

Préparer le futur des réseaux mobiles – Réponses du GDS EcoInfo (CNRS) à la consultation publique de l'ARCEP

Philippe Ciblat, Jacques Combaz, Marceau Coupechoux, Kevin Marquet, Anne-Cécile Orgerie
Groupement de Service du CNRS EcoInfo
<https://ecoinfo.cnrs.fr>

Le GDS EcoInfo

Le GDS EcoInfo est un groupement de service du CNRS dont la finalité est de réduire les impacts négatifs environnementaux et sociétaux du numérique par des actions d'évaluation, de sensibilisation, de formation et des expertises basées sur des travaux académiques. Ce groupe est composé d'une soixantaine de personnes issues de différents organismes (CNRS, Inria, Universités, Institut Mines-Télécom, Arts et Métiers), exerçant des métiers variés (ingénieurs, chercheurs, enseignants-chercheurs) avec des spécialités complémentaires (informatique, gestion, sociologie, géologie, philosophie, etc.). Un groupe spécifique du GDS EcoInfo travaille sur les impacts environnementaux de la 5G ; c'est ce groupe qui a rédigé les réponses ci-dessous à la consultation de l'ARCEP sur le futur des réseaux mobiles.

1.4 Les usages et les besoins en fonctionnalités attendus

On ne pourra pas maîtriser la consommation énergétique des réseaux mobiles sans imposer une forme de limitation dans les usages. Le secteur du numérique représente en effet environ 1,8 à 3,9% des émissions de gaz à effet de serre (GES) [1] et les réseaux mobiles en prennent une part importante. Malgré des gains considérables en termes d'efficacité énergétique, force est de constater que l'augmentation du trafic de données a au moins compensé ces gains [2, 3]. Entre 2002 et 2012, les émissions de GES dues directement au numérique ont cru deux fois plus vite que les émissions globales. Entre 2015 et 2020, les conclusions sont plus contrastées, certaines études montrant que les émissions ont continué à croître alors qu'une autre montre une faible diminution [1]. L'augmentation du trafic et le renouvellement des équipements est tiré par des besoins, mais aussi par des stratégies de marchandisation des acteurs économiques, incités à créer de nouveaux besoins, offrir de nouvelles fonctionnalités et accroître les capacités afin de maintenir ou augmenter leurs profits. Comme dans d'autres secteurs économiques, la sobriété devrait au contraire être au coeur des réflexions sur les usages du numérique et des réseaux mobiles en particulier.

Il s'agirait alors de distinguer les usages essentiels, les usages utiles et les usages de confort au regard de l'utilité sociale et de l'impact environnemental. En se fondant sur des objectifs planifiés de réduction des impacts environnementaux, les besoins essentiels pourraient être disponibles à un prix très faible ; les besoins utiles pourraient être facturés de manière progressive en fonction de leur impact ; les usages de confort pourraient être soumis à autorisation.

Références

- [1] Freitag, C. et al. The real climate and transformative impact of ICT : A critique of estimates, trends, and regulations. *Patterns* 2, 9 (2021)
- [2] Lange, Steffen, Johanna Pohl, and Tilman Santarius. "Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand ?" *Ecological Economics* 176 (2020) : 106760
- [3] Bol, David et al. Moore's Law and ICT Innovation in the Anthropocene. *Proceedings de IEEE Design, Automation and Test in Europe Conference* (2021)

Question 8. Quels autres usages et fonctionnalités attendus identifiez-vous ?

Les fonctionnalités les plus importantes sont celles d'une consommation faible et d'une durabilité grande des appareils (terminaux et réseaux). Le document cite une liste de moyens communicationnels (communication voix, accès

à Internet, remontée de données de capteurs) sans lien avec les usages finaux qui en seront faits. Il conviendrait au contraire de s'interroger sur la pertinence de ces moyens au regard de l'utilité sociale et de l'impact environnemental des usages finaux. L'usage de la vidéo peut être par exemple jugé comme essentiel pour l'éducation ou la médecine, mais de confort pour une réunion de travail où l'audio peut suffire. Comment classer ces usages ? Comment décider lesquels sont légitimes et lesquels ne le sont pas ? Il faut sans doute repenser la gouvernance des réseaux mobiles afin que par exemple usagers, citoyens tirés au sort, ingénieurs, associations environnementales, régulateur puissent planifier la réduction des impacts environnementaux et détailler la feuille de route à suivre.

