

Etude ADEME – Arcep Evaluation de l'impact environnemental du numérique en France

3^{ème} volet de l'étude : Analyse prospective à 2030 et 2050

RESUME

Le Gouvernement a confié, le 6 août 2020, la réalisation d'une étude conjointe à l'ADEME et à l'Arcep sur l'évaluation de l'impact environnemental du numérique en France.

Rappels sur les deux premiers volets du rapport

Le 19 janvier 2022, l'ADEME et l'Arcep ont remis les deux premiers volets du rapport au Gouvernement.

Le premier volet souligne la nécessité de procéder à une évaluation globale basée sur une analyse de cycle de vie (ACV) multi-composants (terminaux, réseaux et centres de données), multicritère (empreinte carbone mais également 10 autres indicateurs environnementaux) et multi-étapes (phases de fabrication, distribution, utilisation et fin de vie).

Le deuxième volet du rapport évalue, selon cette méthodologie, l'impact environnemental du numérique en France en 2020.

- Ainsi l'empreinte carbone générée par un an de consommation de biens et services numériques en France en 2020 représente **2,5 % de l'empreinte carbone nationale soit 17,2 Mt CO₂eq**.
- Les terminaux représentent **79 % de l'empreinte carbone du numérique, les centres de données 16 % et les réseaux 5 %**.
- Outre l'empreinte carbone, l'**épuiement des ressources abiotiques** (minéraux & métaux) ressort comme un critère pertinent pour décrire l'impact environnemental du numérique.
- Enfin, c'est la phase de **fabrication** qui concentre l'essentiel des impacts environnementaux. Elle représente **78 % de l'empreinte carbone** et la phase d'utilisation 21 %.

Principaux résultats du 3^{ème} volet

Le troisième volet propose une analyse prospective à 2030 et 2050 de l'impact environnemental du numérique en France en projetant différents scénarios, un tendanciel et plusieurs scénarios alternatifs. Cet exercice de prospective est par nature complexe et requiert en général des révisions régulières ; il l'est d'autant plus pour un secteur en évolution très rapide caractérisé par de nombreux effets croisés internes et des externalités positives ou négatives sur les autres secteurs qui ne peuvent ici pas être pris en compte. Ce travail constitue néanmoins une première approche pour mesurer et évaluer les chemins à parcourir et les défis à relever pour le numérique. Pour ce faire, cet exercice prospectif repart de la méthodologie développée dans le deuxième volet de l'étude qui décompose le numérique en trois briques (terminaux, réseaux et centres de données) selon une approche d'analyse de cycle de vie (ACV) multicritère.

A horizon 2030, si rien n'est fait pour réduire l'empreinte environnementale du numérique et que les usages continuent de progresser au rythme actuel (le trafic de données serait multiplié par 6 et le nombre d'équipements augmenterait de près de 65 % en 2030 par rapport à 2020, notamment du fait de l'essor des objets connectés), **l'empreinte carbone du numérique en France augmenterait d'environ 45 % en 2030 par rapport à 2020** ce qui représenterait **25 Mt CO₂eq** contre **17,2 Mt CO₂eq** en 2020.

Les scénarios alternatifs envisagés conduiraient à une moindre hausse voire une diminution de l'empreinte carbone du numérique.

- **L'écoconception** des équipements permettrait une **augmentation de la durée de vie des terminaux et une baisse de leurs consommations électriques unitaires**. Les scénarios correspondants (écoconception modérée ou généralisée) permettraient, par rapport à 2020, de **limiter l'augmentation de l'empreinte carbone du numérique de 5 % à 20 %**, de **réduire la consommation de ressources abiotiques (métaux & minéraux) de 4 % à 15 %** et **réduire la consommation électrique finale de 23 % à 42 %**.
- **Dans un scénario de sobriété numérique**, les utilisateurs substituent leurs équipements pour des terminaux moins consommateurs, les conservent plus longtemps et adoptent des usages sobres notamment en matière de flux vidéo. L'ensemble des acteurs - industriels également - stabilisent leur nombre de terminaux, en particulier objets connectés, au niveau de 2020. Ce scénario de sobriété numérique représente **le levier le plus important pour maîtriser l'empreinte environnementale** du numérique. Il permettrait de **réduire l'empreinte carbone de 16 %** (soit 14 Mt CO₂eq), **la consommation de ressources abiotiques (métaux & minéraux) de 30 %** et **la consommation électrique de l'ordre de 52 %** (soit 25 TWh) **par rapport à 2020**.
- Dans tous les scénarios, **les terminaux représentent la majorité de l'empreinte carbone (environ 80 %)** et de l'épuisement des ressources abiotiques (métaux & minéraux, plus de 90 %). Les terminaux sont donc le **premier levier d'inflexion de l'empreinte environnementale** du numérique.
- Ces scénarios **réduisent de manière significative la consommation électrique de chacun des composants du numérique** (i.e. terminaux, centres de données et réseaux).

La sobriété et l'écoconception ne sont bien entendu pas des stratégies exclusives l'une de l'autre. Il s'agit dès lors **de mobiliser l'ensemble des leviers à disposition des différentes parties prenantes**. Les **utilisateurs doivent être sensibilisés** et les **fabricants de terminaux, opérateurs de centres de données et opérateurs de communications électroniques ont un rôle clé à jouer**.

A horizon 2050, l'étude **s'appuie sur les quatre modèles de société** conçus par l'ADEME dans le cadre de l'exercice « transition(s) 2050 »¹ qui aboutissent à la neutralité carbone du pays : « Génération Frugale », « Coopérations Territoriales », « Technologies Vertes » et « Pari réparateur ». Ces quatre modèles de société sont déclinés à l'échelle du secteur numérique en scénarios alternatifs, qui sont comparés au scénario tendanciel.

Il ressort de cette analyse que, si rien n'est fait pour réduire l'empreinte environnementale du numérique, **l'empreinte carbone pourrait tripler entre 2020 et 2050 dans le scénario tendanciel** et représenter plus de 49 Mt CO₂eq. La consommation électrique en France augmenterait quant à elle d'environ 80 % pour atteindre 93 TWh (dont 39 TWh dus aux centres de données).

- **Dans le scénario « Pari réparateur », l'empreinte carbone pourrait quintupler par rapport à 2020** (soit 81 Mt CO₂eq) et la consommation électrique pourrait presque tripler (x2,6) par rapport à 2020 (et atteindre 137 TWh) du fait notamment de l'explosion des objets connectés et du développement des centres de données.
- A contrario, elle pourrait être divisée par deux par rapport à 2020 dans le scénario « Génération frugale » (soit 9,3 Mt CO₂eq) et la consommation électrique baisser plus de 75 % (et atteindre 12 TWh). **C'est le scénario qui atténue le plus l'empreinte environnementale du numérique**.
- Dans tous les scénarios, **les terminaux représentent toujours la majorité de l'empreinte carbone**. Les **centres de données représentent ensuite l'essentiel de l'empreinte** en lien avec les besoins de traitement grandissants.

