

Evaluation de l'impact Carbone de l'arrêt des réseaux 2G-3G et la migration de leurs services vers la 4G/5G

Résumé Exécutif

Comité d'experts techniques sur les réseaux mobiles

Septembre 2023

AVANT-PROPOS

Le Comité d'experts technique sur les réseaux mobiles a été créé par l'Arcep en 2018. Composé d'experts techniques travaillant sur un horizon à long terme, le Comité peut fournir une recommandation/un aperçu technique indépendant permettant de partager des points de vue et de construire un consensus sectoriel sur toute question technique relative aux réseaux et technologies mobiles. Présidé par Catherine Mancini de l'entreprise NOKIA, le secrétariat et la gestion du Comité sont assurés par l'Arcep.

Les publications du Comité d'experts techniques sur les réseaux mobiles

Intitulé de l'étude	Date de publication
Rapport du comité d'experts techniques sur les enjeux de coexistence dans les bandes 3,4 - 3,8 GHz	05/2019
Evaluation de la consommation énergétique d'un déploiement 4G vs 5G	01/2022
Evaluation de l'impact carbone de l'arrêt des réseaux 2G-3G et la migration de leurs services vers la 4G/5G	09/2023

Evaluation de l'impact Carbone de l'arrêt des réseaux 2G-3G et la migration de leurs services vers la 4G/5G

Comité d'experts technique sur les réseaux mobiles

Résumé Exécutif

Le niveau de couverture atteint aujourd'hui par la 4G – en passe de rattraper ceux de la 2G et de la 3G¹ – ainsi que la croissance continue du parc de terminaux compatibles avec les services 4G pose la question de la pertinence du maintien des réseaux 2G et 3G sur le territoire. Aussi, le besoin croissant en données mobiles portées principalement par la 4G et par la 5G peut justifier la réutilisation des ressources fréquentielles allouées actuellement aux réseaux 2G et 3G à des technologies plus récentes et spectralement plus efficaces 4G/5G.

L'extinction des technologies 2G/3G est un choix qui relève de la stratégie de chaque opérateur prenant en compte des considérations multiples telles que les contraintes opérationnelles, des considérations techniques, la stratégie marché, le maintien des compétences, etc. Trois opérateurs de réseaux mobiles en France ont déjà communiqué sur le calendrier d'extinction de leurs réseaux 2G-3G². Il s'agit d'un mouvement mondial vers des technologies plus modernes et efficaces, mieux adaptés aux usages actuels et futurs des clients des réseaux mobiles. L'association GSA a identifié 142 opérateurs³ ayant annoncé la fermeture prochaine des réseaux 2G et/ou 3G, ou ayant déjà éteint ceux-ci. L'enjeu environnemental est également un élément de cette décision. Le débat public s'est d'ailleurs déjà emparé du sujet.

Le comité d'experts techniques mobile, installé par l'Arcep en octobre 2018, a initié des travaux techniques pour apprécier l'impact carbone de l'arrêt des réseaux 2G-3G et la migration de leurs services vers la 4G/5G. Le Comité rassemble des experts représentant les opérateurs de réseaux mobiles, des équipementiers, ainsi que des participants issus du monde académique et de l'ANFR. Sa présidence est assurée par Catherine Mancini, et son secrétariat par les services de l'Arcep. La présente étude constitue le livrable de ces travaux. Destinée aux acteurs publics notamment, elle vise à apporter des éléments qualitatifs et quantitatifs sur l'enjeu environnemental de type changement climatique de l'extinction des réseaux 2G/3G. Le présent document synthétise l'approche suivie dans l'étude et ses principaux enseignements, une restitution plus développée est fournie à travers un rapport détaillé de l'étude et un document de questions-réponses (FAQ).

Tous commentaires sur cette étude sont bienvenus à l'adresse mail ComiteExpertsMobile@arcep.fr

¹ <https://monreseaumobile.arcep.fr/>

² A noter les annonces d'extinction des 3 opérateurs mobiles à la date de la rédaction de la note : (Orange) <https://reseaux.orange-business.com/articles/arret-2g-et-3g/>, (SFR) <https://actus.sfr.fr/tech/news/bientot-la-fin-de-la-2g-et-3g-202201260005.html> et (Bouygues Telecom) <https://www.bouyguetelecom-entreprises.fr/bblog/arret-programme-des-technologies-2g-et-3g-4-questions-pour-tout-comprendre/#:~:text=S'inscrivant%20dans%20ce%20mouvement,ans%20plus%20tard%2C%20fin%202029>

³ <https://gsacom.com/paper/2g-3g-switch-off-october-2022-summary/>

Les réseaux 2G et 3G sont majoritairement utilisés pour les services voix et *machine to machine* s'appuyant sur l'Internet des Objets (M2M/IoT) (voir glossaire), qui sont en décroissance sur ces technologies, au profit de la 4G/5G comme le constatent les opérateurs membres du Comité d'experts dans leurs réseaux.

