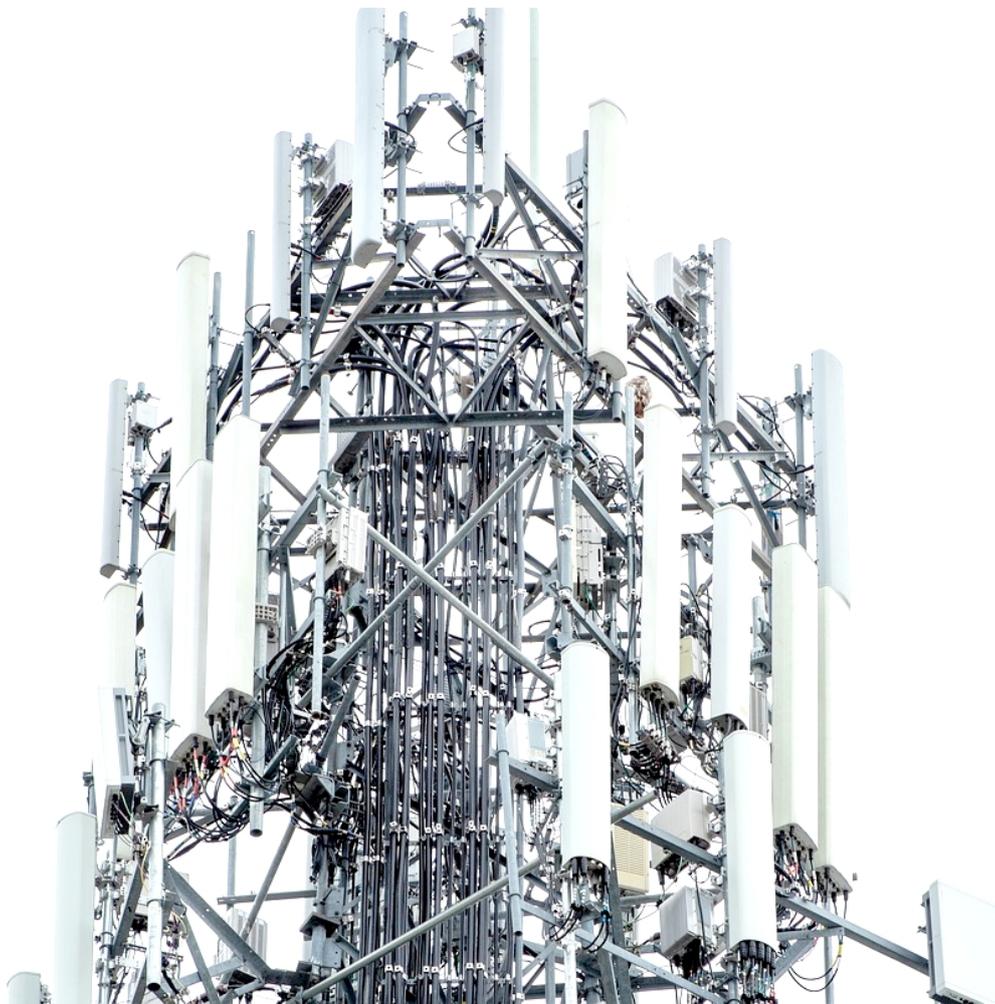


IMPACT CARBONE DE LA CONNEXION À INTERNET

Déploiement 5G, Amishs et CO₂...

Le numérique est globalement considéré comme un vecteur de croissance et un outil de la transition (« smart » cities, buildings, internet des objets...). Or son impact mondial en termes d'émissions de gaz à effet de serre ne cesse d'augmenter. Il représente autant que le trafic aérien aujourd'hui et bientôt autant que le trafic automobile.

Au-delà des croyances et des dogmes, quel est l'impact carbone de la connexion à internet selon les technologies ?



