espace public et vie privée*, La Découverte, 1991.

Gökçe Günel, *Spaceship in the Desert Energy, Climate Change, and Urban Design in Abu Dhabi*, Duke University Press, 2019.

Byung-Chul Han, *Dans la nuée, réflexions sur le numérique*, Actes Sud, 2015. Titre original : *Im Schwarm Ansichten des Digitalen*, MSB Matthes & Seitz Berlin, 2013.

William Stanley Jevons, *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines*, Nabu Press, 2010.

Kevin Kelly, *The Inevitable: Understanding the 12 Technological Forces That Will Shape Our Future*, Viking, 2016.

Ruediger Kuehr et Eric Williams, *Computers and the Environment: Understanding and Managing their Impacts*, Springer Netherlands, 2003.

Mickaël Launay, *Le Grand Roman des maths, de la préhistoire à nos jours*, Flammarion, 2016.

Julien Le Bot, *Dans la tête de Marc Zuckerberg*, Actes Sud, 2019.

Kai-Fu Lee, *AI Superpowers : China, Silicon Valley, and the New World Order*, Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, 2019. En français : *I.A. La Plus Grande Mutation de l'histoire*, Les Arènes, 2019.

Arnaud Macé (textes choisis et présentés par), *La Matière*, Flammarion, 2013.

George Orwell, *1984*, Gallimard, 2020 (première édition du Royaume-Uni en 1949).

Bruno Patino, *La Civilisation du poisson rouge, Petit traité sur le marché de l'attention*, Grasset, 2019.

Aaron Perzanowski et Jason Schultz, *The End of Ownership: Personal Property in the Digital Economy*, MIT Press, 2016.

Florence Rodhain, *La Nouvelle religion du numérique*, EMS, 2019.

Stuart Russell, *Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control*, Penguin Books, 2019.

Trine Syvertsen, *Media Resistance: Protest, Dislike, Abstention*, Palgrave Macmillan, 2018.

Éric Vidalenc, *Pour une écologie numérique*, Les Petits Matins, 2019.

Paul Virilio, *Cybermonde, la politique du pire*, Textuel, 2010.

14 ARTICLES INDISPENSABLES

« Climate change : Electrical industry's "dirty secret" boosts warming », BBC, 13 September 2019.

« Connected cars could be big energy savers, or not », *Politico*, 20 octobre 2016.

« Environment Program Request for Proposal : Aligning Passive Investment with Paris Climate Goals », William et Flora Hewlett Foundation, 28 janvier 2020.

« Electric Scooters Are Racing to Collect Your Data », ACLU Northern California, 25 juillet 2018.

« Data Centers and Global Electricity Use – Two Camps », H66, 2 mai 2020.

« How Steve Jobs' love of simplicity fueled a design revolution », *Smithsonian Magazine*, septembre 2012.

« How the Enlightenment Ends », *The Atlantic*, juin 2018.

« John Deere Just Swindled Farmers out of Their Right to Repair », *Wired*, 19 septembre 2018.

« Numérique : le grand gâchis énergétique », *CNRS Le journal*, 16 mai 2018.

« Photos of the Submarine Internet Cables the NSA Probably Tapped », *Wired*, 20 septembre 2016.

Nicole Starosielski, « Strangling the Internet », *Limn*, issue 10 : Chokepoints, avril 2018.

« Taiwan's chip industry under threat as drought turns critical », *Nikkei Asia*, 25 février 2021.

« The 'World's Most Beautiful Data Center' is a Supercomputer Housed in a Church », *Vice*, 15 janvier 2019.

« To decarbonize we must decomputerize : why we need a Luddite revolution », *The Guardian*, 18 septembre 2019.

11 RAPPORTS INDISPENSABLES

Asta Vonderau (2019) « Scaling the Cloud : Making State and Infrastructure in Sweden », Ethnos, *Journal of Anthropology*, vol. 84, 5 septembre 2019.

« Calculating MIPS Resource productivity of products and services », de Michael Ritthof, Holger Rohn et Christa Liedtke, en cooperation avec Thomas Merten, Wuppertal Spezial 27e, 2002.

Fourth industrial revolution for the earth Harnessing artificial intelligence for the earth, « World Economic Forum-Stanford Woods Institute for the Environment », Pricewaterhouse Coopers (PwC), janvier 2018.

« Submarine cables and the oceans: Connecting the world », International Cable Protection Committee, United Nations Environment Programme, World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC), décembre 2009.

Kikki Lambrecht Ipsen, Regitze Kjær Zimmermann, Per Sieverts Nielsen, Morten Birkved, « Environmental assessment of Smart City Solutions using a coupled urban metabolism – life cycle impact assessment approach », *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2019.

« Lean Ict Pour une sobriété numérique », rapport du groupe de travail dirigé par Hugues Ferreboeuf pour le think tank The Shift Project, octobre 2018.

« L'impact spatial et énergétique des data centers sur les territoires », Rapport ADEME, 2019.

Mél Hogan, « Data flows and water woes : The Utah Data Center », Big Data & Society, décembre 2015.

National Bureau of Asian Research, « Securing belt road initiative, Securing the Belt and Road Initiative, China's Evolving Military Engagement Along the Silk Roads », 3 septembre 2019.