A moyen terme, la fréquence 900 MHz des opérateurs resterait allumée pour transporter ce faible trafic 2G-3G et consommerait de l'ordre de 17% de la consommation des réseaux.

- D'un point de vue de l'efficacité énergétique des réseaux, il est préférable de migrer complètement vers la 4G/5G.
- D'un point de vue impact carbone, la migration vers la 4G/5G pose la question du remplacement anticipé de certains terminaux fonctionnant exclusivement en 2G-3G (certains smartphones, features phones (téléphones mobiles basiques) et objets connectés qui font partie de l'Internet des objets (M2M/IoT).

L'étude montre que le point d'équilibre entre impact carbone positif réseaux et impact carbone négatif de ces terminaux est atteint en moins de 6 mois.

Dès la première année après l'extinction 2G-3G, l'étude montre donc un gain récurrent sur les émissions carbone. Pour le réseau et les terminaux mobiles, ce gain est obtenu en moins de deux mois. Dans le cas où on prend en compte également M2M/IoT, le gain est obtenu en moins de six mois.

Différentes estimations montrent que les réseaux 2G-3G portent une part non négligeable de la consommation électrique des réseaux mobiles malgré la baisse continue des usages portés par les réseaux 2G-3G

En première approche du problème, l'étude a examiné la part de la consommation énergétique de la 2G-3G dans le réseau global des opérateurs mobiles à travers deux analyses complémentaires permettant ainsi d'aboutir à une fourchette d'estimation et de dégager des tendances :

- une analyse dite « générique » considérant un profil d'opérateur générique moyen avec une répartition moyenne des sites mobiles de l'ensemble des opérateurs ;
- et une analyse dite « spécifique » sur la base de données primaires issues d'un opérateur membre du Comité.

Afin de cadrer l'évaluation dans un contexte temporel plus réaliste d'extinction, le poids des réseaux 2G et 3G est évalué, selon les deux analyses, à date et à horizon 2025 intégrant les déploiements prévus à cette échéance.

Selon les informations dont dispose l'Arcep, on observe une réduction du volume de trafic voix et data sur la 2G et la 3G ces dernières années, la 2G et la 3G sont aujourd'hui portées quasi exclusivement par les fréquences de la bande 900 MHz⁴, tandis que les autres bandes de fréquences attribuées aux opérateurs sont utilisées pour la 4G et la 5G (700, 800, 1800, 2100, 2600, 3500 MHz).

⁴ Ceci est confirmé par les chiffres de l'ANFR (<https://www.anfr.fr/gestion-des-frequences-sites/observatoire/>) indiquant que les opérateurs ont réutilisé une bonne partie de leur spectre dans la bande 2100 MHz de la 3G à la 4G (nombre de sites en service en tenant compte de la mutualisation : en septembre 2022, il y a 33033 sites UMTS 2100MHz et 3556 sites GSM

Les différentes estimations entreprises via les deux analyses (générique et spécifique) mentionnées ci-dessus, constituent différents faisceaux d'indices indiquant que les réseaux 2G et 3G portent une part non négligeable de la consommation électrique des réseaux. Le poids énergétique des réseaux 2G et 3G se situe aujourd'hui entre 21% et 33% de l'ensemble des stations de base des réseaux, et pourrait constituer environ 17% à horizon 2025 selon les hypothèses considérées.

Cette part de la consommation, loin d'être négligeable, amène à réfléchir au gain que l'on pourrait attendre d'une extinction de ces réseaux et de la migration vers les technologies 4G/5G. La migration considérée consiste à faire porter les services utilisant les technologies 2G-3G par de la 4G/5G, c'est-à-dire essentiellement les services voix et M2M.

Cette migration a été étudiée en termes d'impact carbone par une analyse comparative décrite dans la suite du document. Cette étude ne constitue pas une évaluation de l'impact carbone du *refarming* de la bande 900 MHz utilisée en 2G/3G vers la 4G/5G.

Une analyse comparative conclut sur l'intérêt en termes d'impact carbone de l'extinction des réseaux 2G-3G et la migration de leurs services en 4G/5G.

L'extinction des réseaux 2G-3G s'accompagne d'une migration des services utilisant ces technologies sur les réseaux 4G/5G : il s'agit essentiellement des services voix et M2M. Evaluer l'impact de cette migration consiste à quantifier l'impact énergétique et matériel associé – c'est-à-dire de l'impact carbone sur tout le long du cycle de vie des réseaux et des terminaux.