1. INTERNET FILAIRE & INTERNET MOBILE

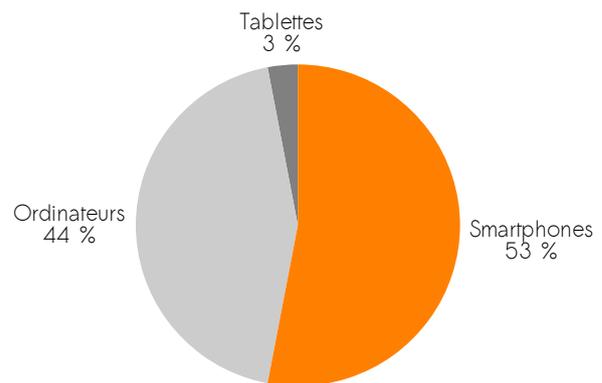
Un simple clic connecte en quelques microsecondes des appareils qui peuvent être distants de plusieurs milliers de kilomètres, de l'autre côté des montagnes, des déserts et des mers. Les données circulent à travers la Terre, par satellites, par antennes, par réseaux sous-terrains ou sous les océans.

Deux technologies distinctes...

Dans le monde, les smartphones représentent désormais le principal moyen de se connecter à internet. A fin 2019, 53 % des pages web sont consultées par des smartphones, en hausse de 10 % en un an ¹. D'après GlobalWebIndex, la moitié du temps passé sur Internet se fait depuis des appareils mobiles (50,1 %).

Depuis un smartphone, il est possible de se connecter à internet avec le wifi ou bien avec les données mobiles.

Répartition du trafic internet par appareil dans le monde



Source : We Are Social, Hootsuite

- Le wifi est un protocole de communication sans fil, qui permet une connexion à internet grâce à un routeur (la « box ») installé par un fournisseur d'accès. Cet appareil envoie des signaux wifi par ondes radio. Ces signaux sont ensuite captés par les équipements (smartphone, tablette ou ordinateur). Le routeur est le plus généralement relié à internet par un réseau filaire (ADSL, câble ou fibre optique).
- L'internet mobile fonctionne avec un réseau d'antennes relais (initialement reconnu en utilisant la norme GSM). Chaque opérateur de téléphonie mobile dispose de pylônes émetteurs qui envoient des signaux radio captés par les appareils. Selon le type de réseau, la qualité du signal varie : GSM, Edge, 3G, H+ ou 4G...
- Une troisième voie, la « box 4G », est un hybride entre les deux car elle permet une connexion wifi, alors que le routeur est connecté à la 4G et non pas à un réseau filaire. Cette option n'a de sens que dans des lieux peu peuplés qui ne bénéficient pas d'infrastructures réseaux de qualité.

...avec des performances similaires...

Pendant longtemps, l'internet mobile a été plus lent que le wifi, mais depuis l'avènement de la 4G, la différence est devenue minime. **Dans certains pays, l'internet mobile est d'ailleurs plus rapide que le wifi, c'est notamment le cas en Australie ou en République tchèque, où le wifi est pourtant aussi rapide qu'en France** ².

¹ Étude We Are Social et Hootsuite (2020) : <https://wearesocial.com/digital-2020>

² Étude Open Signal, The State of Wifi vs Mobile Network Experience as 5G Arrives (novembre 2018) : https://opensignal.com/reports-data/global/data-2018-11/state_of_wifi_vs_mobile_OpenSignal_201811.pdf

Performance des différentes technologies de connexion à internet

Type	Technologie	Débit max théorique pour l'utilisateur final en Mbit/s	Temps de téléchargement d'un film en HD (4,5 Go)
Filaire	ADSL	20	30 minutes
	Câble	80	8 minutes
	Fibre	100 - 1 000	6 minutes - 36 secondes
Mobile	3G	0,4	250 heures
	4G	100	6 minutes
	5G	1 000	36 secondes

... mais avec des contraintes différentes

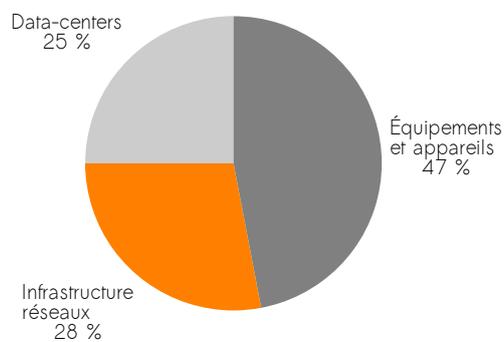
Les connexions mobiles passent par des antennes-relais qui ne peuvent recevoir qu'un nombre limité de connexions simultanées sous peine d'être saturées. Les liaisons filaires, dont la bande passante est plus élevée, sont en revanche moins sous tension. C'est pourquoi durant le confinement les appels à privilégier le wifi se sont multipliés.