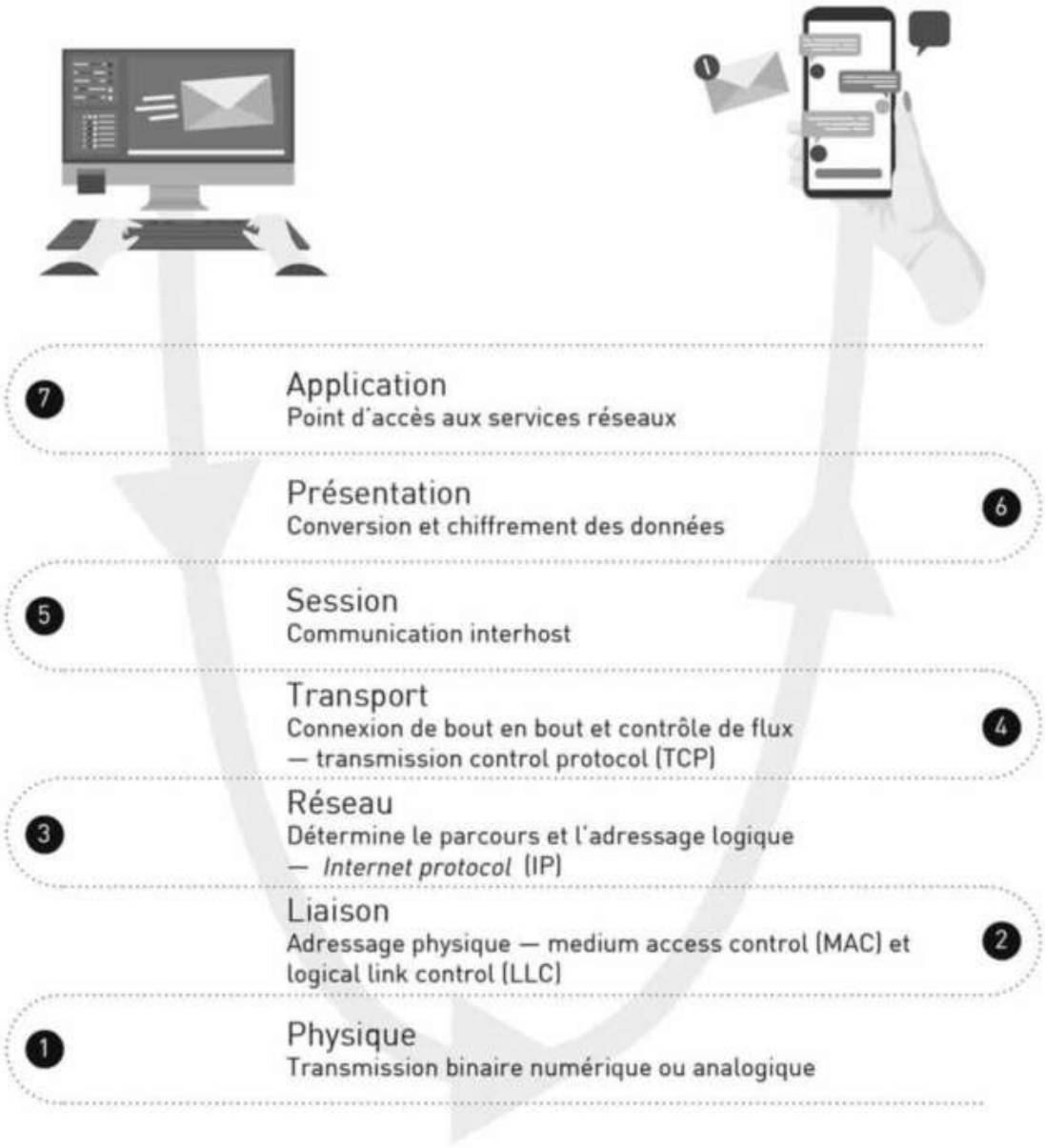
« The Passives Problem and Paris Goals : How Index Investing Trends Threaten Climate Action », The Sunrise Project, 2020.

Rishi Sunak MP, « Undersea Cables : Indispensable, inse-cure », Policy Exchange, 2017.