Cadrage méthodologique

La méthodologie suivie dans l'étude repose sur une évaluation en différentiel d'un scénario de référence et d'un scénario de migration pour un réseau mobile en France métropolitaine :

- Scénario de référence : Les services voix et M2M utilisant un réseau mobile 2G et 3G dit de référence.
- Scénario de migration : Les mêmes services voix et M2M, utilisant un réseau mobile 4G/5G dont l'ensemble des équipements du réseau de référence avec de la 2G et 3G, ont été migrés en 4G/5G à la date de migration (date T_m).

L'ensemble des équipements considérés dans l'étude fait partie du secteur des Technologies de l'Information et des Communications (TIC) au sens de la Recommandation UIT-T L.1450.

Les scénarios sont comparés sur une durée d'une année à partir de la date T_m .

Puis, comme expliqué dans les résultats, l'étude évalue également les durées nécessaires en nombre de mois depuis la date T_m afin d'atteindre les points d'équilibre pour les deux périmètres considérés et expliqués ci-dessous entre les gains énergétiques réseaux continus et réguliers et le coût carbone des terminaux non 4G-5G à la date T_m .

Cette analyse comparative est conduite sur l'ensemble du cycle de vie des différents éléments constitutifs du système de produits⁵ ; son périmètre inclut les équipements réseaux et les terminaux faisant partie du secteur des TIC au sens de la Recommandation UIT-T L.1450 [1]. Dans ce premier périmètre, l'étude intègre : les centres de données (plateforme de services), les équipements réseaux

1800 MHz ; en janvier 2023, il y a 27290 sites UMTS 2100 MHz et 3060 sites GSM 1800 MHz ; en juillet 2023, 13824 sites UMTS 2100 MHz et 2278 sites GSM 1800 MHz)

⁵ Seule la phase de fin de vie des équipements est négligée en raison du manque de données et de la part mineure de cette phase dans le bilan global.

(stations de base, collecte mobile, contrôleur radio et cœur du réseau) et les terminaux téléphoniques (*feature phones* et *smartphones* non VoLTE) constituant le périmètre de référence.

Un second périmètre de référence étendu a également été défini pour inclure les objets connectés utilisés pour les besoins de communication entre machines (M2M/IoT).

Le Comité d'experts a procédé en 3 étapes pour la sélection des objets concernés :

- dans un premier temps, la liste des objets communicants susceptibles d'utiliser les technologies 2G-3G a été répertoriée ;
- dans un second temps, cette liste a été soumise pour examen au Comité d'experts techniques sur la mesure⁶ qui a rendu son avis sur l'inclusion ou non de chaque catégorie d'objet dans le secteur des TIC au regard de son interprétation de la Recommandation UIT-T L.1450 ;
- dans un troisième temps, le périmètre de référence étendu a été défini sur la base de cet avis.

Cette sélection d'objets communicants IoT utilisant exclusivement les technologies 2G-3G comprend notamment les interphones, les terminaux de paiement mobile et les compteurs/télérelèves *smart meters*.

Les deux périmètres sont illustrés ci-dessous :

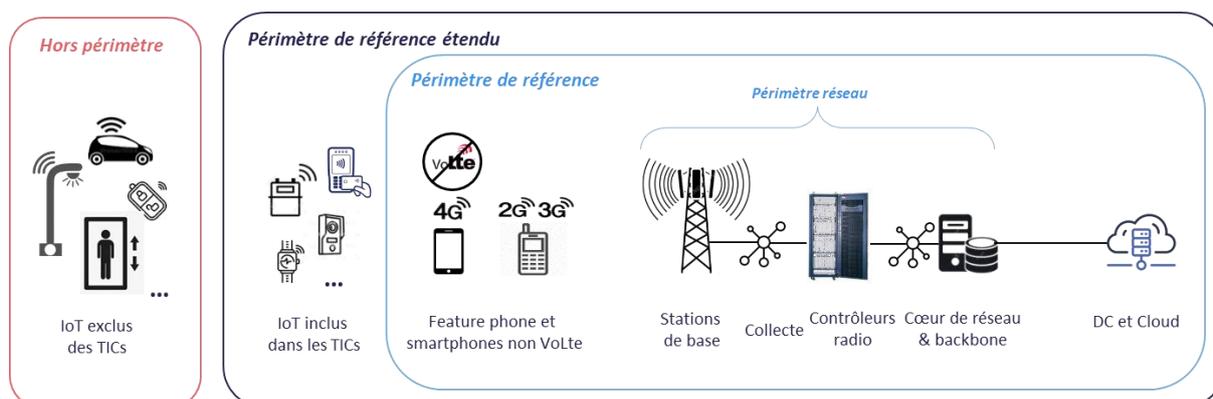


Figure 1 - Illustration des deux périmètres retenus dans l'étude

Pour mener l'exercice du bilan comparatif, l'étude s'est ancrée au cadre méthodologique de l'UIT L.1410 [2] spécifiant l'approche pour la comparaison de type Analyse de Cycle de Vie (ACV) entre deux systèmes de produits (dans le cas d'espèce, entre deux services TIC).