Question 9. Quels marchés seraient visés par ces usages ? Avec quelles perspectives d'évolution et à quelle échéance ?

Le document n'envisage les usages que sous l'angle de nouveaux marchés qui pourraient être visés. La sobriété numérique semble incompatible avec cette approche. Il faudrait au contraire s'interroger sur les marchés actuels qui devraient être contractés et sur les marchés envisagés qui devraient être abandonnés. Pour cela, il serait utile de sortir, au moins en partie, de la logique de marché pour nos usages des réseaux mobiles de façon à pouvoir collectivement définir ceux qui nous paraissent essentiels, utiles ou de confort. Le point de vue devrait se déplacer d'une logique d'évolution des marchés à une logique de trajectoire de réduction des impacts environnementaux. Le fonctionnement actuel du secteur des télécommunications, organisé en vue d'une croissance sans limite des débits et des connexions grâce à la création continuelle de nouveaux besoins est manifestement incompatible avec la notion de sobriété numérique.

Question 10. Parmi ces usages, certains d'entre eux sont-ils plus spécifiquement appelés à se développer dans un environnement fixe, à l'intérieur de bâtiments par exemple, ou bien en mobilité ? Le cas échéant, pour quelles raisons ?

Dans une logique de hiérarchisation des usages en fonction de leur utilité sociale et environnementale, il faut s'interroger sur la meilleure technologie pour chaque usage et définir les critères permettant de différencier les technologies. Certaines applications peuvent être par exemple utiles à l'intérieur des bâtiments dans un environnement fixe (et dans ce cas, un réseau filaire peut avoir un impact plus faible qu'un réseau mobile), mais de confort ou superflues dans un environnement mobile. Transmettre une vidéo de haute qualité en mobilité depuis une ambulance peut paraître essentiel. Regarder une vidéo de haute qualité sur son *smartphone* pour se divertir pourrait être jugée au contraire superflue.

Question 11. Le cas échéant, quelles nouvelles technologies mobiles seraient nécessaires pour couvrir l'ensemble de ces usages ? Pour couvrir vos usages en tant qu'utilisateur ?

Dans un contexte de sobriété numérique, il serait préférable de ne pas développer de nouvelles technologies au sens où on l'a entendu jusqu'à aujourd'hui, à savoir plus performantes, plus rapides, et au final plus consommatrices d'énergie une fois pris en compte l'effet rebond. Si de nouvelles technologies devaient être nécessaires, il faudrait sans doute qu'elles viennent remplacer les technologies actuelles, plutôt que de s'y superposer. Elles pourraient être conviviales [4], c'est-à-dire ouvertes, simples à utiliser, de faible consommation, durables, faciles à réparer, on pourrait les utiliser aussi souvent ou aussi rarement qu'on le désire (c'est-à-dire que l'on n'en soit pas dépendant) et elles nous rendraient plus autonomes. Elles ne pourraient de toute façon être déployées que dans le cadre d'une planification de réduction des impacts environnementaux et après étude de leurs apports et coûts sociaux et environnementaux. Un apport positif pourrait être que cette technologie remplace complètement une activité très fortement émettrice qui deviendrait alors interdite.

Références

[4] Ivan Illich, La convivialité, Éditions du Seuil, 1973.

Question 12. Quels nouveaux besoins en fréquences identifiez-vous pour répondre à ces usages avec les technologies existantes, et, le cas échéant, avec l'introduction de nouvelles technologies ? Pour quelles raisons (capacité, débit, couverture...)?

Dans un contexte de sobriété numérique, la baisse du trafic mobile peut passer par une réduction du nombre de fréquences allouées. L'allocation des fréquences entraîne en effet une augmentation de la bande passante disponible, ce qui pousse en retour les utilisateurs à consommer plus de données mobiles. L'allocation de nouvelles fréquences implique également le déploiement de nouveaux équipements de réseau ou de nouveaux composants électroniques qui rendent les équipements déjà installés plus énergivores. Parmi les fréquences disponibles, il faudra distinguer celles, plutôt basses, qui ont des propriétés de propagation meilleures et permettent donc de limiter le nombre d'antennes-relais sur le territoire, des fréquences élevées qui nécessitent une forte puissance ou un grand nombre d'antennes pour couvrir une zone très limitée. L'extinction des réseaux 2G et 3G doit être l'occasion de désallouer une bande de fréquence équivalente plutôt que de l'allouer à des technologies 4G ou 5G qui risqueront à terme d'être plus énergivores à cause du trafic qu'elles induiront et des nouveaux équipements à installer.