Annexes

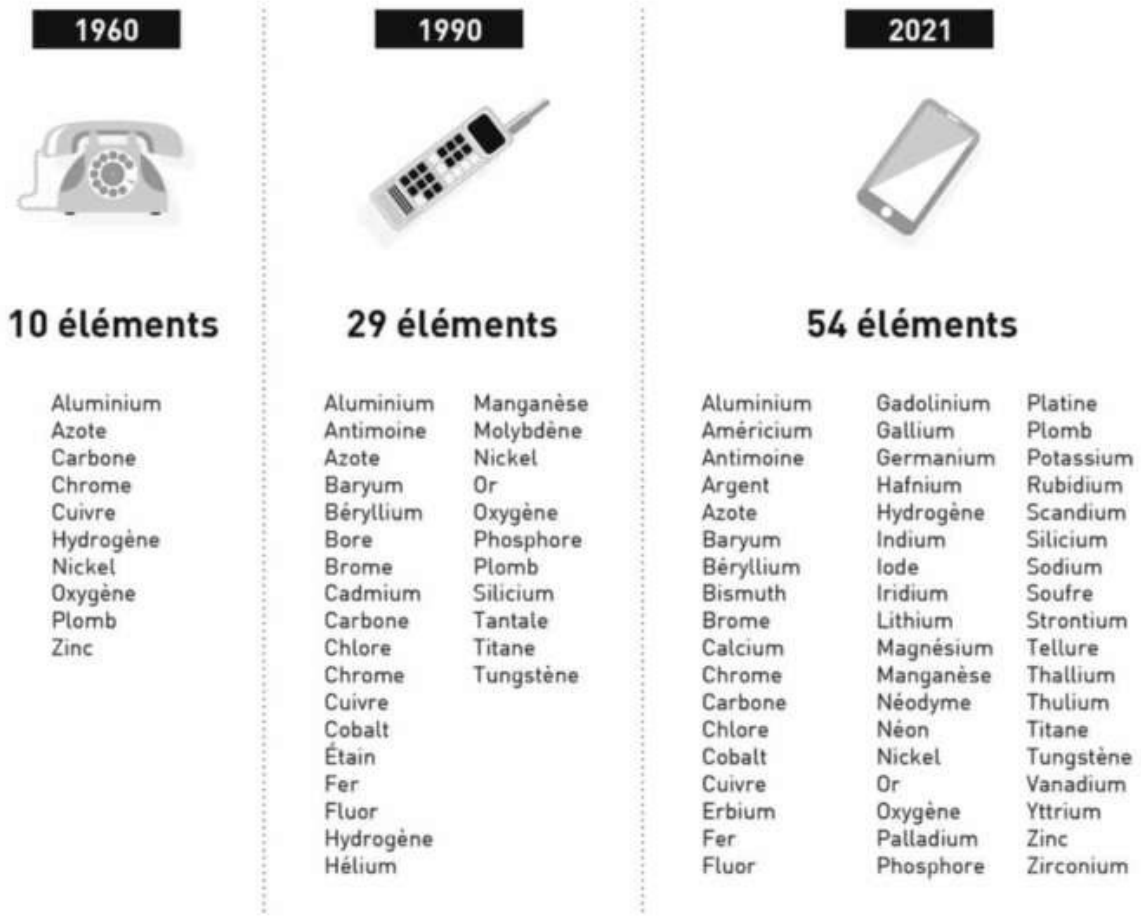
ANNEXE 1

Les sept « couches » de fonctionnement d'Internet



ANNEXE 2

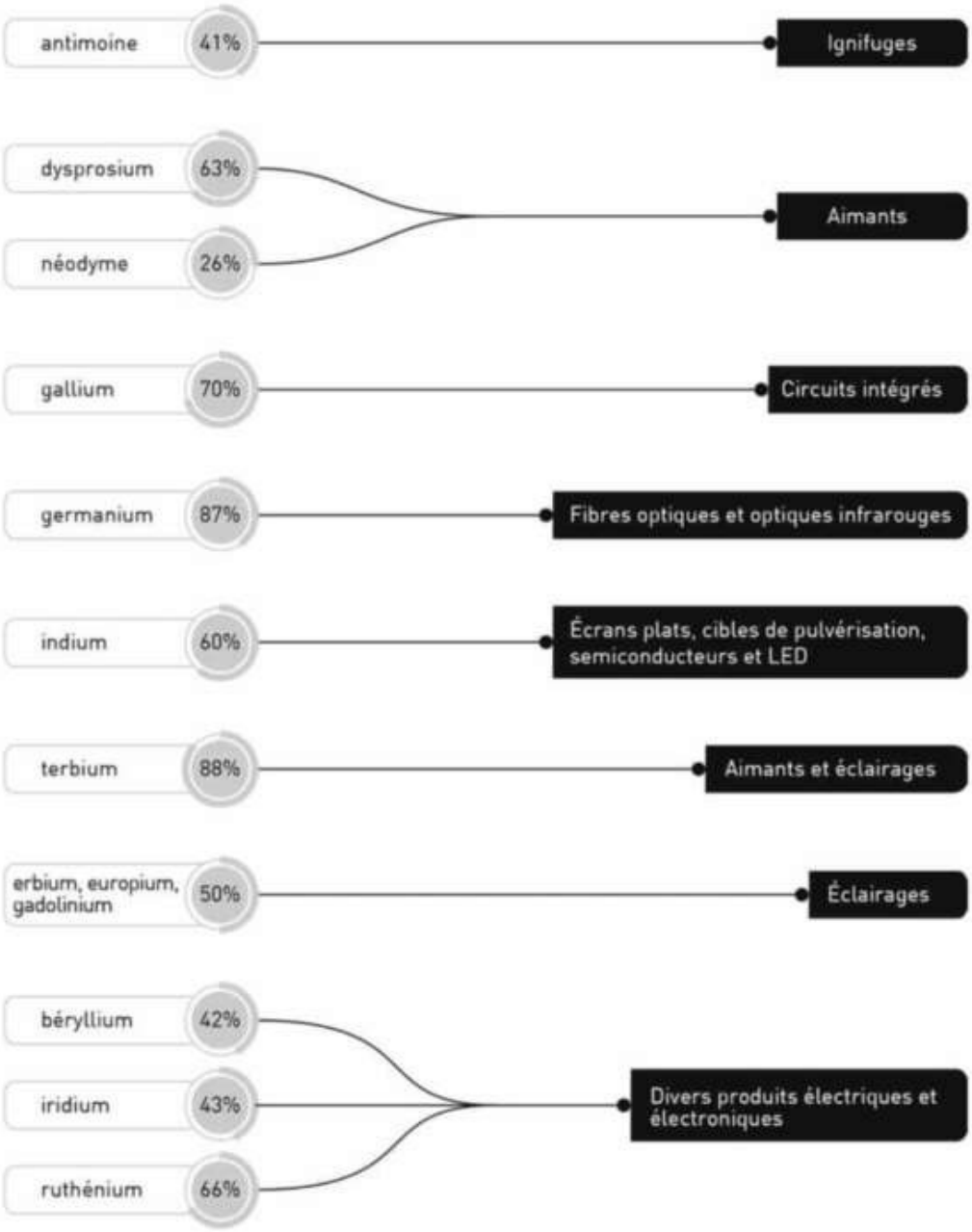
Nombre de matières premières dans un téléphone



Source : Prof. Mike Ashby, Cambridge University ; Prof. Jean-Pierre Raskin, Université catholique de Louvain.