2. IMPACT CARBONE D'UNE CONNEXION

Aperçu des émissions de GES du numérique

D'après une étude de l'ADEME, **les émissions de gaz à effet de serre (GES) des infrastructures réseaux (antennes relais, satellites, réseaux câblés...) représenteraient environ 28 % de l'empreinte carbone du numérique dans son ensemble.**³ A l'amont, les data-centers pèseraient 25% et à l'aval, les équipements des consommateurs pèseraient 47%.

Répartition des émissions de GES du numérique



Source : ADEME (La face cachée du numérique)

La présente note concerne principalement la comparaison des modes de connexion à internet qui peuvent présenter des profils carbonés extrêmement différenciés, parfois pour rendre un même service.

L'efficacité énergétique compense pour l'instant la hausse du trafic

Les émissions de gaz à effet de serre des opérateurs de télécommunications français sont globalement stables depuis plusieurs années, à environ 1,2 MtCO₂e par an sur la période 2013 –

³ Étude ADEME, La face cachée du numérique (novembre 2019) : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-face-cachee-numerique.pdf>

2017 ⁴ et ce malgré la hausse du trafic internet filaire et mobile. Si jusqu'à présent l'efficacité énergétique est parvenue à compenser la hausse du trafic, **il est fort possible qu'elle ne suffira pas à absorber l'explosion du trafic prévue dans les années à venir.**

L'impact carbone du réseau filaire est indépendant des volumes

La consommation d'énergie des technologies filaires (ADSL, câble, fibre) dépend peu des usages et des volumes de données transportés. Une fois maintenue sous (faible) tension, l'onde électromagnétique qui transporte les données circule librement dans les fils de cuivre de l'ADSL, et les photons circulent avec encore plus de facilité dans une fibre optique conçue pour ne pas les freiner. L'impact carbone dépend donc avant tout de la construction des réseaux et de leur mise sous tension. De plus, les opérateurs de réseaux mutualisent en partie leurs infrastructures, pour des raisons économiques et réglementaires, ce qui évite la multiplication de certains éléments de réseau. **La consommation électrique d'un réseau filaire est, par utilisateur et par an, environ 19 kWh pour une ligne téléphonique, 16 kWh pour l'ADSL et 5 kWh pour la fibre optique ⁵.**

Il existe très peu de données accessibles sur la fabrication et l'installation de réseaux filaires. En raison des matériaux entrant dans sa composition, la fabrication de la fibre est bien moins carbonée que celle d'un câble en cuivre, mais les fourreaux PEHD et PVC dans lesquels on les installe sont les mêmes. D'après la Base IMPACTS[®] de l'ADEME, **la fabrication d'un mètre de câble en cuivre générerait 382 gCO₂e ⁶. En comparaison, pour un mètre de fibre optique, les très rares données disponibles varient de 1 à 5 gCO₂e et sont probablement sous-estimées ⁷.**

En France, le linéaire de voirie est d'environ 1,1 million de km. Ce réseau routier permet de rejoindre de l'ordre de 40 millions de logements et autres bâtiments. Il y a donc en moyenne 40 raccordements par km de voirie. En guise de recoupement, l'open data de l'ARCEP fournit chaque trimestre le linéaire de fibre déployé, et le nombre de locaux raccordables à la fibre (FTTH), et la moyenne, relativement stable depuis 5 ans, est de 37 raccordements par km ⁸.

En retenant une hypothèse de 300 gCO₂/ml de fibre (fibre et fourreau), et de 1 700 gCO₂/ml de terrassement de tranché, l'équipement de 1 km de fibre engendre 2 tCO₂e ⁹. En zone urbaine, le travail est plus lent, mais engendre les mêmes volumes de déplacement et de transformation, et donc un bilan carbone du même ordre. Nous obtenons donc 50 kgCO₂/abonné. Cette installation servira 50 ans (comme le réseau cuivre de France Télécom qui achevait son déploiement dans les

4 Étude ARCEP, Réseau du Futur, Note n°5, L'empreinte carbone du numérique (octobre 2019) : https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/reseaux-du-futur-empreinte-carbone-numerique-juillet2019.pdf

5 Données ARCEP.

6 Base carbone, valeur pour câble électrique externe (alimentation principale, conducteur cuivre, isolation PE et gaine PVC), https://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?equipements_electriques.htm