¹ <https://transitions2050.ademe.fr/>

Sur l'ensemble des autres critères, notamment l'épuisement des ressources abiotiques (minéraux & métaux), les terminaux représentent également la majorité de l'impact (entre 61 % et 86 % dans le scénario tendanciel). **Le scénario « Pari réparateur » implique un report d'impact important notamment sur les ressources abiotiques (minéraux & métaux).** Ainsi, si tous ces scénarios permettent effectivement d'atteindre la neutralité carbone, ils impliquent une part de l'empreinte carbone nationale allouée au numérique largement différente. **Le scénario visant à maximiser l'utilisation du numérique pour la décarbonation d'autres secteurs (« Pari réparateur ») implique des reports d'impact sur d'autres critères environnementaux** (notamment l'épuisement des ressources abiotiques « métaux et minéraux ») potentiellement très importants et pouvant **questionner sa soutenabilité.**

Ici aussi, ces scénarios décrivent des chemins possibles sans être exclusifs les uns des autres et permettant tous la neutralité carbone. La solution peut être trouvée dans un entre-deux, en mobilisant l'ensemble des leviers disponibles (sobriété, éco-conception, économie circulaire) et en s'appuyant sur le numérique comme levier de la transition tout en s'assurant qu'il s'intègre dans une trajectoire compatible de réduction de son empreinte environnementale. La question est d'autant plus complexe que le numérique reste transverse aux autres secteurs.

Conclusion

Les résultats de l'étude ADEME-Arcep interpellent sur la trajectoire tendancielle que pourrait prendre le numérique si rien n'est fait. Les scénarios envisagés par l'ADEME, qui visent tous la neutralité carbone, impliquent des changements importants de nos sociétés, notamment en matière de recherche et développement, d'évolution des produits et services, dont certains sont encore inconnus, de modes de consommation, de modes de fabrication et de bonnes pratiques de la part des utilisateurs mais aussi des fabricants de terminaux, des opérateurs de réseaux et de centres de données.

L'étude met en évidence qu'un des enjeux environnementaux majeurs du numérique, outre son **empreinte carbone**, est la **disponibilité des métaux stratégiques** et autres ressources utilisées pendant la phase de fabrication des terminaux (principalement téléviseurs, ordinateurs, box internet et smartphones jusqu'en 2030 puis essor des objets connectés jusqu'en 2050 en lien notamment avec la mise en place de nouvelles technologies de réseaux mobiles).

Ainsi, il ressort de l'étude que le premier levier d'action pour limiter l'impact du numérique est la mise en œuvre de politiques de sobriété numérique qui commencent par une interrogation sur l'ampleur du développement des nouveaux produits ou services et une réduction ou stabilisation du nombre d'équipements. **L'allongement de la durée de vie des terminaux, via la mise sur le marché d'équipements éco-conçus, en développant davantage le reconditionnement et la réparation des équipements et en sensibilisant les consommateurs à ces impacts pour viser plus de sobriété est un axe majeur de travail.**

De la même manière, **l'écoconception doit être systématisée** au-delà de la seule question des terminaux et **couvrir l'ensemble des équipements** (réseaux et centres de données) mais également **les services numériques** afin de limiter le trafic nécessaire à iso service et d'améliorer l'efficacité énergétique.

Pour atteindre l'objectif des accords de Paris en 2050, **le numérique doit prendre la part qui lui incombe** : Un **effort collectif impliquant toutes les parties prenantes** (utilisateurs, fabricants de terminaux et d'équipements, fournisseurs de contenus et d'applications, opérateurs de réseaux et de centres de données) est donc **nécessaire.**

1 Introduction

La **synthèse**² remise au Gouvernement le 19 janvier 2022 rappelle le contexte du lancement de l'étude ADEME-Arcep et ses objectifs, à savoir :

- **qualifier l'empreinte environnementale actuelle et à venir des infrastructures des réseaux fixes et mobiles,**
- **identifier et évaluer les différents facteurs qui permettent de quantifier l'empreinte environnementale du numérique** (comprenant les centres de données, terminaux³, et différents usages supportés),
- **définir des leviers d'action ou des bonnes pratiques** de court, moyen et long termes pour réduire les impacts environnementaux du numérique.

L'étude est structurée en trois volets.

La **première partie** de l'étude comprend notamment une revue bibliographique des méthodologies et des études sur l'évaluation environnementale du numérique. Cette revue est complétée d'un état des lieux des technologies et d'auditions d'acteurs agissant en France sur les aspects environnementaux du numérique.

La **deuxième partie** de l'étude suit une approche par analyse de cycle de vie (ACV) de l'ensemble des équipements basés sur le sol français (terminaux⁴, réseaux et centres de données). Cette ACV est **multicritère** pour évaluer d'autres impacts sur l'environnement que l'empreinte carbone à l'aide de **onze autres indicateurs**. Elle est également **multicomposant** pour structurer l'impact environnemental du numérique en trois tiers (terminaux, réseaux et centres de données). Enfin, elle est également **multi-étapes** pour intégrer les impacts générés lors de toutes les étapes du cycle de vie de chacune de ces trois briques (fabrication, distribution, utilisation et fin de vie). Par ailleurs, afin de respecter les normes de communication environnementale et renforcer la solidité de l'étude, une revue critique conforme aux normes ISO a été réalisée par 3 rapporteurs externes.

La **troisième partie** porte sur l'évaluation de l'impact environnemental du numérique en France à horizon 2030 et 2050. Elle reprend la méthodologie appliquée dans la deuxième partie de l'étude qui décompose le numérique en trois briques (terminaux, réseaux et centres de données) et évalue les impacts générés lors des phases du cycle de vie à travers différents indicateurs d'impact environnemental afin de projeter leurs évolutions potentielles en y injectant plusieurs scénarios. A l'horizon 2030 l'étude propose ainsi une estimation de l'impact environnemental du numérique qui repose sur un scénario tendanciel et trois scénarios alternatifs d'écoconception et de sobriété. L'analyse prospective à horizon 2050 relève d'une autre approche : elle consiste à comparer un scénario tendanciel aux quatre scénarios permettant d'atteindre l'objectif de neutralité carbone à l'échelle nationale qu'a définis l'ADEME dans le cadre de l'exercice « Transition(s) 2050 ». L'objectif du présent support est de présenter les principaux résultats du troisième volet de l'étude, réalisée par un consortium composé de Deloitte, Negaoctet⁵ et l'IDATE. L'exercice prospectif développé dans cette troisième partie est par nature imparfait mais il reste une première approche pour mesurer et évaluer les chemins à parcourir et les défis à relever pour le numérique. A cet égard, la construction des

² https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-numerique-environnement-ademe-arcep-note-synthese_janv2022.pdf

³ Les équipements utilisateurs mobilisés pour la consommation de services numérique tels que les ordinateurs, téléphones, tablettes, écrans, téléviseurs, box, consoles de jeu, enceintes, objets connectés, etc.

⁴ Les équipements utilisateurs mobilisés pour la consommation de services numérique tels que les ordinateurs, téléphones, tablettes, écrans, téléviseurs, box, consoles de jeu, enceintes, objets connectés, etc.