ANNEXE 3

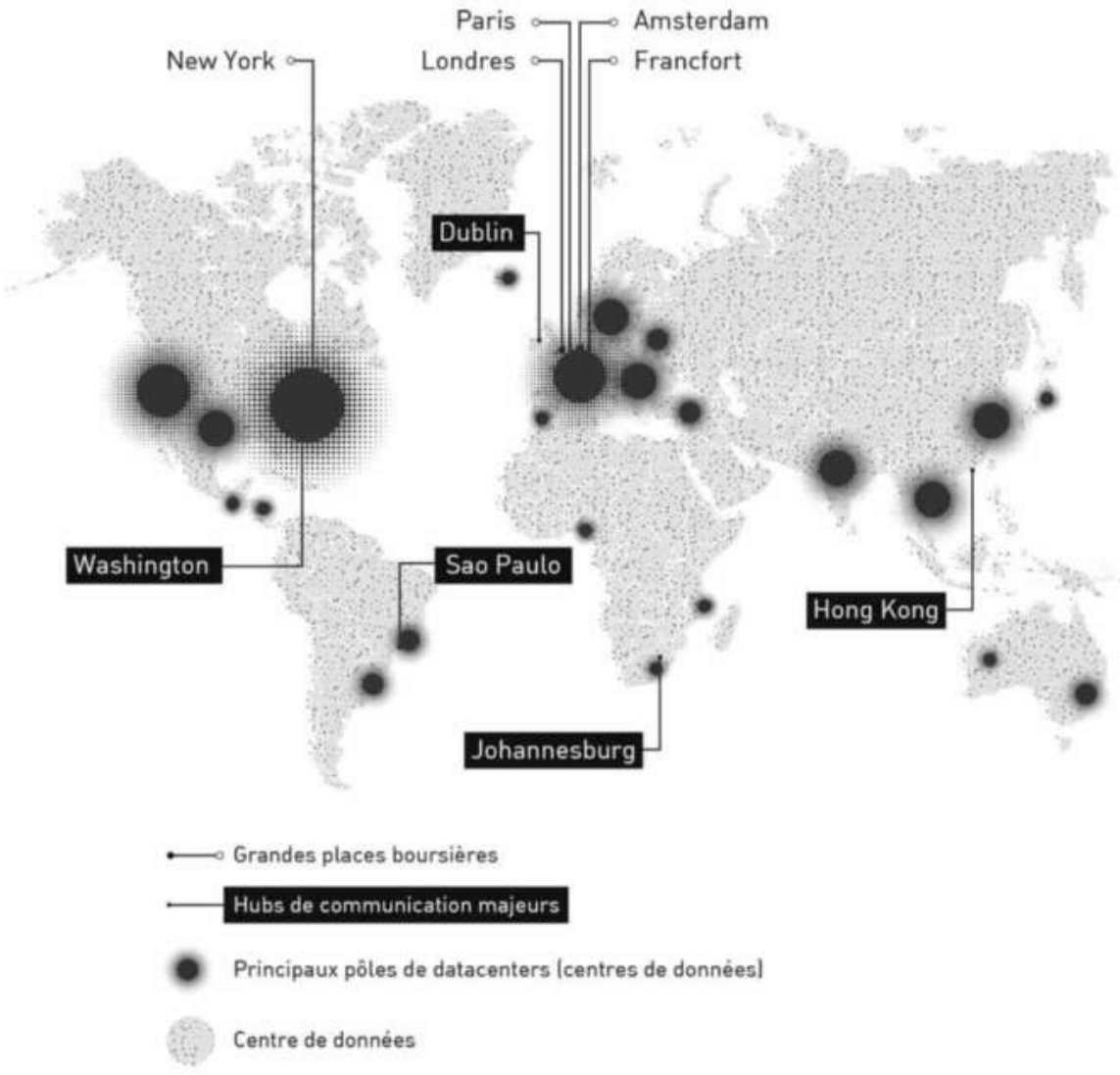
Part de la production mondiale de métaux mobilisés par le numérique



Source : Joint Research Centre (JRC), Union européenne.