3.1 Couverture et qualité de service des réseaux ouvert au public

Question 21. Quels sont les services grand public et professionnels indispensables fournis par les réseaux mobiles (navigation web, appels voix, appels visio, courriels, messagerie instantanée, streaming...)? Les utilisateurs rencontrent-ils des difficultés pour accéder à ces services, et le cas échéant, dans quels cas et à quelle occurrence (endroit particulier, rarement/souvent en zones rurales, rarement/souvent à l'intérieur des bâtiments, en mobilité, sur les axes de transport...)?

La notion de 'service indispensable' introduite par la question renvoie à celle de besoin essentiel évoqué plus haut. Elle s'attache cependant encore une fois aux moyens communicationnels plutôt qu'aux usages finaux, ce qui en limite la portée. À titre d'exemple, le *streaming* de haute qualité pour le divertissement pourrait être jugé superflu en mobilité. L'acceptation sociale de la sobriété est intimement liée au caractère égalitaire et juste des mesures à prendre [5] ainsi qu'à l'imaginaire collectif à reconstruire avec moins de numérique. Dans cette perspective, l'égal accès de tous, quelque soit son lieu de résidence, aux usages essentiels et utiles est crucial pour que les mesures de sobriété numérique soient comprises et acceptées par le plus grand nombre. Dans la situation actuelle au contraire, la course aux nouveaux besoins crée une frustration chez les habitants des zones rurales qui ne peuvent accéder au service ou bien avec une qualité dégradée par rapport à ceux de la ville. L'acceptation sociale de la sobriété passe également par le caractère démocratique des décisions à prendre [5, 6]. Il conviendrait donc de définir collectivement ce que sont les 'services indispensables' auquel tout un chacun a droit.

Références

- [5] Villalba, Bruno. "Sobriété : ce que les pauvres ont à nous dire", *Revue Projet*, vol. 350, no. 1, 2016, pp. 39-49.
- [6] Claire Legros, "La sobriété est un enjeu de justice et de solidarité, avec les "gilets jaunes" hier ou les Ukrainiens aujourd'hui", *Le Monde*, 17 mars 2022.

Question 22. Quels sont les critères de performances clefs nécessaires pour évaluer la qualité des services mentionnés ? Avez-vous noté des évolutions de cette qualité ces dernières années ?

Les critères de performances d'un réseau devraient intégrer un ou plusieurs indicateurs environnementaux. Ceux-ci doivent prendre en compte non seulement la consommation énergétique des équipements réseau en phase d'usage, mais aussi leur production, leur déploiement, leur maintenance et leur fin de vie. Autrement dit, une analyse du cycle de vie (au sens des normes ISO 14040 et 14044 qui sont largement reconnues dans le domaine de l'évaluation environnementale) devrait être préalable au déploiement de tout nouveau service ou usage, de toute nouvelle technologie. Il est également primordial de ne pas limiter les indicateurs environnementaux à des mesures relatives au service(s) rendu(s), car ces dernières masquent totalement les effets rebond. L'empreinte carbone globale du réseau, intégrant tout son cycle

de vie, ainsi que l'empreinte ramenée au client, devraient être les premiers indicateurs environnementaux à fournir. Il conviendrait enfin de s'assurer que la consommation énergétique du réseau en phase d'usage soit de plus en plus proportionnelle au trafic transporté et par conséquent que la consommation à charge nulle soit la plus faible possible (grâce par exemple à l'activation de modes veille réactifs et efficaces).

Question 23. Quels seraient les besoins, en distinguant le grand public et les usages professionnels, qui pourraient ne pas être satisfaits par la combinaison des obligations déjà existantes? Identifiez-vous d'autres leviers pour garantir que les déploiements répondent à ces besoins? Si oui, quelles en seraient les modalités les plus adéquates?