Le schéma fonctionnel de comparaison entre les scénarios de référence et de migration, les règles d'allocation pour isoler la part des services voix/M2M en cas d'une utilisation partagée des équipements stations de base 4G/5G avec d'autres services (services data), l'analyse de la qualité des données d'impact (consommation énergétique, impact carbone embarqué) et des données d'activité (inventaire des équipements et taux d'évolution du parc, volume de trafic et courbe de charge etc.) utilisées dans l'évaluation pour chaque catégorie de produits sont explicités dans la note détaillée.

⁶ Le Comité d'experts techniques sur la mesure est un Comité lancé depuis 2020 par l'Arcep et l'ADEME. Présidé par Catherine Mancini, le Comité regroupe des acteurs industriels, académiques et Think-Tanks du monde du numérique et de l'environnement. Le Comité rend ses avis, en toute indépendance, sur des sujets techniques relatifs à la mesure de l'impact environnemental du numérique.

Le tableau ci-dessous synthétise, en parcourant le schéma fonctionnel de comparaison, les points de différence identifiés entre le scénario de référence et le scénario de migration, qui font l'objet d'évaluation dans le cadre de l'analyse comparative.

Tableau 1 – Points de différence entre le scénario de référence et de migration

Catégorie de produits	Equipement	Différences identifiées	Observations (exclusions, allocations etc.)
Centre de données	Plateforme de service IoT/M2M	Même plateforme : Pas d'évaluation nécessaire	
	Serveurs IMS (pour voix et SMS sur LTE)	A étudier sur la phase d'usage uniquement.	Impact négligé ⁷
Réseau	Cœur de réseau	Cœur de réseau circuit dans le cas du scénario de référence avec une configuration de qui pourrait être maintenue dans le scénario de référence ⁷	Impact négligé ⁷
	Réseau backbone	Même réseau : Pas d'évaluation nécessaire	
	Contrôleurs radio 2G/3G	Matériel supprimé dans le cas de la migration. Evaluation à considérer sur la phase usage uniquement	Impact négligé (en cohérence avec les règles de coupure ⁷)
	Réseau d'agrégation/collecte	Même réseau et même volume de trafic: Pas d'évaluation nécessaire	
	Sites radio 900 MHz (hors stations de base)	Mêmes composants : Pas d'évaluation nécessaire	
	Stations de base 900 MHz	A étudier sur la phase fabrication pour le scénario de migration si nouveau matériel déployé à Tm. Phase d'usage à étudier.	Il est supposé que l'ensemble des équipements dans le réseau sont déjà prêts pour supporter la 4G/5G (pas de nouveau matériel nécessaire). Règle d'allocation nécessaire pour considérer la quote-part des services voix/M2M dans l'impact de la phase d'usage des stations de base 900 MHz en 4G/5G
Téléphones mobiles	Smartphones non Volte	A étudier sur la phase de fabrication à la suite du remplacement anticipé des smartphones non compatibles Volte dans le scénario de migration	Prise en compte de la quote-part restante de la durée de vie du smartphone dans le cadre de l'amortissement de son impact carbone embarqué. Prise en compte du cas des smartphones reconditionnés
	Feature phone	A étudier sur la phase de fabrication à la suite du remplacement anticipé des Feature phone par des téléphones compatibles Volte dans le scénario de migration	Prise en compte de la quote-part restante dans la durée de vie du feature phone dans le cadre de l'amortissement de son impact carbone embarqué.
Objets communicants	IoT cellulaire 2G/3G	A étudier sur la phase de fabrication à la suite du remplacement anticipé des modules IoT cellulaires exclusivement 2G-3G par des modules IoT compatibles 4G/5G dans le scénario de migration	Prise en compte de la quote-part restante dans la durée de vie du terminal IoT dans le cadre de l'amortissement de son impact carbone embarqué. Seul le module de connectivité (modem) de l'objet communicant est considéré dans l'évaluation.

⁷ Se référer à la note détaillée pour plus de détails

Principales hypothèses : Opérateur générique moyen, parc des terminaux.