ANNEXE 4

Implantation des centres de données dans le monde



Source : Data Center Map

ANNEXE 5

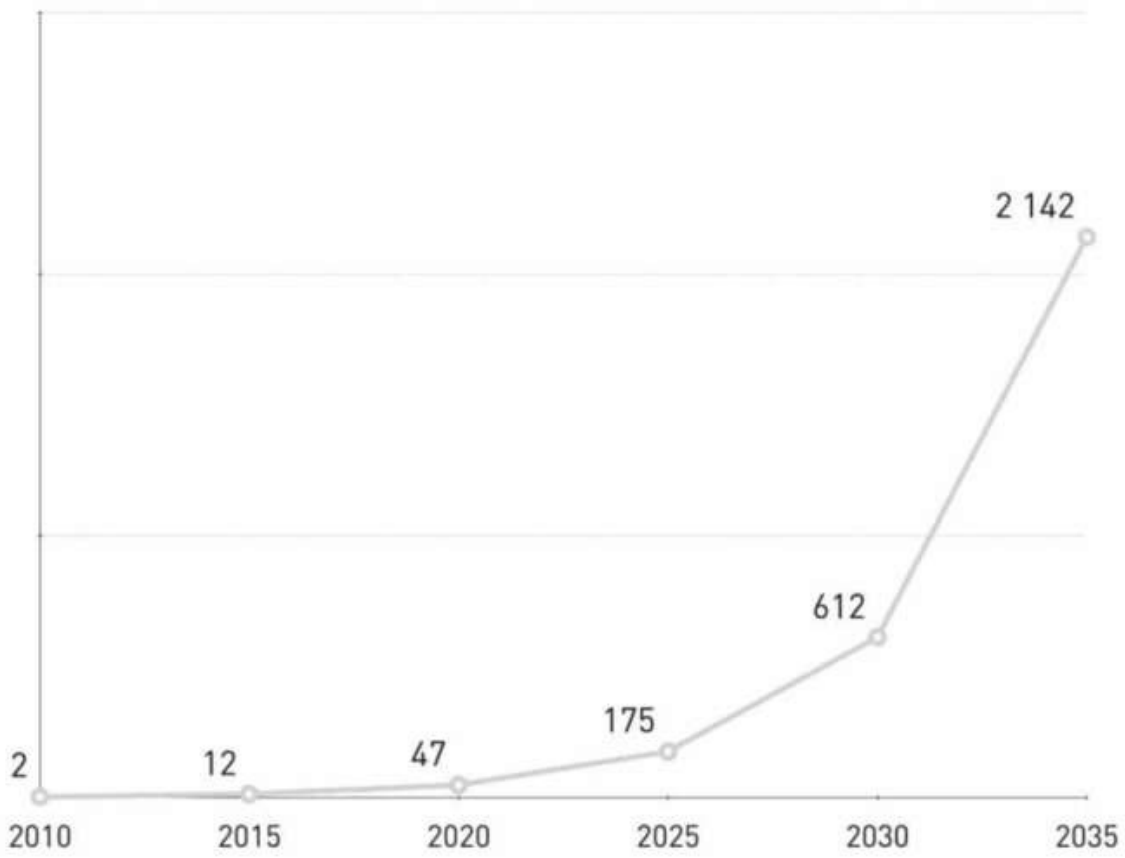
Si un octet équivalait à une goutte d’eau…

UNITÉ DE MESURE	USAGE INFORMATIQUE	VOLUME D'EAU	ÉQUIVALENCE
1 kilooctet ↓ 1 000 octets	1 court e-mail	100 millilitres	1/2 verre d'eau
1 mégaoctet ↓ 1 000 kilooctets	1 minute de document audio au format MP3	100 litres	1 pédiluve
1 gigaoctet ↓ 1 000 mégaoctets	1 film de 2 heures	100 000 litres	1 grosse citerne de récupération d'eau de pluie
1 téraoctet ↓ 1 000 gigaoctets	6 millions de livres Presque la moitié du catalogue de la Bibliothèque nationale de France	100 millions de litres	Près de 27 piscines olympiques
1 pétaoctet ↓ 1 000 téraoctets	2 milliards de photos numériques de résolution moyenne	100 milliards de litres → 100 millions de mètres cubes → 0,1 kilomètre cube	58 fois le volume du Grand Canal de Venise
1 exaoctet ↓ 1 000 pétaoctets	5 exaoctets Toutes les informations produites jusqu'à 2003	100 kilomètres cubes	Plus que le lac Léman (89 km³)
1 zettaoctet ↓ 1 000 exaoctets	1 billiard de livres	100 000 kilomètres cubes	Le golfe de Californie
1 yottaoctet ↓ 1 000 zettaoctets	1 million de centres de données de la taille d'un pâté de maisons chacun	100 millions de kilomètres cubes	1/3 de l'Océan Indien