⁵ Negaoctet est lui-même un consortium composé de LCIE Bureau Veritas, APL DATACENTER, GreenIT.fr, 3bis – DDemain.

différents scénarios repose, au-delà des différentes données et croisement de sources disponibles dans la littérature, sur des analyses issues d'échanges, d'entretiens avec différents experts des domaines numériques afin de partager orientations, visions et hypothèses. Pour autant, il en demeure des incertitudes liées aux horizons de modélisation le long desquels la modélisation effectuée en deuxième partie a par la suite été projetée.

2 Scénarios 2030

2.1 Présentation des scénarios

Quatre scénarios prospectifs sont étudiés : un scénario correspondant à la projection des tendances actuelles (scénario dit tendanciel) et trois scénarios alternatifs (éco-conception modérée, éco-conception généralisée et sobriété numérique).

Les principaux paramètres distinguant les scénarios étudiés à horizon 2030 sont les suivants :

- le parc d'équipements (sur l'ensemble des tiers terminaux, réseaux, centres de données) ;
- la consommation électrique par équipement ou par terminal ;
- la durée de vie des terminaux ;
- la croissance du trafic de données due au développement des usages que permettent notamment les nouvelles technologies de réseaux mobiles comme la 5G.

D'autres paramètres techniques sont pris en compte et détaillés dans le rapport complet (paramètres de modélisation des réseaux et des centres de données).

2.1.1 Scénario tendanciel

Le scénario tendanciel est élaboré à partir de différents rapports, notamment ceux du Sénat (étude Citizing Empreinte carbone du numérique en France 2020⁶), de la Commission Européenne (ICT Impact Study 2020⁷) ou encore le rapport 2019 de l'EDNA⁸ sur les objets connectés⁹, afin d'estimer le taux de croissance des parcs des différents terminaux.

Les hypothèses caractérisant ce scénario sont les suivantes :

- Le réseau fibre se substitue progressivement au réseau de cuivre d'ici 2030 (ceci étant valable pour l'ensemble des scénarios). Les réseaux mobiles continuent d'être déployés avec la 5G de sorte que le nombre de supports (pylônes et toits-terrasse) suit la tendance actuelle. La surface occupée par les centres de données progresse d'environ 10 % entre 2020 et 2030.
- Les caractéristiques techniques propres à chaque équipement et leur empreinte environnementale sont modélisées à l'aide de la base de données Négaoctet et sont considérées comme constantes (pour ce qui relève des phases de fabrication, distribution et fin de vie). Les consommations électriques unitaires de la plupart des terminaux diminuent progressivement de -1 % à -5 % par an, selon le type de terminal considéré mais leur durée de

⁶ https://www.citizing-consulting.com/wp-content/uploads/Rapport_Empreinte-carbone-du-num%C3%A9rique-2019-%C3%A0-2040_Citizing-1.pdf

⁷ [https://www.vhk.nl/downloads/Reports/2020/IA_report-ICT_study_final_2020_\(CIRCABC\).pdf](https://www.vhk.nl/downloads/Reports/2020/IA_report-ICT_study_final_2020_(CIRCABC).pdf)

⁸ Electronic Devices & Networks Annex

⁹ https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2019/06/A2b_-_EDNA_TEM_Report_V1.0.pdf

vie reste globalement inchangée par rapport à 2020. Sur les réseaux, les consommations électriques unitaires (i.e. par équipement) sont constantes. Pour les centres de données, les consommations électriques par unité de surface augmentent d'environ 15 % entre 2020 et 2030, du fait de la densification des centres de données.

- La croissance du trafic internet est estimée à partir des projections de l'Agence Internationale de l'Energie (environ +20 % par an, soit une multiplication du trafic par 6 entre 2020 et 2030).

2.1.2 Scénarios d'éco-conception

Alternativement au scénario tendanciel, deux scénarios d'éco-conception (modérée ou généralisée) sont envisagés et se caractérisent par les hypothèses suivantes :

- L'écoconception des équipements permet une baisse des consommations électriques unitaires de respectivement -33 % à -50 % par rapport à 2020 pour la plupart des équipements (terminaux, réseaux et centres de données), selon le scénario d'éco-conception retenu (modérée ou généralisée).
- S'agissant des centres de données, des procédés de refroidissement innovants sont appliqués et permettent de réduire les consommations par unité de surface de -40 % à -55 % selon les scénarios d'éco-conception.
- Le nombre de terminaux croît de façon identique au scénario tendanciel (le parc s'accroît de +66 % et atteint 1,3 milliards de terminaux, dont environ 800 millions d'objets connectés).
- Le développement de l'écoconception des terminaux permet d'augmenter leur durée de vie de 1 à 2 ans en moyenne selon le scénario (écoconception modérée ou généralisée).
- Les usages se développent comme dans le scénario tendanciel.

2.1.3 Scénario de sobriété numérique

Dans le scénario de sobriété numérique, les consommateurs, entreprises et industriels ont un usage sobre du numérique, qui se caractérise comme suit :

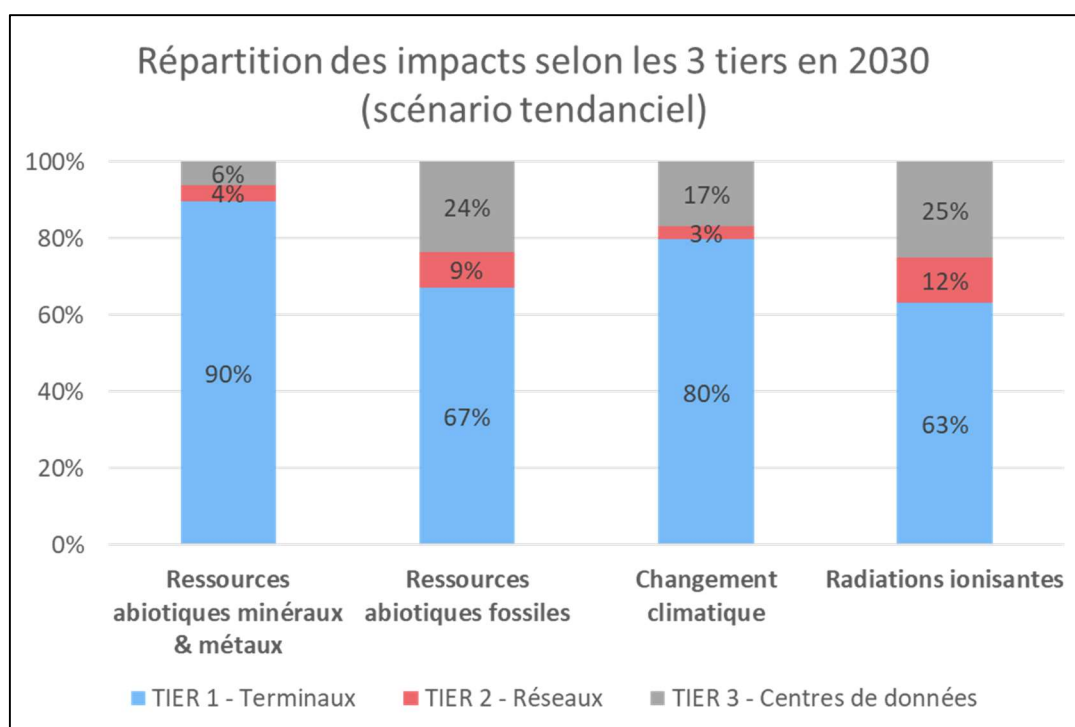
- Des usages plus sobres se généralisent (limitations sur les flux vidéo et services numériques, renouvellement plus lent des équipements numériques). Cela se traduit par une augmentation de la durée de vie des terminaux de 2 ans et une diminution de moitié de la consommation électrique unitaire par rapport à 2020.
- Le nombre de terminaux mis sur le marché se stabilise au niveau de 2020 (en particulier le nombre d'objets connectés se stabilise à environ 250 millions d'unités). Le parc de téléviseurs est remplacé au profit des vidéoprojecteurs dont l'empreinte carbone en phase de fabrication est plus faible.
- Le trafic de données total croît dans des proportions équivalentes au scénario tendanciel (bien que légèrement inférieures) mais avec un report du trafic mobile vers le fixe du fait de l'utilisation du WiFi comme mode de connexion préféré.