Les licences dans la bande 3490-3800 MHz pour le déploiement de la 5G ont été attribuées pour 15 ans avec un unique bilan effectué par l'ARCEP 3 ans avant la date d'expiration [7]. Étant donné l'urgence climatique, il conviendrait de tirer un bilan des impacts environnementaux d'une telle technologie de manière beaucoup plus régulière. Ces bilans pourraient permettre de vérifier le respect par les opérateurs des engagements environnementaux et d'affiner des plans de diminution des impacts discutés en amont des attributions. Si l'on reprend certains des objectifs fixés par l'ARCEP pour l'attribution de ces fréquences [7], on peut faire les remarques suivantes :

- La réduction des impacts environnementaux ne figure pas dans la liste des objectifs. Ces objectifs seraient pourtant un formidable levier pour mettre en oeuvre la sobriété numérique.
- Les obligations de transparence quant aux données des opérateurs ne sont pas à la hauteur des enjeux. Elles se limitent au déploiement des sites et pannes de réseaux. Il conviendrait au contraire d'étendre la transparence à toute une série d'indicateurs permettant de suivre les impacts sociaux et environnementaux des réseaux. Il pourrait s'agir par exemple de relevés horaires de puissance et de débit, des caractéristiques environnementales et profils de consommation des équipements, de l'âge des équipements remplacés, des impacts de la maintenance, etc. Cette transparence est nécessaire aux citoyens qui doivent être informés pour prendre leurs décisions, aux chercheurs qui mettent en place des méthodologies d'évaluation des impacts, ou à la puissance publique (État, collectivités territoriales) qui pourrait établir un plan de réduction des impacts.
- L'aménagement du territoire est un objectif louable dans la perspective d'un accès universel et égalitaire aux usages essentiels (obligation de couverture, déploiement concomitant). En revanche, l'augmentation des débits et la généralisation des services 5G sur l'ensemble du territoire comme objectifs en soi sont incompatibles avec la notion de sobriété numérique, surtout elles ne sont pas associées à un plan de réduction des impacts environnementaux.
- Les objectifs en termes d'investissements incitent les opérateurs à déployer le plus rapidement possible des services différenciés de type 5G, des services pour les marchés verticaux, de déployer une couverture à l'intérieur des bâtiments sans s'interroger sur la pertinence d'un point de vue social et environnemental de ces investissements.
- L'objectif d'une gestion et d'une utilisation efficace des fréquences se limite au critère technique d'efficacité spectrale. La notion d'efficacité devrait au contraire être beaucoup plus large et inclure l'utilité sociale et environnementale de l'usage du spectre.

On le voit donc, les obligations actuelles ne prennent pas du tout en compte la crise environnementale. À titre d'anecdote, le mot "environnement" n'apparaît dans [7] que pour désigner un environnement économique ou technique. L'État est souverain sur l'ensemble du spectre radio-électrique. À travers un opérateur comme l'ARCEP, il devrait profiter de ce pouvoir pour mettre en place un plan de réduction des impacts environnementaux des réseaux mobiles, un plan fondé sur une large concertation et guidé par la notion de sobriété numérique.

Références

- [7] Décision n° 2019-1386 de l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse, 21 novembre 2019

Question 24. Quelles sont les évolutions attendues des usages à l'intérieur des bâtiments? Pour répondre aux besoins, quelles seraient les solutions techniques et les modèles d'affaires (par exemple opérateur neutre) les plus appropriés? quels types d'acteurs seraient susceptibles de les déployer? Quels seraient les enjeux concurrentiels, techniques, réglementaires ou d'autre nature liés à ces solutions et modèles d'affaires?

On ne pourra pas maîtriser la consommation énergétique et les impacts environnementaux des réseaux mobiles sans imposer une forme de limitation dans les usages. S'interroger sur la nécessité et la pertinence des usages actuels et futurs est donc un préalable indispensable avant d'envisager des évolutions, des solutions techniques et des modèles d'affaires pour répondre à des besoins décorrélés des enjeux environnementaux actuels.