7 Étude Carbon Smart pour CityFibre : Our digital infrastructure needn't cost the earth (2018), valeur 0,98 gCO₂e <https://www.cityfibre.com/wp-content/uploads/2018/04/Carbon-Smart-Our-digital-infrastructure-neednt-cost-the-earth-1.pdf>, et Publication Carbon Footprint Estimation in Fiber Optics Industry: A Case Study of OFS Fitel, LLC (mai 2017) : 4,81 gCO₂e https://www.researchgate.net/publication/317757570_Carbon_footprint_estimation_in_fiber_optics_industry_A_case_study_of_OFS_Fitel_LLC

8 https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/le-marche-du-haut-et-tres-haut-debit-fixe-deploiements/#_

9 Soit principalement 250 litres de carburant consommés par jour pour un chantier équipé d'une tranchreuse opérant 500 ml de pose par jour. Les tranchées en zone rurale vont de 400 à 800 ml/jour.

années 1970 et qui peut être considéré comme entièrement amorti). **Le poids carbone de l'infrastructure fibre est donc de l'ordre de 1 kgCO₂/an/abonné.**

La consommation énergétique du réseau mobile augmente avec le trafic

A l'inverse du filaire, l'impact carbone des connexions mobiles dépend fortement des usages. La 4G est émise via un réseau de plus de 46 400 supports (placés sur des pylônes, des immeubles, des châteaux d'eau...) dont la consommation électrique dépend du trafic. D'après, l'Autorité de Régulation des Télécoms (ARCEP), la consommation d'énergie de la transmission mobile est en moyenne 0,6 kWh/Go. **Un utilisateur de réseau 4G en France consommerait environ 50 kWh par an, soit 10 fois plus qu'avec la fibre optique** ¹⁰.

En première approche, le déploiement d'un réseau de 50 000 supports, tous généralement équipés de 4 à 10 antennes émettrices, pourrait être évalué à 500 000 tCO₂e. Dans la mesure où les supports restent mais que les antennes changent vite, à chaque évolution de la norme (2G/3G/4G/5G), il semble raisonnable d'amortir cet investissement sur 20 ans. **Cela représente alors un flux de 25 000 tCO₂e/an à diluer sur près de 70 millions de téléphones portables, soit 0,3 kgCO₂e/an/abonnement (autrement dit trois fois moins qu'un réseau fibre).**

Il s'agit bien d'ordres de grandeur. Les informations relatives au contenu carbone de l'infrastructure (filaire comme mobile) restent très incertaines, en raison d'un manque de données accessibles.

Comparaison de l'impact carbone de la connexion à internet

Consommation électrique et impact carbone des différentes technologies de connexion à internet *

Type	Technologie	Consommation électrique par utilisateur par an (en kWh)	Impact carbone par utilisateur par an (en kgCO ₂ e) **		
			Consommation électrique	Infrastructure	Total
Filaire	ADSL	19	1,7	1	2,7
	Câble	16	1,4	1	2,4
	Fibre	5	0,5	1	1,5
Mobile	4G	50	4,5	0,3	4,8
	5G	7 < 35	0,6 < 3,2	0,3	0,9 < 3,5

* Données basées sur le troisième trimestre 2019. Les consommations 4G sont en très forte hausse (près de 50 % entre 2018 et 2019).

** Sur la base d'un facteur d'émissions de l'électricité en France de 90 gCO₂/kWh ¹¹.

Le poids carbone d'une heure de visionnage en 4G dépendra de la qualité de la vidéo visionnée, il sera 165 gCO₂ en HD (720p - 3,5 Go) et de 1 700 gCO₂ en 8 K (36 Go). Pour comparaison, le bilan carbone d'un smartphone, sur une année, est d'environ 20 kgCO₂e ¹². Le

¹⁰ D'après les informations sur les consommations moyennes de data d'environ 10 Go/mois par utilisateur 4G fournies par l'ARCEP.

¹¹ Le contenu carbone de l'électricité en France selon la base carbone est d'environ 40gCO₂e/kWh. Nous retenons une valeur de 90 gCO₂/kWh pour y intégrer l'infrastructure de transport et de distribution associée, ainsi que l'ensemble des équipements qui permettront à l'écosystème « EnR + Smart Grid + stockage » de fonctionner durablement.