2.2 Résultats 2030

A horizon 2030, si rien n'est fait pour réduire l'empreinte environnementale du numérique et que les usages continuent de progresser au rythme actuel (le trafic de données serait multiplié par 6 et le nombre d'équipements augmenterait de près de 65 % en 2030 par rapport à 2020, notamment du fait de l'essor des objets connectés), **l'empreinte carbone du numérique en France augmenterait d'environ 45 % en 2030 par rapport à 2020** ce qui représenterait **25 Mt CO₂eq contre 17,2 Mt CO₂eq**

soit 2,5 % de l’empreinte carbone nationale en 2020. La consommation de ressources abiotiques (métaux et minéraux) en phase de fabrication augmenterait quant à elle de 14 % par rapport à 2020 et la consommation électrique finale en phase d’usage augmenterait de 5 % par rapport à 2020 (pour atteindre 54 TWh par an).

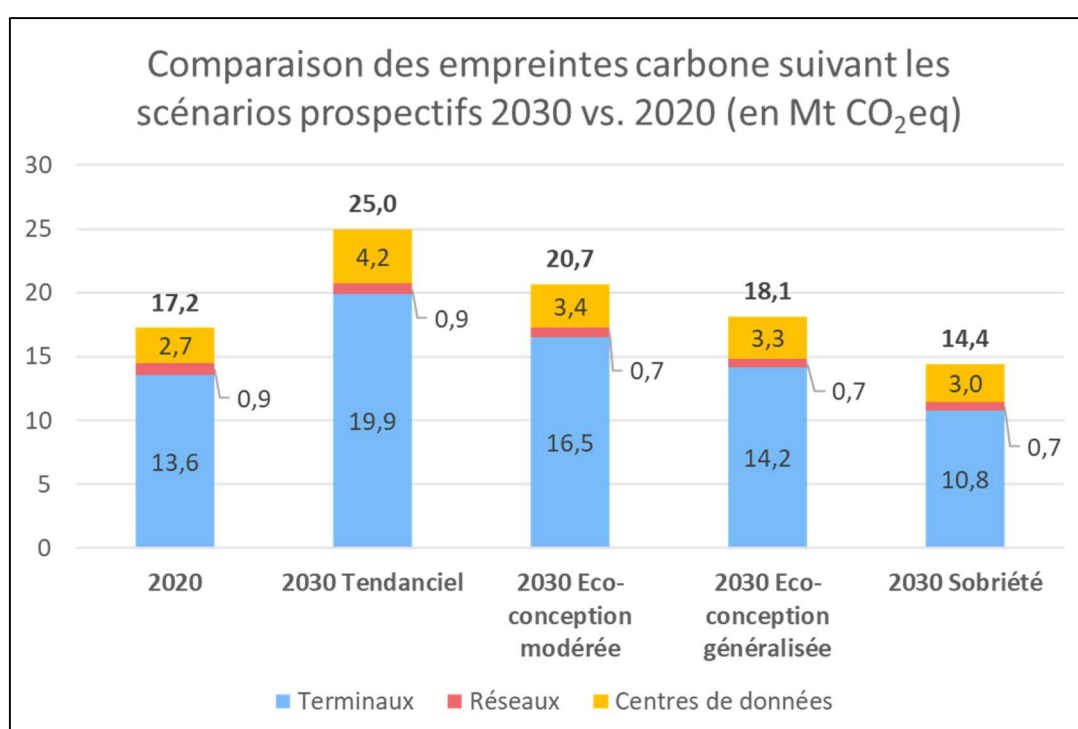
Comme le montre le graphique ci-dessous, les terminaux continuent de représenter la majorité de l’impact environnemental (entre 63 % et 90 %) sur l’ensemble des critères étudiés, notamment l’épuisement des ressources abiotiques (minéraux & métaux) dans le scénario tendanciel en 2030. Ces résultats sont similaires, en ordre de grandeur, aux résultats exposés en 2020.



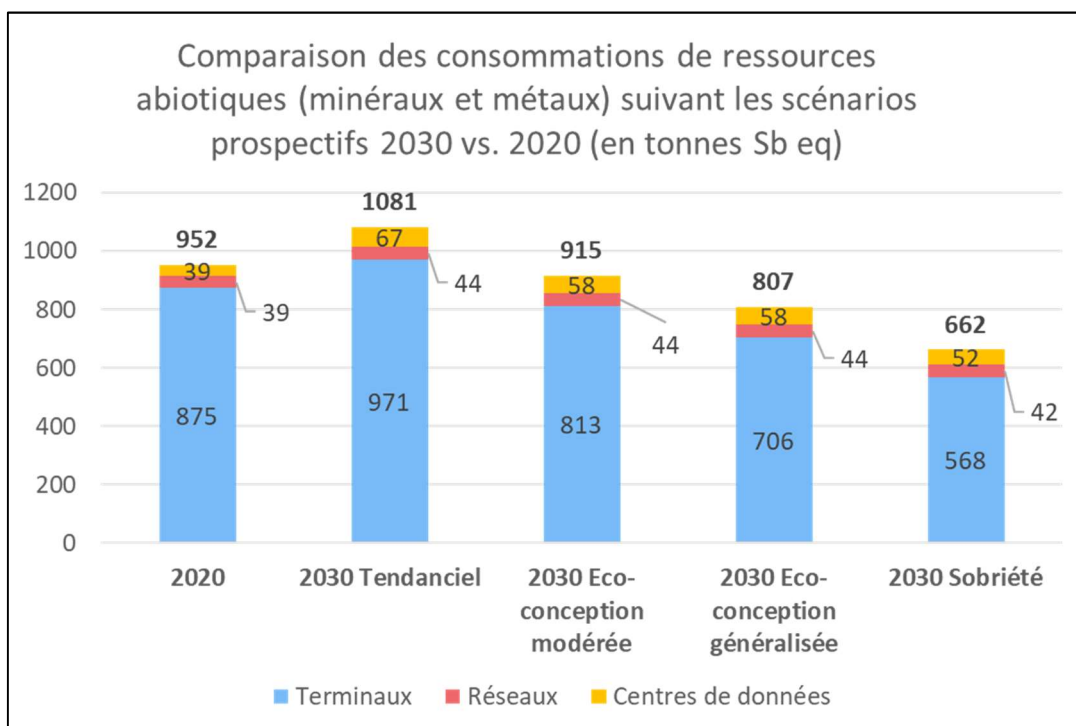
Cette tendance pourrait néanmoins être infléchi. L’étude met en effet évidence que les scénarios alternatifs envisagés conduiraient à une moindre hausse voire une diminution de l’empreinte carbone du numérique :