Question 25. Quelles fréquences supplémentaires pourraient permettre de répondre aux besoins de couverture et de qualité de service indoor, et de quelle manière? En particulier : la bande 26 GHz est-elle adaptée pour des solutions ad hoc en indoor? Les bandes 450 MHz et 1,4 GHz pourraient-elles permettre, vu leurs qualité de propagation, un gain de couverture en indoor via les réseaux mobiles? Quelles autres fréquences pourraient être envisagées pour répondre à ce besoin de couverture?

Dans un contexte de sobriété numérique, le déploiement de la bande 26 GHz ne semble pas être une priorité s'il n'est pas associé à des usages essentiels ou utiles. Toute attribution de fréquences supplémentaires devrait être évaluée en mettant en regard d'une part un plan de réduction des impacts environnementaux et d'autres par des usages essentiels ou utiles. La couverture *indoor* par une technologie mobile ne saurait être un objectif en soi alors que des alternatives filaires comme Ethernet (sur cuivre ou fibre) pourraient répondre aux besoins avec éventuellement un impact moindre. La bande à 26GHz demande une attention particulière. À cette fréquence, les ondes se propagent mal. Ce n'est qu'au prix d'un grand nombre d'antennes par site que l'on parvient à couvrir une zone de rayon de seulement 200m [8]. L'attribution de fréquences à 26Ghz risque donc d'entraîner une multiplication des petites cellules. La largeur du spectre dans cette bande étant beaucoup plus importante (peut-être de l'ordre de 400MHz contre 70-90MHz dans la bande 3.5GHz), les débits proposés seront considérables. On risque alors de s'acheminer vers une consommation décuplée de données. Le coût environnemental devrait donc être mis en regard des bénéfices sociétaux avant toute attribution [9] et entrer dans les limites fixées par un plan de réduction des impacts des réseaux mobiles.

Références

- [8] Azar, Yaniv, et al. "28 GHz propagation measurements for outdoor cellular communications using steerable beam antennas in New York City." 2013 IEEE international conference on communications (ICC). IEEE, 2013.
- [9] Haut Conseil pour le Climat, Maîtriser l'impact carbone de la 5G, décembre 2020.

Question 26. Quel rôle joue le Wifi dans l'ensemble des solutions pour fournir des services à l'intérieur des bâtiments? Le cas échéant, pour quels usages le Wifi n'est-il pas une technologie appropriée, et pour quelles raisons?

Il conviendrait de comparer les technologies WiFi et 5G en termes d'impacts environnementaux en fonction d'usages essentiels ou utiles. Prenons l'exemple du télétravail, qui permettrait de réduire notre consommation énergétique sous certaines conditions (voir par exemple [10]). Une cellule 5G qui consomme à elle seule environ 5kW peut servir des dizaines de visio-conférences simultanément. Une box WiFi6 ne consomme au contraire qu'environ 10W, mais ne sert généralement qu'une à deux personnes. Pour un service utile (le télétravail), on voit donc bien que la comparaison n'est pas immédiate en termes de consommation énergétique. Une étude plus poussée est donc nécessaire pour affiner la consommation des équipements et leurs capacités dans différents scénarios (zone rurale ou urbaine, type de fréquence, etc.). Ces études ne sont possibles que si les opérateurs et les constructeurs de matériel télécom rendent publiques leurs données, par exemple de trafic et de consommation électrique. La planification de réduction des impacts environnementaux ne pourra se passer d'une grande transparence sur des données qui sont aujourd'hui sous le sceau du secret des affaires.

Références

[10] The Shift Project, Décarboner la mobilité en Vallée de la Seine, décembre 2020.

Question 27. Les dispositions existantes vous paraissent-elles satisfaisantes et suffisantes ? En particulier, pensez-vous nécessaire de prévoir des nouvelles dispositions pour assurer la généralisation du “très haut débit” ou permettre aux utilisateurs qui le souhaitent une redondance des réseaux filaires par des technologies hertziennes ? Avez-vous des propositions à faire ?

La généralisation du “très haut débit” ne semble pas une priorité d’un point de vue environnemental. De plus, en mobilité, il n’est très souvent pas nécessaire.

3.2 Numérique soutenable

Question 29. Avez-vous des propositions (leviers d’action, moyens, stratégies etc.) à partager en matière de gestion du spectre ou d’attribution de fréquences pour réduire l’impact environnemental des réseaux et plus généralement promouvoir un numérique soutenable ? Quelles exigences ou prérequis seraient nécessaires pour rendre opérant, le cas échéant, ce levier (disponibilité de données, cohérence méthodologique, contrôle/audit a posteriori etc.) ?