Les hypothèses suivantes sont considérées pour définir l'opérateur et le réseau mobile de référence :

- Le nombre de stations de base 900 MHz est la moyenne du nombre de stations de base 900 MHz en France métropolitaine des réseaux 2G-3G extrapolés à la date de migration T_m .
- L'opérateur modernise régulièrement ses stations de base 900 MHz de telle sorte qu'à la date de migration, l'ensemble des équipements dans le réseau est déjà prêt pour supporter la 4G/5G avec une couverture similaire à la 3G.
- Le trafic M2M est faible en volume et c'est le trafic voix qui est dimensionnant pour la 2G et la 3G. Le volume de trafic voix est identique pour les deux scénarios (de référence, de migration). Ce trafic est évalué en fonction du trafic voix connu à fin 2021 (moyenne des 4 opérateurs métropolitains) et d'un pourcentage de ce trafic (10%) restant sur 2G-3G à la date T_m .

Concernant les terminaux téléphoniques du parc de l'opérateur de référence, les hypothèses suivantes sont considérées :

- L'étude différencie le traitement des feature phones des smartphones en raison de la différence de leur empreinte carbone respective, ainsi que de leur nombre et le rythme d'évolution entre la date d'annonce (T_a) par l'opérateur de l'arrêt des technologies 2G-3G et la date effective de migration (T_m).
- Pour modéliser l'inventaire des smartphones non VoLTE à horizon de l'extinction, l'étude part de l'inventaire des smartphones à date (date d'annonce T_a^8), et une distribution (pourcentage) par ancienneté des différents terminaux dans le réseau de l'opérateur de référence ne supportant pas la voix sur LTE au moment de l'annonce. De façon à extrapoler le nombre de terminaux juste avant la date T_m , l'étude calcule le pourcentage de terminaux restant dans le réseau après i années. Ces pourcentages sont uniquement dépendants du cycle de vie du smartphone dont la durée de vie maximale est considérée égale à 8 ans significativement au-delà de la durée de vie moyenne observée (estimée à 2,5 ans [3]).
- Pour calculer le nombre de feature phone de l'opérateur de référence à la date de migration, la même approche de modélisation est utilisée considérant que tous les feature phone sont non VoLTE avant la date T_a et ont une durée de vie maximale plus longue (10 ans).
- Les deux modèles pour smartphone et feature phone sont supportés par des données sur l'évolution des ventes annuelles de ces terminaux.
- Tous les nouveaux téléphones mobiles sont Voix/LTE à partir de la date T_a .
- Le décalage entre les deux dates (T_a et T_m) est considéré à 6 ans.

Concernant les objets communicants (IoT) du parc de l'opérateur de référence, les hypothèses suivantes sont considérées :

- L'approche pour déterminer le nombre d'unité d'objets communicants de l'opérateur de référence au moment de l'extinction est analogue à celle des téléphones mobiles. Pour prendre en compte la diversité des objets IoT concernés par l'extinction, l'approche de modélisation est davantage affinée par la prise en compte de 3 courbes de distribution des objets restants dans le réseau après i années, correspondant à 3 types d'objets IoT dans le secteur des TIC en fonction de leur longévité : des objets à durée de vie maximale de 20 ans (ex. Interphone), des objets à durée de vie maximale de 15 ans (ex. Télérelève) et des objets à durée de vie maximale de 10 ans (ex. Terminaux de paiement mobiles).

⁸ Etant donné que 3 des 4 opérateurs ont, à date, fait des annonces sur l'arrêt de leurs réseaux 2G-3G.

- Similairement au cas des téléphones mobiles, le modèle fait des hypothèses supplémentaires sur la vente des objets ne supportant que les technologies 2G-3G avant la date T_a .

Une attention particulière a été portée à l'appréciation de la qualité des données d'impact et d'activité utilisées dans l'étude. Une analyse de la qualité des données est étayée dans les annexes techniques de la note détaillée.

Les différentes données et hypothèses considérées ainsi que les développements techniques des approches calculatoires pour estimer l'inventaire des différentes catégories de produits (réseau, téléphones et IoT) sont explicitées dans la note détaillée.

Résultats de l'évaluation

Les résultats doivent permettre d'évaluer l'intérêt d'un point de vue émission de gaz à effet de serre de la migration des technologies 2G-3G vers les technologies 4G/5G pour le périmètre de référence et le périmètre de référence étendu.

L'analyse réseau montre que la migration des technologies 2G-3G vers les technologies 4G/5G permet un gain continu et régulier de consommation électrique par rapport à la conservation des technologies 2G/3G dans le réseau de l'opérateur mobile de référence à partir de date T_m .