- L’**écoconception** des équipements permettrait une **augmentation de la durée de vie des terminaux et une baisse de leurs consommations électriques unitaires**. Ces scénarios (écoconception modérée ou généralisée) permettraient de **limiter l’augmentation de l’empreinte carbone du numérique de 5 % à 20 %**, de **réduire la consommation de ressources abiotiques (métaux & minéraux) de 4 % à 15 %** et **réduire la consommation électrique finale de 23 % à 42 % par rapport à 2020**.
- L’**augmentation de la durée de vie des terminaux de 1 ou 2 ans permettrait d’économiser respectivement 3,2 Mt et 5,2 Mt de CO₂eq en phase de fabrication de ces derniers** par rapport au scénario tendanciel et de diminuer la consommation de ressources abiotiques (métaux & minéraux) de 167 à 274 tonnes Sb eq par rapport au scénario tendanciel.
- La **baisse de la consommation unitaire des terminaux permet d’économiser entre 0,16 Mt et 0,5 Mt de CO₂eq en phases d’usage** par rapport au scénario tendanciel et de diminuer la consommation électrique finale de 14 à 24 TWh par rapport au scénario tendanciel.

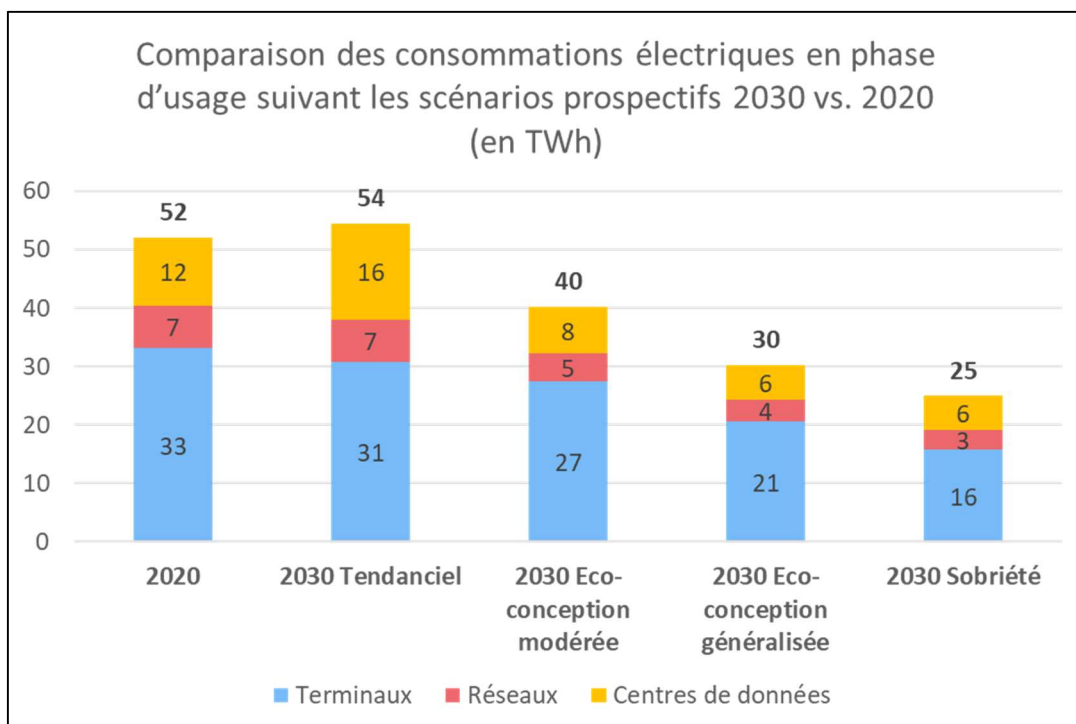
- **Dans un scénario de sobriété numérique**, les utilisateurs substituent leurs équipements pour des terminaux moins consommateurs, les conservent plus longtemps et adoptent des usages sobres notamment en matière de flux vidéo. L'ensemble des acteurs - industriels également - stabilisent leur nombre de terminaux, en particulier objets connectés, au niveau de 2020. Ce scénario de sobriété numérique représente **le levier le plus important pour maîtriser l'empreinte environnementale** du numérique. Un tel scénario permettrait de **réduire l'empreinte carbone de 16 %** (soit 14 Mt CO₂eq), **la consommation de ressources abiotiques (métaux & minéraux) de 30 %** et **la consommation électrique de l'ordre de 52 %** (soit 25 TWh) par rapport à 2020.
- Les **terminaux** sont le **premier levier d'inflexion de l'empreinte environnementale du numérique**, notamment en matière d'empreinte carbone, de ressources abiotiques et de consommation électrique. En effet, dans tous les scénarios, les terminaux représentent la majorité de l'empreinte carbone (environ 80 %).



Dans tous les scénarios, **les terminaux représentent la majorité de la consommation de ressources abiotiques (métaux et minéraux)** (cf. graphique ci-dessous).



Dans tous les scénarios, **les terminaux représentent la majorité de la consommation électrique en phase d'usage** mais **les centres de données pourraient également représenter une part importante de celle-ci à horizon 2030** (jusque 16 TWh, soit 30 % de la consommation électrique totale en 2030 dans le scénario tendanciel, cf. graphique ci-dessous).



3 Scénarios 2050

L'analyse prospective à horizon 2050 repose sur les quatre scénarios imaginés par l'ADEME en novembre 2020 pour conduire la France vers la neutralité carbone (Génération Frugale, Coopérations Territoriales, Technologies Vertes et Pari Réparateur).

Ces quatre scénarios aboutissent à la neutralité carbone de l'ensemble de l'économie française en 2050 et non par secteur économique. Ces scénarios empruntent des voies distinctes et correspondent à des choix de société différents, avec des implications fortes et variées sur le reste de l'économie.

Ainsi, pour chaque scénario ADEME de neutralité carbone à 2050, un ensemble d'hypothèses structurantes définissent la place du numérique dans la société française à cet horizon. Ces hypothèses permettent ainsi de modéliser ce que deviendrait l'impact environnemental du numérique en 2050. **En conséquence, si l'empreinte carbone du numérique varie d'un scénario à l'autre, les 4 scénarios impliquent bien une neutralité carbone à l'échelle nationale sur l'ensemble de l'économie française contrairement au scénario tendanciel.**

3.1 Présentation des scénarios 2050 ADEME déclinés au numérique

3.1.1 Scénario Génération Frugale

Dans ce scénario, la sobriété des modes de consommation au plus près des besoins permet une réduction de la demande en énergie, matières et ressources et l'éco-conception généralisée permet de minimiser l'impact environnemental des terminaux :

- Le parc de terminaux diminue sensiblement via un taux d'équipement moindre des foyers poussés par la sobriété : par exemple, le nombre d'ordinateurs par foyer est divisé par 3 et le nombre de téléphones diminue de 20 % par rapport à 2020. Le nombre d'objets connectés reste constant par rapport à 2020.
- La durée de vie des terminaux est allongée en moyenne de 2 ans.
- Les fabricants généralisent l'éco-conception de leurs équipements et les usages sont plus sobres : la consommation électrique unitaire (sur l'ensemble des segments terminaux, réseaux et centres de données) est divisée par 3 par rapport à 2020.
- Les réseaux mobiles recourent à davantage de mutualisation.
- La surface informatique occupée des centres de données est équivalente à celle de 2020 (optimisation des centres de données pour contenir l'évolution des usages).
- Le trafic de données est réduit par rapport au scénario tendanciel, et croît d'un peu plus de 10 % par an (vs. 20 % par an pour le scénario tendanciel). Le trafic sur réseaux mobiles croît moins vite du fait de l'utilisation du WiFi comme mode de connexion préféré.