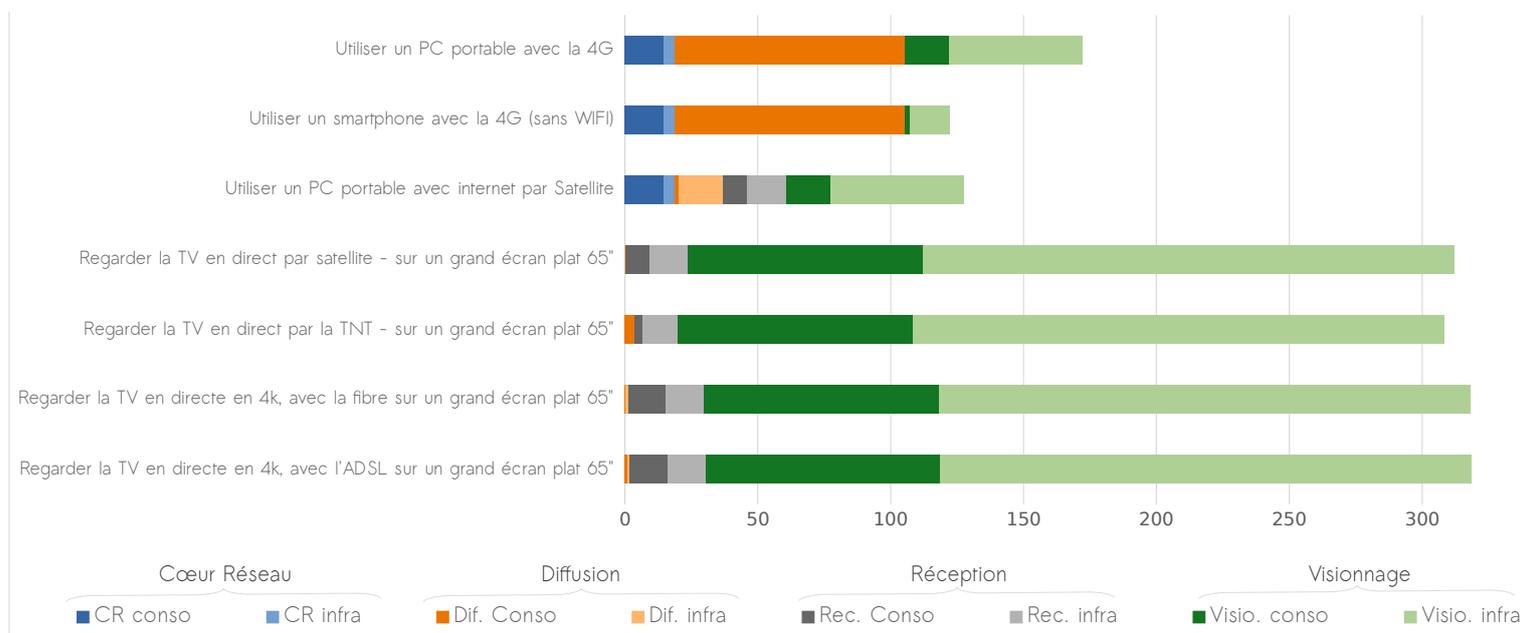
¹² ADEME, Modélisation et évaluation des impacts environnementaux de produits de consommation et biens d'équipement (septembre 2018) : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/acv-biens-equipements-201809-rapport.pdf>

visionnage d'un seul film en 8 K en 4G représente un dixième du bilan carbone annuel d'un smartphone (fabrication, consommation et fin de vie).

3. L'IMPACT DE LA CONNEXION DANS L'ENSEMBLE DE LA CHAÎNE

L'étude de l'impact carbone complet de plusieurs types d'usage d'internet et de la télévision montre que la connexion n'est pas toujours le poste le plus important. **Néanmoins dès que connexion internet est réalisée en 4G, elle représente jusqu'à 50 % et 70 % respectivement via un ordinateur et un smartphone** (cf. les deux premières barres du graphique suivant).

Impact carbone de différents usages d'internet et de la TV (en kgCO2e/an) *



* Sur la base du facteur d'émission moyen de l'électricité de l'Union européenne : 300 gCO2e/kWh.