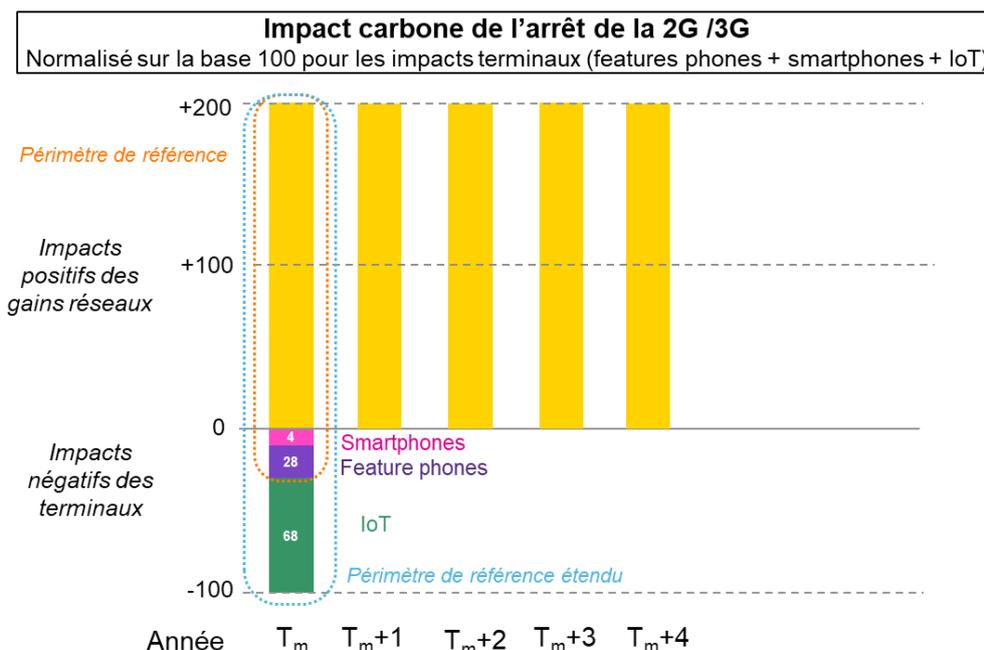
Ce gain de consommation électrique entre les scénarios analysés représente la quasi-totalité⁹ de la consommation électrique du réseau 2G-3G du réseau de référence à la date T_m , ce qui correspond à un gain d'empreinte carbone également continu et régulier depuis la date T_m .

Il faut noter que ces gains réseaux s'expliquent essentiellement par le fait que le trafic écoulé à la date T_m par la 2G-3G est très faible (<1% de la capacité des fréquences dans la bande 900 MHz) et le volume de trafic IoT est négligeable).

Mais cette migration a un impact carbone à la date T_m pour les terminaux mobiles (cas du périmètre de référence) et l'IoT (cas du périmètre des TIC étendu) ne supportant pas les technologies 4G-5G.

L'étude évalue les durées nécessaires en nombre de mois depuis la date T_m afin d'atteindre les points d'équilibre pour les deux périmètres considérés entre les gains réseaux continus et réguliers et le coût carbone des terminaux non 4G-5G à la date T_m .

⁹ Voir le chapitre « Résultats et conclusions » de la note détaillée montrant que la migration des services utilisant la 2G-3G vers la 4G/5G permet un gain de 99,44% de la consommation électrique du réseau 2G-3G à la date T_m .



* Cette illustration prend l'hypothèse d'un mix électrique constant dans le temps bien que cela ne remette pas en cause le fait que les gains de la consommation électrique du réseau sont constants et perdurent dans le temps au-delà de la date T_m

Périmètre de référence étendu: point d'équilibre au bout de moins de 6 mois

Dans le cas du périmètre de référence (cas réseau + terminaux mobiles), le point d'équilibre est atteint en moins de deux mois.

Dans le cas de la frontière du périmètre de référence étendu à l'IoT, le point d'équilibre est atteint en moins de six mois.

Les gains observés côté réseau sont renouvelés chaque année, tandis que l'impact des terminaux est compté une seule fois. Le point d'équilibre étant rapidement atteint, les gains sont d'autant plus importants que la période considérée est longue.

Le cas de base analysé montre ainsi un réel intérêt carbone à migrer la 2G-3G vers la 4G/5G., aussi bien pour le périmètre de référence, que pour le périmètre de référence étendu.

Etude de sensibilité

Afin d'estimer la sensibilité de certaines variables, l'évaluation est complétée par une analyse de sensibilité sur les paramètres suivants : impact carbone embarqué des terminaux téléphoniques et des objets communicants IoT ; la consommation énergétique unitaire des équipements réseaux ; le profil de distribution des smartphones et feature phones restants dans le réseau ; le profil de vente de smartphones et IoT ; le nombre de smartphone, de feature phone et objets IoT à la date T_a ; le ratio des feature phones compatibles Volte avant la date T_a ; la charge maximale des stations de base 4G/5G tous services confondus. Ces différents cas de sensibilité sont évalués séparément (sans cumul) afin d'objectiver au mieux l'importance de chaque paramètre dans l'étude de sensibilité.