3.1.2 Scénario Coopérations Territoriales

Dans ce scénario, l'ADEME projette une société qui se transforme dans le cadre d'une gouvernance partagée et de coopérations territoriales impliquant organisations non gouvernementales, institutions publiques, secteur privé et société civile. Un maillage territorial des équipements est organisé, avec une décentralisation des centres de données permettant de diminuer les temps d'accès et l'énergie nécessaire aux transferts de données. Les objets connectés sont utilisés principalement dans un objectif de gain énergétique (y compris dans les habitations) et de fluidité des services publics.

En conséquence, les évolutions supposées sur les paramètres du modèle sont les suivants :

- Le parc d'équipements (sur l'ensemble des segments terminaux, réseaux, centres de données) est proche de son niveau de 2020, sauf pour le nombre d'objets connectés qui est multiplié par 3 par rapport à 2020.
- Les fabricants généralisent l'éco-conception de leurs équipements : la consommation électrique unitaire (sur l'ensemble des segments terminaux, réseaux et centres de données) est divisée par 2 par rapport à 2020. La durée de vie des équipements des terminaux est prolongée en moyenne d'un an par rapport à 2020.
- La superficie des centres de données augmente d'environ 50 % par rapport à 2020.
- Le trafic de données est réduit par rapport au scénario tendanciel, et croît d'un peu plus de 15 % par an (vs. 20 % par an pour le scénario tendanciel).

3.1.3 Scénario Technologies Vertes

Dans ce scénario, **c'est le développement technologique qui permet de répondre aux défis environnementaux plutôt que les changements de comportements vers plus de sobriété**. Le nombre d'objets connectés est multiplié par x6 par rapport à 2020. La surface informatique occupée par les centres de données double du fait de la généralisation de l'informatique en nuage.

Ce scénario est proche du scénario tendanciel à la fois en termes de consommation énergétique unitaire, de croissance du parc d'équipements, et de durée de vie.

3.1.4 Scénario Pari Réparateur

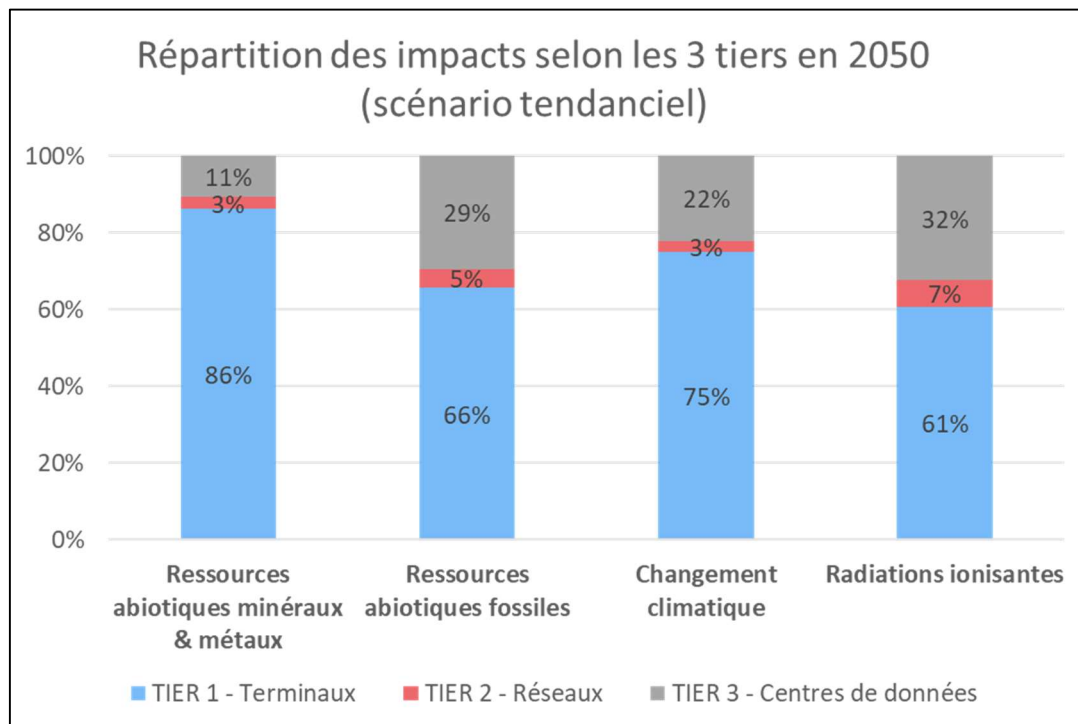
Le 4^{ème} scénario correspond à une situation où les usages continuent de se développer largement (« tout est digitalisé ») et le développement technologique apporte une solution suffisante pour compenser les impacts environnementaux :

- Le parc de terminaux s'accroît surtout du fait de l'explosion du nombre d'objets connectés (plus de 10 milliards d'objets connectés en 2050, x40 par rapport à 2020).
- Les consommations électriques unitaires (sur l'ensemble des tiers terminaux, réseaux et centres de données) sont équivalentes à celles du scénario tendanciel.
- Les déploiements de réseaux se poursuivent à un rythme élevé, notamment pour la 5G et les générations au-delà (6G et plus).
- La surface informatique des centres de données est multipliée par 4 par rapport à 2020.
- La durée de vie des terminaux est identique au scénario tendanciel.
- Le trafic de données augmente plus vite que le scénario tendanciel, et croît d'un peu plus de 25 % par an (vs. 20 % par an pour le scénario tendanciel).

3.2 Principaux résultats

A horizon 2050, si rien n'est fait pour réduire l'empreinte environnementale du numérique **l'empreinte carbone pourrait quasiment tripler par rapport à 2020 dans le scénario tendanciel** (plus de 49 Mt CO₂eq). La consommation électrique augmenterait d'environ 80 % par rapport à 2020 (et atteindrait 93 TWh).