La loi énergie-climat [11] (LOI n°2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l’énergie et au climat) stipule l’établissement de plafonds d’émissions indicatifs sur l’empreinte carbone. Il conviendrait donc de publier les empreintes carbone des infrastructures actuelles en y intégrant les émissions importées, c’est-à-dire les émissions liées à la phase de production des smartphones, des équipements des infrastructures réseaux ainsi que des centres de données. L’accroissement de ces infrastructures deviendra nécessaire pour supporter l’accroissement du trafic lié au déploiement de la 5G. Or ces équipements sont produits principalement à l’étranger, d’où une importation des émissions. Comparer ces émissions aux plafonds fixés par la loi est indispensable pour garantir un déploiement de la 5G qui limite ses impacts environnementaux. Si on se focalise sur le réseau-cœur, il conviendrait via cette loi de chercher la meilleure structure de réseau qui, à débit identique, permet de considérablement diminuer la consommation en prenant aussi en compte que ce réseau conduira à des remplacements de machines, dont le coût énergétique de fabrication doit être intégré. D’une manière générale, la durée de vie des équipements réseaux (filaire ou sans fil) est un point important à considérer avant de se lancer dans des modifications.

Références

[11] Loi n°2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l’énergie et au climat

Question 30. En tant qu’opérateur ou entreprise, disposez-vous d’une stratégie environnementale ou de réduction des émissions de gaz à effet de serre au niveau de votre organisation ? Comportement-elle un volet réseau ou numérique ? Avec quels outils ou quelle méthodologie contrôlez-vous le respect de cette stratégie ? De quelle manière la sollicitation et l’utilisation de fréquences jouent un rôle dans cette stratégie ?

Notre enquête interne au GDS EcoInfo révèle que nous n’avons aucun utilisateur de la 5G.

Question 31. Pour chacune des bandes de fréquences mentionnées en partie 4, identifiez-vous des impacts environnementaux positifs ou négatifs propres à l’utilisation de ces bandes de fréquences ?

Le rapport de CITIZING pour le Haut Conseil pour le Climat publié en décembre 2020 [12] indique plusieurs impacts environnementaux négatifs attribués à la 5G :

- une augmentation de la consommation d’énergie primaire en France des réseaux : au mieux un doublement de 2020 à 2030 dans le cas du déploiement d’une ‘5G sélective’, c’est-à-dire limitée aux zones denses et à la bande à

3,5 GHz. Cette augmentation est liée à l'accroissement du trafic et au fait qu'unitairement, une station de base 5G consomme plus qu'une station de base d'une génération précédente.

- des augmentations de la consommation d'électricité en France des réseaux et donc une augmentation des émissions de gaz à effet de serre liées au réseau, y compris dans l'hypothèse d'une diminution de l'intensité carbone de l'électricité consommée en France (grâce notamment à l'accroissement d'énergie issue de sources renouvelables). Cette augmentation est liée à la précédente.
- des augmentations de la consommation d'énergie primaire, de la consommation d'électricité et des émissions de gaz à effets de serre des datacentres. Ces augmentations sont induites par l'augmentation de trafic généré par le déploiement de la 5G, y compris dans le cas du déploiement d'une 5G sélective (uniquement en zones denses sur la bande 3,5 GHz) et en supposant un passage à de l'*edge computing* avec des datacentres plus efficaces et localisés sur le territoire français (où l'énergie est moins carbonée qu'à l'étranger).
- des augmentations de la consommation d'énergie primaire, de la consommation d'électricité et des émissions de gaz à effet de serre des terminaux (*smartphones*, objets connectés, etc.) y compris dans le cas du déploiement d'une 5G sélective. Ces augmentations sont notamment liées à l'accélération du renouvellement du parc de *smartphone* liée à l'introduction d'une nouvelle technologie (la 5G) qui n'est pas compatible avec les précédentes, mais aussi à la consommation énergétique accrue des puces 5G dans les *smartphones* par rapport aux puces des générations précédentes, en particulier pour gérer les débits croissants.
- des effets rebond sur le réseau qui se traduisent par une augmentation des volumes d'activité numériques au sein des autres composantes de l'écosystème numérique, et notamment les datacentres et les terminaux. Ces effets rebond posent question sur le plan environnemental en raison des liens entre les réseaux, les usages numériques et les autres pans de l'écosystème numérique. Ils sont difficiles à quantifier.