Pour la télévision, à partir des usages moyens, nous observons que l'essentiel de l'impact carbone provient du visionnage, c'est à dire à la fois de la fabrication du médium (télévision) et de sa consommation d'électricité. **Globalement, le visionnage représente 90 % de l'impact carbone de la télévision, les deux tiers pour la fabrication et un tiers pour la consommation d'électricité.**

Pour l'utilisateur, la souscription à un fournisseur d'électricité renouvelable est donc un levier pour infléchir drastiquement et simplement l'impact carbone de sa consommation vidéo. De plus, il pourra également privilégier l'achat d'un téléviseur qui durera très longtemps, le matériel d'occasion, ou encore mieux, l'abandon du téléviseur au profit d'un vidéo-projecteur dont l'impact carbone de la fabrication est 5 à 10 fois moindre que celle d'un téléviseur de plus de 50 pouces.

4. LE DÉPLOIEMENT DE LA 5G

La 5G va-t-elle durablement désengorger le réseau mobile ?

Un des principaux arguments de la 5G est la réponse à l'engorgement du réseau mobile lié à l'augmentation du trafic, notamment vidéo. La 5G pourrait être capable de supporter dix fois plus de communications mobiles simultanées. Or l'augmentation des débits grâce à la 5G justifie deux arguments commerciaux majeurs, qui sont la baisse du temps de téléchargement (voir tableau page 3) et le développement de l'internet des objets, autrement dit la massification des objets connectés. L'explosion du trafic attendue risque de reposer ainsi l'enjeu du désengorgement dans quelques années. **Et la 5G pourrait devenir le parfait exemple de la fuite en avant technologique.**

Vers une explosion du trafic de données et des émissions de CO₂

La 5G est une technologie dont la consommation énergétique est proportionnelle à la consommation, bien que les antennes n'émettent qu'à la demande, c'est-à-dire seulement aux moments où les terminaux en ont besoin¹³. A l'inverse, le filaire offre une solution dont la consommation n'augmente pas avec le volume de données transférées.

D'après les opérateurs mobiles, les technologies 5G devraient diviser par 10 la consommation énergétique par gigabit transporté par rapport à la 4G en 2025. C'est l'argument commercial, qui place la 5G au niveau actuel de la fibre, mais la réalité technique est moins évidente car si les antennes peuvent se mettre en veille, elles vont devoir intégrer un temps de réveil qui va faire l'objet d'un arbitrage par les opérateurs entre qualité de service et consommation d'énergie. Au final, les innovations technologiques 5G permettraient d'économiser plus vraisemblablement 30 à 40% d'électricité par rapport à une antenne 4G, à volume de données traitées constant¹⁴. **En l'absence d'une politique volontariste d'encadrement des usages visant à limiter le volume de données à traiter, il n'y a aucune économie d'énergie à attendre sur le périmètre de la connexion à internet par la 5G, bien au contraire.**

Par ailleurs, afin d'obtenir une couverture 5G équivalente à la 4G, il faudra environ 30 % d'antennes supplémentaires, **soit 14 000 antennes-relais, en particulier en zones rurales où le nombre de sites 5G pourrait doubler voire tripler** par rapport aux sites 4G actuels¹⁵.

13 Le réseau 5G fonctionne avec des antennes «Massive MIMO», à faisceau orientable, qui émettent le signal uniquement dans la direction du mobile en communication, contrairement à la 4G, qui couvre un large secteur.

14 D'après Hugues Ferreboeuf, directeur du projet sobriété au Shift Project cité par Libération: https://www.liberation.fr/checknews/2020/07/17/la-5g-est-elle-extremement-consommatrice-d-energie-comme-l-affirme-julien-bayou_1793102

15 D'après l'ARCEP, la couverture 4G est de 86% du territoire.

5. L'HEURE DES CHOIX

Procéder à une évaluation la plus complète possible avant de s'engager dans des choix majeurs ne constitue pas une position passéiste, encore moins obscurantiste, mais raisonnable et prudente.