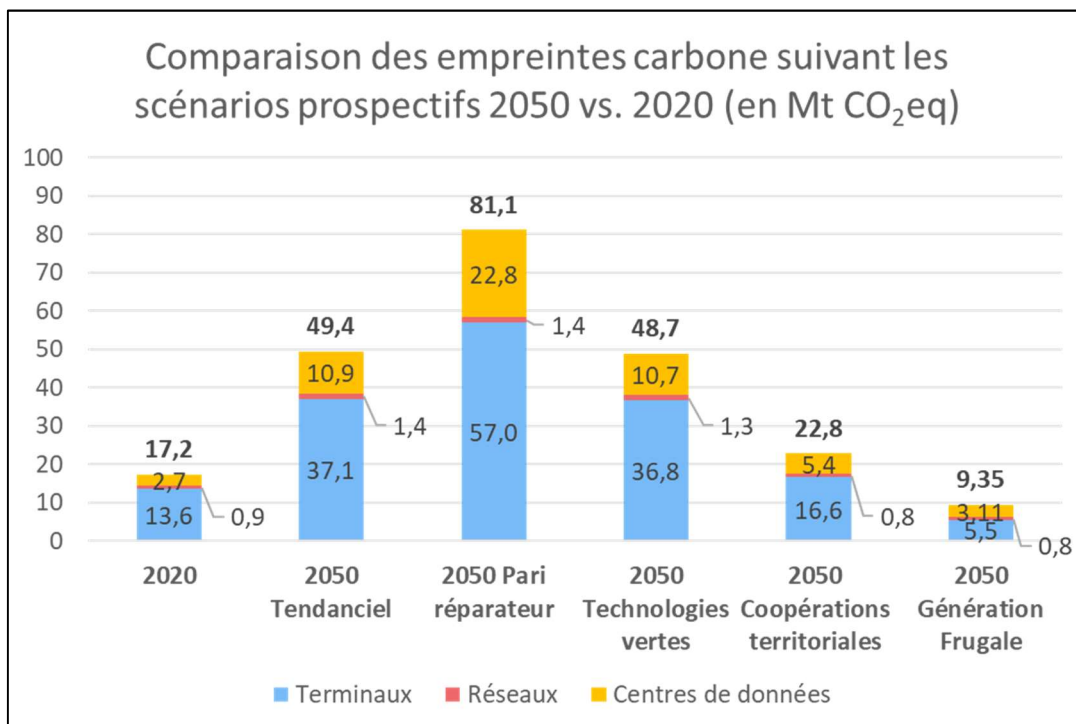
L'analyse prospective montre que **les terminaux représentent toujours la majorité de l'impact (entre 61 % et 86 %) sur l'ensemble des indicateurs étudiés, notamment l'épuisement des ressources abiotiques (minéraux & métaux)**. La typologie des terminaux a évolué par rapport à 2020, notamment avec **l'essor des objets connectés**. De plus, la part de l'impact des terminaux diminue légèrement sur la plupart des indicateurs considérés alors que celle des centres de données progresse par rapport à la répartition observée en 2020.



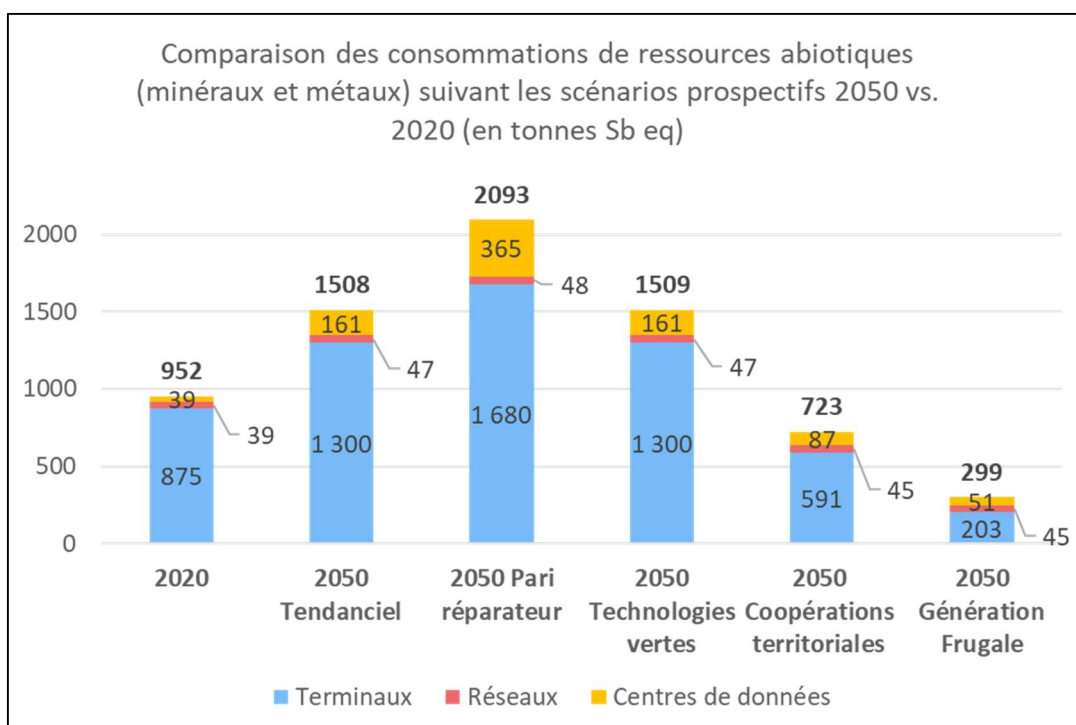
Dans le scénario « Pari réparateur », l'empreinte carbone pourrait quintupler par rapport à 2020 (soit 81 Mt CO₂eq), la consommation de ressources abiotiques (métaux & minéraux) pourrait doubler par rapport à 2020 (pour atteindre 2090 tonnes Sb eq) et la consommation électrique pourrait presque tripler (x2,6) par rapport à 2020 (et atteindre 137 TWh) du fait notamment de l'explosion des objets connectés et du développement des centres de données.

A l'inverse, dans le scénario « Génération frugale », l'empreinte carbone pourrait être divisée par deux par rapport à 2020 (pour atteindre 9,3 Mt CO₂eq), la consommation de ressources abiotiques (métaux & minéraux) pourrait être divisée par trois par rapport à 2020 (pour atteindre 299 tonnes Sb eq) et la consommation électrique baisser de près de 75 % par rapport à 2020 (et atteindre 12 TWh). C'est le scénario qui atténue le plus l'empreinte environnementale du numérique.