Sources : Stanford University, High Scalability, *Libération*

ANNEXE 6

Volume annuel de données produites dans le monde depuis 2010 (en zettaoctets)*

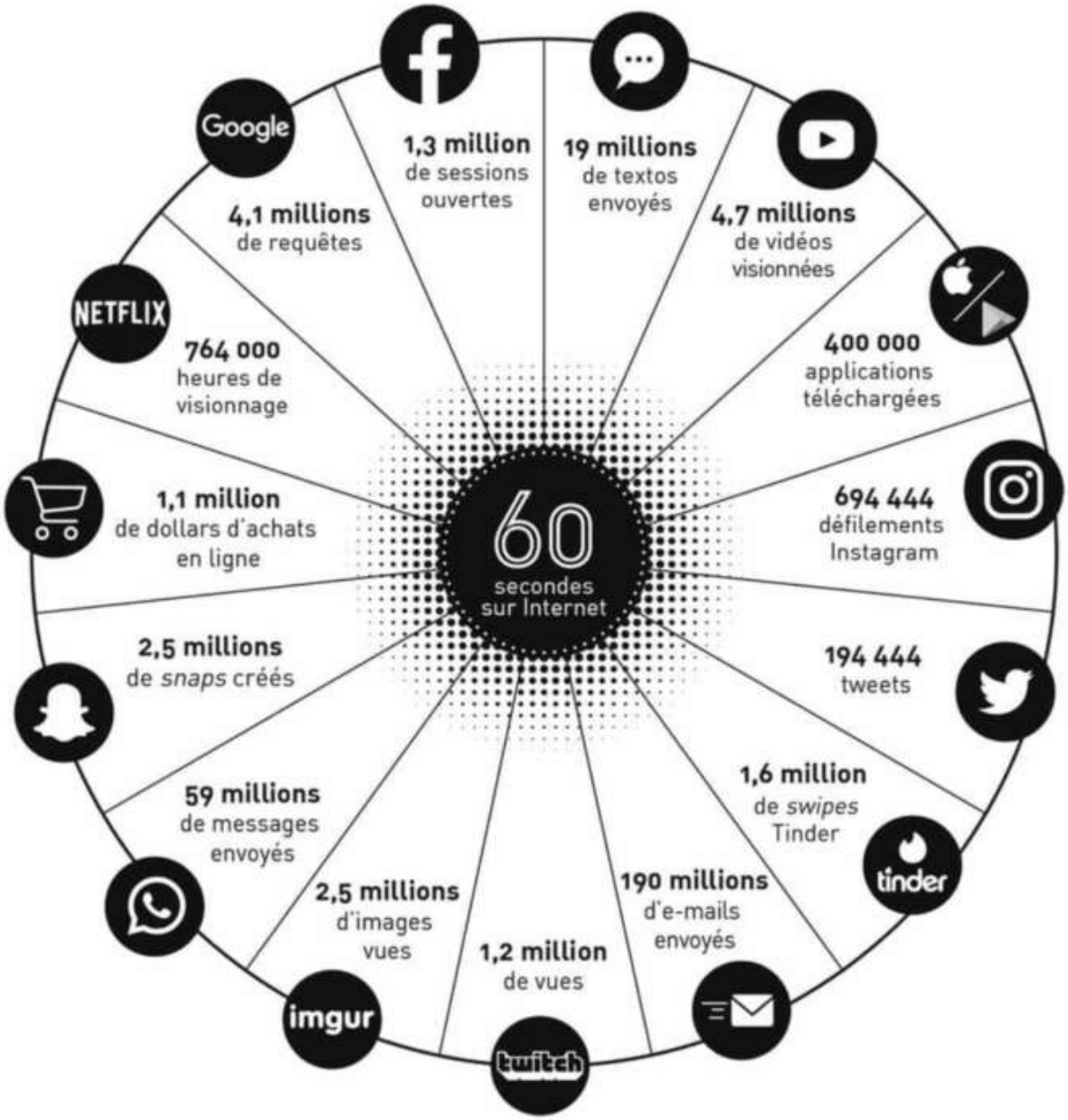


*Un zettaoctet équivaut à mille milliard de gigaoctets.

Source : Statista, Digital Economy Compass 2019.

ANNEXE 7

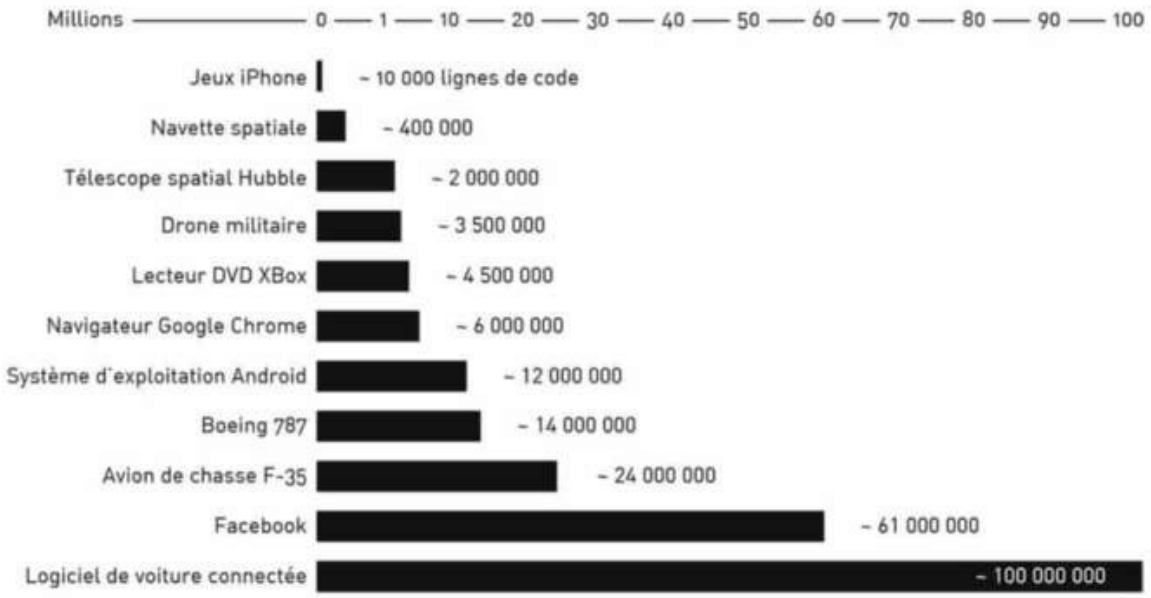
Une minute sur Internet dans le monde



Infographie créée par @LoriLewis et @OfficialyChadd, 2020.

ANNEXE 8

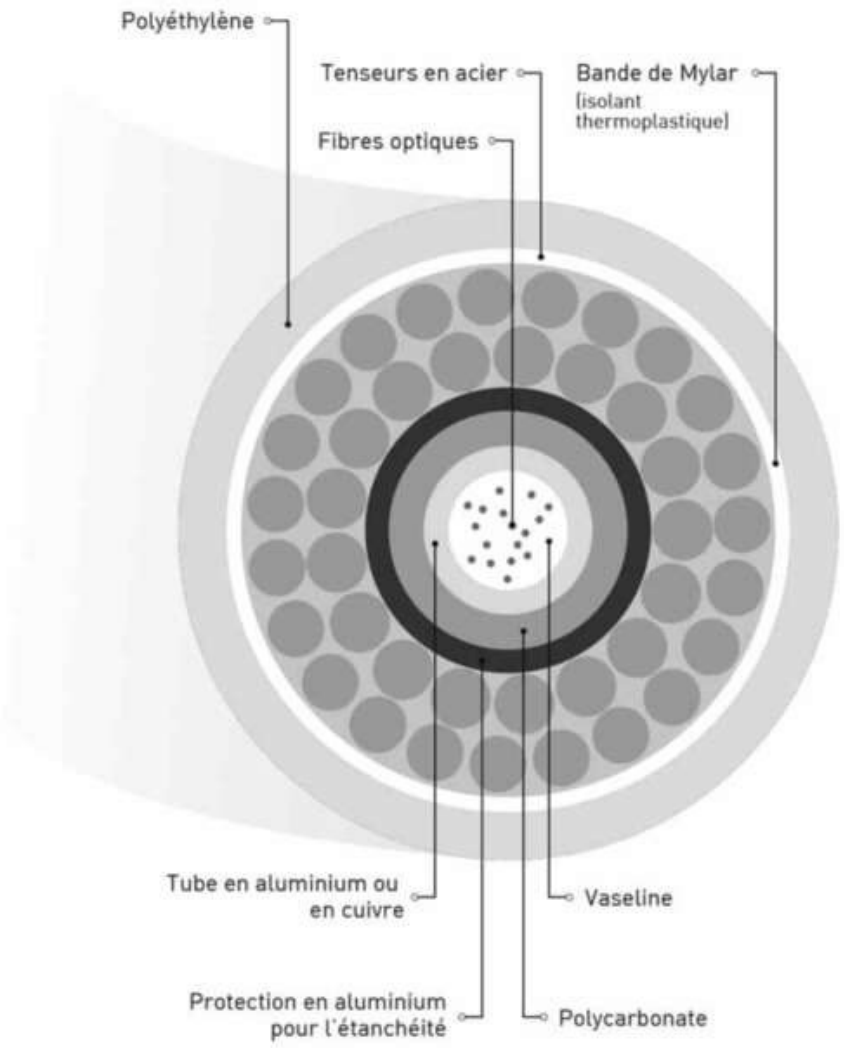
Lignes de code dans les programmes informatiques selon les technologies numériques