L'analyse de sensibilité montre les enseignements suivants :

- **Smartphones** : l'impact en absolu des smartphones est négligeable sur cette étude, du fait de la faible proportion de smartphones non VoLTE à la date d'arrêt, et de l'âge de ces terminaux. Les variations sur le taux de smartphones non compatibles VoLTE influent peu sur les résultats d'impact carbone en absolu.

- **Feature phones/ total impact des téléphones / périmètre de référence :** un opérateur qui aurait un nombre beaucoup plus important de feature phones (4 millions au lieu de 2 millions) à ce jour pourrait attendre entre 1 et 2 ans pour retrouver un impact voisin, voire plus faible.
- **IoT/ périmètre de référence étendu :**
 - Le nombre d'objets IoT considéré influe sur le résultat. Un majorant du nombre d'objets IoT (5.5 millions d'objets) donne un point d'équilibre d'environ 6 mois.
 - Le cas étudié où des ventes d'objets d'IoT continueraient après la date d'annonce de l'arrêt 2G-3G donne un point d'équilibre à 7 mois. C'est sans doute un point important qui montre l'importance de l'anticipation de l'ensemble de l'écosystème afin de limiter ces ventes.
- **Autres cas étudiés avec un impact sur les deux points d'équilibre :**
 - Une étude de sensibilité a été réalisée sur les données de consommation des stations de base et qui a démontré l'impact non significatif des paramètres de consommation des stations de base 2G/3G.
 - L'étude de sensibilité sur la partie réseau montre que les paramètres étudiés (multiplication par 8 du trafic voix 2G-3G à la date Tm, charge maximale 4G-5G divisée par deux) ont très peu d'influence sur les résultats. Cela vient du fait que le volume de trafic écoulé par les réseaux 2G-3G est très faible à la date Tm.
 - En augmentant respectivement les valeurs du carbone embarqué des feature phones et IoT de 25%, on vient retarder les points d'équilibre par rapport au cas de base, mais on reste avec une valeur de moins de 2 mois pour le périmètre de référence, et moins de 6 mois pour le périmètre de référence étendu.

Ainsi, l'étude de sensibilité montre suivant les cas analysés des impacts non significatifs par rapport au cas de base, ou une certaine influence avec un point d'équilibre le plus tardif égal à 7 mois dans le cas du périmètre de référence élargi à l'IoT. Elle confirme la conclusion de l'intérêt carbone de la migration.

Conclusions

Cette étude restituant les travaux du Comité apporte des éléments d'éclairage qualitatifs et surtout quantitatifs quant à l'enjeu de l'impact carbone de l'opportunité de l'extinction des réseaux 2G-3G et la migration de leurs services sur les réseaux 4G/5G selon une analyse par cycle de vie et sur un périmètre au-delà des réseaux. En partageant cette étude, le Comité d'experts vise à contribuer – à date et dans un cadre d'hypothèses bien définies – à une meilleure compréhension des impacts de l'extinction des réseaux 2G-3G d'un point de vue carbone. Cette étude présente les caractéristiques suivantes :

- Au-delà du périmètre des réseaux et une analyse strictement énergétique, l'étude a visé une complétude dans la mesure de l'impact à travers une analyse ACV de l'empreinte carbone considérant le cas de l'obsolescence possible d'éléments matériels du réseau et d'éventuellement certains terminaux faisant partie des TIC.
- Le choix des équipements IoT faisant partie des TIC est basé sur la définition du secteur des TIC et la Recommandation de l'UIT, bien qu'un questionnement légitime se pose sur le rationnel derrière l'inclusion/l'exclusion de certains terminaux IoT dans le secteur des TIC ainsi que le besoin de définir des règles d'allocation harmonisées, des questionnements adressés par ailleurs dans le cadre des travaux du Comité d'experts technique sur la mesure de l'impact environnemental du numérique [4].

- Un ancrage méthodologique sur les standards techniques de la mesure de l'impact environnemental et énergétique dans les TIC : cette étude s'appuie sur les recommandations méthodologiques qui font autorité dans ce domaine, notamment celles de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) [1][2][5] et l'Institut européen des normes de télécommunications (ETSI) [6]. Ceci s'inscrit dans la recommandation du rapport du Comité d'experts Arcep/ADEME sur la mesure de l'impact environnemental du numérique [4].
- Une analyse rigoureuse de la qualité des données malgré la difficulté rencontrée dans la collecte de données.