Quant aux impacts positifs, ils sont rarement quantifiés dans la littérature. Un rapport de l'Université de Zurich en collaboration avec Swisscom [13] indique que plusieurs secteurs devraient bénéficier positivement de la 5G en termes d'impacts environnementaux : le télétravail (pour lequel la 5G n'est pas indispensable puisque déjà possible avec les technologies précédentes, notamment les réseaux filaires et le Wi-Fi), les réseaux électriques intelligents et l'agriculture de précision. Cependant, cette étude ne tient pas compte de certains facteurs importants : par exemple le renouvellement du parc de *smartphones*, la multiplication des terminaux et l'accroissement des centres de calcul lié à la masse d'information produite par les capteurs notamment. Ces facteurs sont cependant estimés avoir des impacts très conséquents [12].

Références

- [12] Déploiement de la 5G en France : Quel impact sur la consommation d'énergie et l'empreinte carbone ?, rapport de CITIZING pour le Haut Conseil pour le Climat, décembre 2020.
- [13] J. Bieser, B. Salieri, R. Hischier, and L. Hilty. Next generation mobile networks : Problem or opportunity for climate protection ? Rapport technique, 2020.

3.3 Mutualisation

Question 32. Comment les stratégies d'attributions de fréquences peuvent-elles contribuer à la mutualisation des infrastructures ? Au-delà du cadre existant, quelles sont les mesures spécifiques en matière de partage de réseaux mobiles pour les déploiements futurs qui pourraient être utiles ? Dans quelles bandes de fréquences et pour quelles raisons ?

La mutualisation des équipements de réseaux est une piste intéressante à étudier afin de réduire les impacts liés à leur fabrication, à leur transport, à leur utilisation, à leur fin de vie. La mutualisation des équipements est mise en oeuvre aujourd'hui par exemple par les opérateurs Bouygues Telecom et SFR sur une large partie du territoire. Il conviendrait d'en étudier l'impact avant d'en généraliser la pratique si les résultats sont positifs. La mutualisation entre ces deux opérateurs concerne essentiellement les zones peu denses. C'est une approche qui paraît logique dans la mesure où les opérateurs sont soumis à des contraintes de couverture dans ces zones. L'intérêt de superposer quatre réseaux d'opérateurs dans ces conditions doit donc être interrogé. Dans les zones denses, les contraintes de capacité rendent peut-être

la mutualisation moins attractive. Une étude approfondie mérite tout de même d'être menée, y compris dans les grandes villes. Enfin, la mutualisation peut-être effectuée à différents niveaux du réseau (du MORAN au MOCN). Intuitivement, une plus grande intégration pourrait signifier une diminution du nombre d'équipements, surtout dans le réseau d'accès radio (RAN), mais une étude plus approfondie est nécessaire. Pour que ce type de comparaison soit fiable et même possible, il est impératif que les opérateurs et constructeurs de matériels rendent publiques les données concernant leurs réseaux et équipements.

Question 33. Dans quel environnement (par exemple : indoor/outdoor, zone dense/moins dense, etc.) la mutualisation des petites cellules serait-elle la plus appropriée ? Pour quels gains ? Au contraire, dans quel environnement serait-elle la plus problématique ? Pour quelles raisons ? Quels sont les enjeux concurrentiels et/ou stratégiques liés à la mutualisation des petites cellules que vous identifiez ?

La mutualisation des infrastructures est une piste intéressante pour réduire le nombre d'équipements et donc les impacts de leur fabrication, transport, utilisation et fin de vie. Il conviendrait d'étudier les gains de la mutualisation dans différents scénarios (intérieur/extérieur, zones denses ou peu denses, petite cellule ou cellule macro, faible ou forte intégration des réseaux). Dans un contexte de crise environnementale, les enjeux les plus cruciaux sont sociaux et environnementaux plutôt que concurrentiels et stratégiques. Les gains de la mutualisation devraient donc être évalués au regard de ces enjeux.