Sources : David McCandless, d'après les données de la NASA, des sites Quora, Ohloh, *Wired* & press report, 2020.

ANNEXE 9

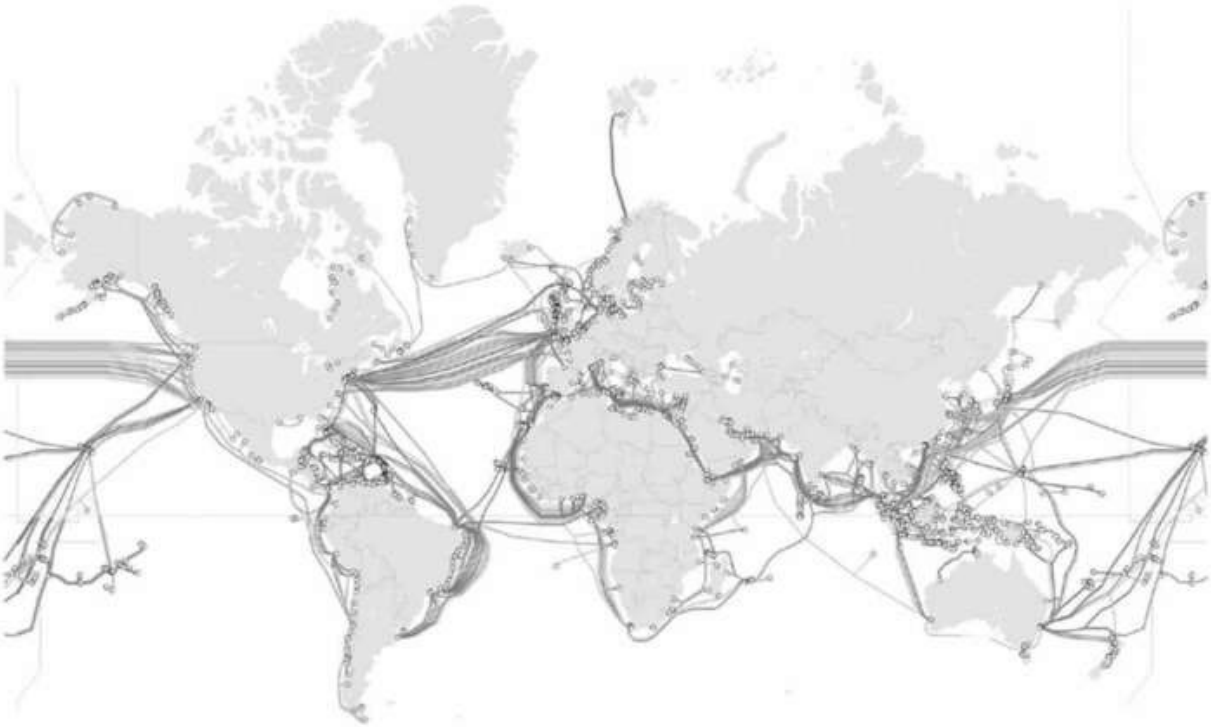
Constitution d'un câble optique



Source : SciencePost

ANNEXE 10

Carte mondiale des câbles sous-marins



Source : Submarine Cable Map, 2021.