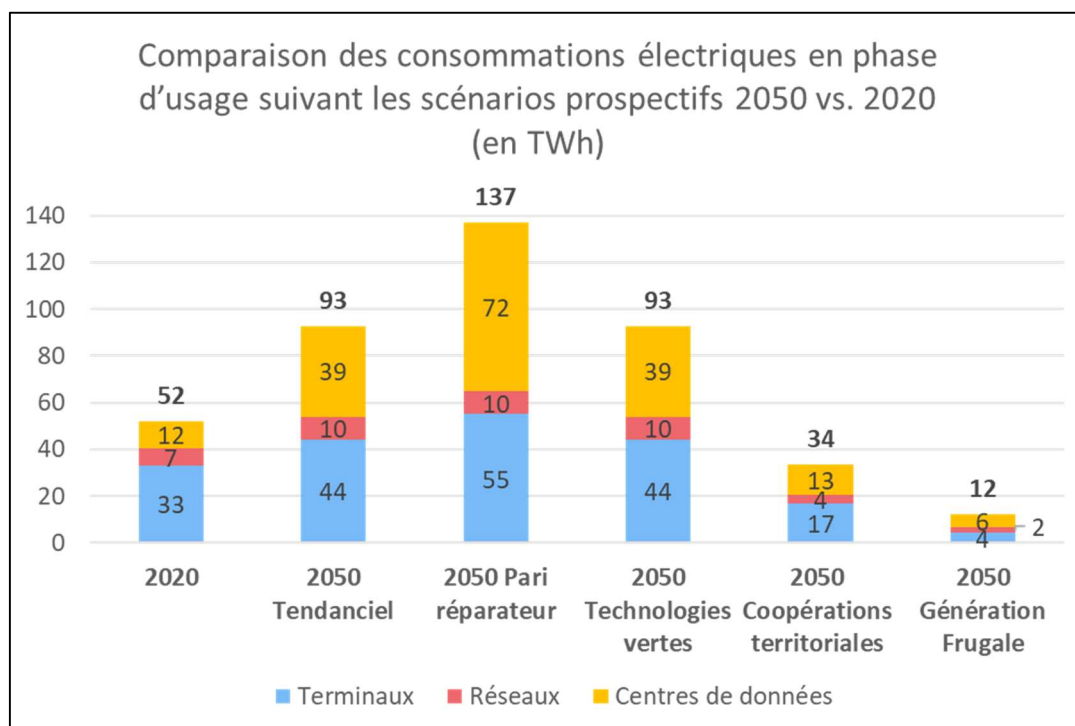
Dans tous les scénarios, **les terminaux représentent toujours la majorité de l'empreinte carbone**. Les **centres de données représentent ensuite l'essentiel de l'empreinte** en lien avec les besoins de traitement grandissants (cf. graphique ci-dessous). Si tous les scénarios **ADEME visent à atteindre la neutralité carbone**, ils impliquent une part de l'empreinte carbone nationale allouée au numérique **largement différente**.



Le scénario visant à maximiser l'utilisation du numérique pour la décarbonation d'autres secteurs (« Pari réparateur ») implique possiblement des reprints d'impact sur d'autres aspects (notamment l'épuisement des ressources abiotiques « métaux et minéraux ») potentiellement très importants et pouvant questionner par là sa soutenabilité (cf. graphique ci-dessous).



Les centres de données pourraient représenter la part majoritaire de la consommation électrique à horizon 2050 (jusque 72 TWh, soit 52 % de la consommation électrique totale du numérique en 2050 dans le scénario « Pari réparateur ») et dépasser la consommation électrique induite par les terminaux (cf. graphique ci-dessous).



4 Limites

L'incertitude sur la projection de données est inhérente à l'exercice de prospective, *a fortiori* pour le numérique en évolution très rapide et à des horizons aussi lointains que 2050. Par ailleurs, la modélisation retenue (qui repose sur des hypothèses de projections de données d'inventaires et de consommation énergétique) ne permet pas de tenir compte de toute la complexité de l'évolution de l'infrastructure du numérique. Cela requiert une approche de modélisation plus fine et plus complexe afin de capturer l'interdépendance entre les différents tiers du numérique (terminaux, réseaux, centres de données).

Le rapport détaille les limites méthodologiques notamment au sujet de l'incertitude sur le nombre d'équipements, leurs caractéristiques, leurs impacts hors phase d'usage, leurs durées de vie et leurs consommations d'énergie.

5 Conclusion

Les résultats de l'étude ADEME-Arcep interpellent sur la trajectoire tendancielle que pourrait prendre le numérique si rien n'est fait. Les scénarios envisagés par l'ADEME, qui visent tous la neutralité carbone, impliquent des changements importants de nos sociétés, notamment en matière de recherche et développement, d'évolution des produits et services dont certains sont inconnus à date, de modes de consommation, de modes de fabrication et de bonnes pratiques de la part des

utilisateurs mais aussi des fabricants de terminaux, des opérateurs de réseaux et de centres de données.

L'analyse des scénarios tendanciels à 2030 et 2050 montre que le secteur du numérique ne s'inscrirait pas dans une dynamique de décarbonation et de réduction des impacts environnementaux en opposition aux engagements pris par la France. Alors que l'objectif de la France est de diminuer drastiquement les émissions de GES à l'horizon 2050, l'évolution tendancielle de l'empreinte carbone du numérique à 2050 va être multipliée par 3 faisant ainsi reporter les efforts à faire sur les autres secteurs ou sur la capacité des puits de carbone.

L'étude met également en évidence qu'un des enjeux environnementaux majeurs du numérique, outre son **empreinte carbone**, est la **disponibilité et la dépendance aux métaux stratégiques** et autres ressources utilisées pendant la phase de fabrication des terminaux (principalement téléviseurs, ordinateurs, box internet et smartphones jusqu'en 2030 puis essor des objets connectés jusqu'en 2050 en lien notamment avec la mise en place de nouvelles technologies de réseaux mobiles).

Ainsi, il ressort de l'étude que le premier levier d'action pour limiter l'impact du numérique est la mise en œuvre de politiques de sobriété numérique qui commencent par une interrogation sur l'ampleur du développement des nouveaux produits ou services et une réduction ou stabilisation du nombre d'équipements. **L'allongement de la durée de vie des terminaux, via la mise sur le marché d'équipements écoconçus, en développant davantage le reconditionnement et la réparation des équipements et en sensibilisant les consommateurs à ces impacts pour viser plus de sobriété est un axe majeur de travail.**

De la même manière, **l'écoconception doit être systématisée** au-delà de la seule question des terminaux et **couvrir l'ensemble des équipements** (réseaux et centres de données) mais également **les services numériques** afin de limiter le trafic nécessaire à iso service et d'améliorer l'efficacité énergétique.

Pour atteindre l'objectif des accords de Paris en 2050, le **numérique doit prendre la part qui lui incombe** : Un **effort collectif impliquant toutes les parties prenantes** (utilisateurs, fabricants de terminaux et d'équipements, fournisseurs de contenus et d'applications, opérateurs de réseaux et de centres de données) est donc **nécessaire**.

Perspectives :

Cette étude sera complétée des **travaux communs entre l'Arcep, l'Arcom et l'ADEME** et notamment par la publication tous les deux ans d'un rapport mesurant l'impact environnemental des différents modes de diffusion des services de médias audiovisuels (en application de la loi du 22 août 2021¹⁰).

L'ADEME va par ailleurs lancer une étude spécifique sur les métaux et le numérique, et d'autres travaux sur certains usages et technologies du numérique. De plus, un programme certificats d'économie d'énergie (CEE) pluriannuel sur la sobriété du numérique sera lancé dès 2023 en partenariat avec INRIA et EcoInfo.

¹⁰ Loi n°2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924>

Enfin **l'extension du pouvoir de collecte des données environnementales par l'Arcep** en application de la loi du 23 décembre 2021¹¹ contribuera à la mise à disposition de données de qualité suffisante qui reste un enjeu crucial, suite à une première publication en avril 2022¹². Elle permettra également de suivre l'évolution de l'empreinte du numérique à long terme.

¹¹ Loi n° 2021-1755 du 23 décembre 2021 visant à renforcer la régulation environnementale du numérique par l'Arcep. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044553569>

¹² <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/impact-environnemental/derniers-chiffres.html>