Il est à noter que l'objet de l'étude n'est pas de retenir un chiffre absolu de l'impact carbone de l'arrêt 2G-3G, mais d'évaluer le bien-fondé ou non d'une migration sur le plan d'impact carbone. Autrement dit, cette étude ne vise pas à se substituer à une étude précise qu'un opérateur réaliserait dans le cadre de son réseau spécifique, mais bien à évaluer l'intérêt carbone d'une telle migration.

Par ailleurs, tout comme le rôle d'une ACV est de pouvoir identifier les leviers pour minimiser l'impact environnemental d'un équipement ou d'un système, cette analyse est également là pour attirer l'attention sur les points de vigilance pour éviter de dégrader l'impact carbone de l'arrêt 2G-3G. Par exemple, il est important que les revendeurs de terminaux stoppent la vente de terminaux 2G/3G et privilégient les features phone compatibles VoLTE.

C'est l'ensemble de l'écosystème qui doit œuvrer à anticiper l'arrêt 2G-3G avec entre autres l'arrêt de ventes d'objets IoT non compatibles 4G et en portant une attention particulière à la communication vers le public et les entreprises.

Glossaire

- **Analyse par cycle de vie (ACV) :** Compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie¹⁰.
- **Carbone embarqué :** Toutes les émissions carbone autres que celles de la phase d'usage de l'équipement¹¹.
- **Feature phone (téléphone mobile basique) :** Un téléphone mobile qui conserve le facteur de forme des générations précédentes de téléphones mobiles, ayant généralement un bouton-poussoir, un petit écran LCD non tactile, un microphone, une caméra arrière et des services GPS. Pour les comparer aux smartphones, on parle parfois de téléphones basiques. Les Feature phones offrent des fonctionnalités d'appels vocaux, de messagerie texte et certaines applications mobiles de base : calendrier, calculatrice, applications multimédias et navigateur Web mobile de base¹².
- **Internet des objets (IoT) :** Les objets qui deviennent compatibles avec Internet (appareils IoT) interagissent généralement via des systèmes intégrés, une forme de communication réseau, ainsi qu'une combinaison d'informatique de pointe et de *Cloud Computing*. Les données des

¹⁰ ISO 14040:2006 : Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:fr>

¹¹ GHG Protocol ICT Guidance : <https://www.gesi.org/research/ict-sector-guidance-built-on-the-ghg-protocol-product-life-cycle-accounting-and-reporting-standard>

appareils connectés à l'IoT sont souvent (mais pas exclusivement) utilisées pour créer de nouvelles applications pour les utilisateurs finaux¹².

- **Machine to Machine (M2M)** : Les technologies utilisées par les machines afin de communiquer entre elles, sans intervention humaine directe. Dans l'étude, IoT et M2M sont traités indistinctement.
- **Smartphone** : Un téléphone mobile qui exécute de nombreuses fonctionnalités d'un ordinateur, ayant généralement une interface à écran tactile, un accès Internet à partir des réseaux Wi-Fi et mobiles, une connexion GPS et un système d'exploitation (OS) capable d'exécuter des applications téléchargées¹².
- **Technologies de l'information et des Communications (TIC)** : Les secteurs d'activité économique qui concourent à la visualisation, au traitement, au stockage et à la transmission de l'information par des moyens électroniques¹³.
- **VoLTE**: Voix sur le réseau LTE (4G) : Un service d'appels voix transmis sur IP via le réseau d'accès mobile LTE (4G)¹⁴.

Références

[1] Recommandation UIT-T L.1450 « Methodologies for the assessment of the environmental impact of the information and communication technology sector » (09/2018)

[2] Partie II ("Comparative analysis between ICT and reference product system (Baseline scenario); framework and guidance") de la Recommandation UIT-T L.1410 "Methodologies for environmental lifecycle assessments of information and communication technology goods, networks and services" (12/2014)

[3] E. Lees Perasso et al. « Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France », https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-numerique-environnement-ademe-arcep-volet02_janv2022.pdf

[4] <https://www.arcep.fr/la-regulation/grands-dossiers-thematiques-transverses/lempreinte-environnementale-du-numerique/mesure-impact-environnemental-numerique.html>

[5] Recommendation L.1390 (08/2022) Energy saving technologies and best practices for 5G radio access network (RAN) equipment.

[6] ETSI ES 202 706-1 v.1.6.1 Environmental Engineering (EE); Metrics and measurement method for energy efficiency of wireless access network equipment; Part 1: Power consumption - static measurement method.

¹² E. Lees Perasso *et al.* « Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France », https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-numerique-environnement-ademe-arcep-volet02_janv2022.pdf

¹³ Définition de l'OCDE : <https://www.oecd.org/digital/ieconomy/2771153.pdf>

¹⁴ Source : GSMA : <https://www.gsma.com/futurenetworks/volte-2-2/>