L'électricité représente une part importante de la consommation d'énergie d'internet (data-centers) et son accès (réseau, routeurs, ordinateurs, smartphones). Le verdissement attendu de la production d'électricité va inévitablement réduire son empreinte carbone. **Dans le monde, la consommation électrique du numérique équivaut à la production éolienne**¹⁶. L'éolien a connu une croissance de 20 % par an en moyenne sur les 10 dernières années. Autrement dit, le développement du parc éolien a été entièrement absorbée par le développement du numérique, et n'a pas servi à la transition du mix mondial. **L'effort actuellement pris pour développer des sources d'électricité renouvelable partout sur la planète doit-il en priorité servir à remplacer les centrales à charbon existantes, ou bien être accaparé par de nouveaux usages ?**

La part prédominante que prend la vidéo (VOD/streaming) dans le flux global des datas sur internet¹⁷ questionne de plus en plus la durabilité des services numériques, surtout si la diffusion via réseau mobile est privilégiée par rapport à la fibre ou à la liaison satellite. La possibilité grandissante d'accéder à ces contenus via les réseaux mobiles 4G/5G fait craindre un emballement de l'impact carbone du numérique.

L'empreinte carbone du numérique pose d'ailleurs de plus en plus question, parmi les spécialistes et au sein de la population. Il s'agit d'un signe positif de prise de conscience. **Soutenir, à tout prix et sans réflexion préalable, le développement d'une technologie dont l'usage est dépendant de la consommation d'énergie est contraire à toute politique de sobriété.**

Au delà des mises en garde sanitaires et des postulats idéologiques sur le bien-fondé d'une « smart » société, nous pouvons par ailleurs légitimement, aux vues de la consommation énergétique, nous interroger sur la pertinence du développement de l'internet des objets. **Ce dernier n'a en effet pour l'instant clairement pas encore démontré sa pertinence en matière de transition énergétique, ni son impact positif sur le bilan carbone des domaines concernés en cycle de vie complet.** L'internet des objets répond aujourd'hui avant tout au dogme que la technologie apporte une solution à tous les problèmes.

A l'heure des enjeux énergétiques et climatiques, de la volonté de tenir les engagements de l'accord de Paris et de la Stratégie Nationale Bas Carbone, **il paraît risqué de se lancer dans le déploiement de la 5G sans en faire préalablement une évaluation carbone précise.**

16 L'étude GreenIT, Empreinte environnementale du numérique mondial (2019) estime une consommation électrique mondiale à 1 300 TWh : https://www.greenit.fr/wp-content/uploads/2019/10/2019-10-GREENIT-etude_EENM-rapport-accessible.VF_.pdf / BP Statistical Review 2020, consommation éolienne mondiale : 1 400 TWh en 2019 : <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.

17 D'après l'étude The Shift Project : Climat, l'insoutenable usage de la vidéo en ligne (juillet 2019), 80 % des flux de données sur internet concernent la vidéo en ligne. <https://theshiftproject.org/article/climat-insoutenable-usage-video/>. Une étude de CISCO de 2017, citée par l'ARCEP, mentionne 55 %.

6. ET MOI, AU QUOTIDIEN ?

En changeant mon comportement, j'influe sur l'offre :

- Par mon usage d'internet, je peux réduire mon impact carbone :
 - Je choisis des résolutions selon mes besoins. Il n'est souvent pas nécessaire de regarder toutes les vidéos en HD ;
 - Au cours de visioconférences, je coupe ma caméra lorsque je ne prends pas parole ;
 - Pour regarder un film (s'il n'est pas disponible à la médiathèque !), je préfère le téléchargement au streaming ;
 - Pour écouter de la musique, je préfère le téléchargement, les plateformes audio ou radio, plutôt qu'un clip dont je ne regarde pas la vidéo ;
 - Je désactive la lecture automatique sur les réseaux sociaux ou les plateformes vidéo et reprends ainsi le contrôle de mon visionnage (et gagne quelques heures de sommeil !).
- Sur mon smartphone, en réduisant mon usage de données mobiles, je questionne le déploiement de la 5G et peux ainsi agir sur les décisions politiques. Je limite également l'encombrement de la bande passante pour les usages plus importants (enseignement, médecine, service public...).
 - Je privilégie systématiquement le réseau wifi ou filaire plutôt que les réseaux mobiles (3G, 4G) ;
 - Je désactive mes données mobiles par défaut, ou bien j'active l'économiseur de données pour empêcher certaines applications de recevoir des données en permanence ;
 - Et surtout, j'évite de regarder des vidéos HD en 4G !

Cette note a été co-rédigée par Damien, Olivier et Anaïs de l'équipe d'Objectif Carbone, cabinet de conseil en stratégie énergie-climat.

Une réaction, un commentaire, une précision : info@objectifcarbone.org



www.objectifcarbone.org