ANNEXE 11

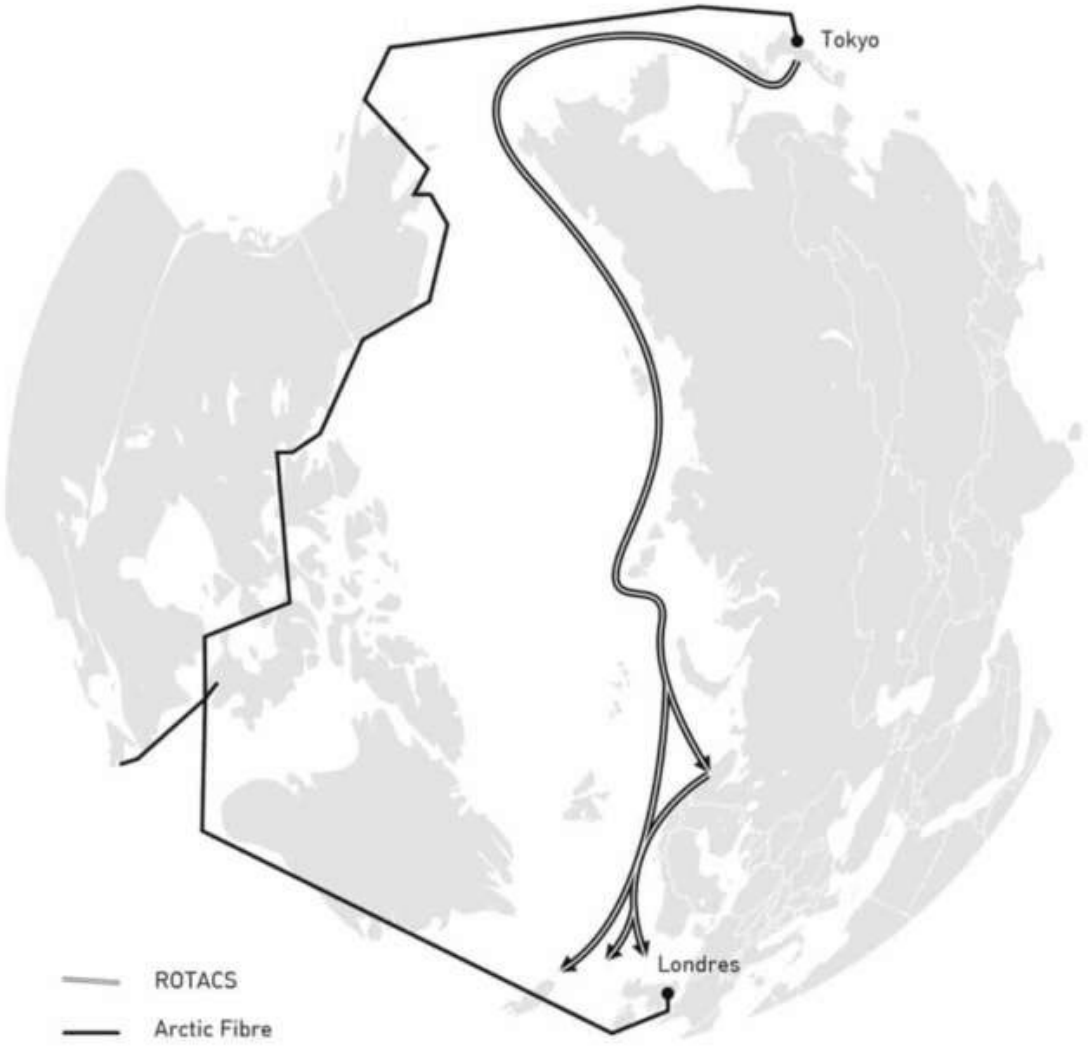
Tracé du câble Hibernia Express

ANNEXE 12

Tracé des futurs câbles Europe-Persia Express Gateway (EPEG) et Blue-Raman

ANNEXE 13

Tracé prévisionnel des câbles ROTACS et Arctic Fibre



Source : Polarnet Project Photo, 2017.

ANNEXE 14

Tracé du câble Pakistan and East Africa Connecting Europe (PEACE)

Source : PEACE Cable, 2021.

Si vous souhaitez être tenu informé des parutions et de l'actualité des éditions Les Liens qui Libèrent, visitez notre site :
http://www.editionslesliensquiliberent.fr

Illustration de couverture : © imagedepotpro / Getty Images

ISBN : 979-10-209-1078-3

© Les Liens qui Libèrent, 2021

L’Enfer numérique

Comment se douter qu’un simple *Like* envoyé depuis nos smartphones mobilise ce qui constituera bientôt la plus vaste infrastructure édifiée par l’homme ? Que cette notification, en traversant les sept couches de fonctionnement d’Internet, voyage autour du monde, empruntant des câbles sous-marins, des antennes téléphoniques et des *datacenters* implantés jusque dans le cercle arctique ?

Le monde « dématérialisé » du numérique, indispensable pour communiquer, travailler et consommer, s’avère bien plus tangible que nous ne voulions le croire. Il absorberait aujourd’hui 10 % de l’électricité mondiale et représenterait près de 4 % des émissions de CO2 de la planète. Or nous peinons à appréhender ces impacts, tant nous sommes embrumés par le mirage du *cloud*, pur et éthéré. Il faut pourtant nous rendre à l’évidence : si « nuage » il y a, celui-ci est noir de pollution.

Quelle est la géographie de nos clics et de nos données ? Quels enjeux écologiques et géopolitiques charrient-ils à notre insu ? À l’heure du déploiement de la 5G, des voitures connectées et de l’« intelligence artificielle », cette enquête, menée durant deux ans sur quatre continents, révèle l’anatomie d’une technologie qui n’a de virtuel que le nom. Et qui, sous couvert de limiter l’impact de l’homme sur la planète, s’affirme déjà comme l’un des défis environnementaux majeurs du XXIe siècle.

Journaliste et réalisateur de documentaires, **Guillaume Pitron** est connu pour ses enquêtes sur les enjeux économiques, politiques et environnementaux de l’exploitation des matières premières. Son premier ouvrage, *La Guerre des métaux rares. La face cachée de la transition énergétique et numérique* (Les Liens qui libèrent), traduit dans une douzaine de pays, a été décliné en documentaire sur la chaîne Arte.

Cette édition électronique du livre
L'enfer numérique de Guillaume Pitron
a été réalisée le 24 août 2021
par les Éditions Les Liens qui Libèrent.
Elle repose sur l'édition papier du même ouvrage
(ISBN : 979-10-209-0996-1)

Le format ePub a été préparé par PCA, Rezé.