Arcom
Le régulateur de la communication audiovisuelle et numérique

arcep

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

ÉTUDE DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES USAGES AUDIOVISUELS EN FRANCE

Octobre 2024

I Care
by BearingPoint

RESUMÉ

- **Contexte et objectifs**

Le développement des usages audiovisuels s'accompagne d'enjeux environnementaux de plus en plus prégnants et participe de l'empreinte carbone du secteur numérique, évaluée à 17 Mt CO2 eq., soit 2,5% de l'empreinte de la France en 2020 (ADEME-Arcep, 2022).

Dans ce contexte, **l'article 15 de la loi du 22 août 2021** portant lutte contre le dérèglement climatique et le renforcement de la résilience face à ses effets **dite « climat et résilience »** confie à l'Arcep et l'Arcom, la **publication d'un rapport « mesurant l'impact environnemental des différents modes de diffusion des services de médias audiovisuels »,** dans le but de « **renforcer l'information des consommateurs** sur la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation de contenus audiovisuels, à la fabrication des terminaux et périphériques de connexion ainsi qu'à l'exploitation des équipements de réseaux et des centres de données nécessaires à cette consommation ».

L'Arcom et l'Arcep, en collaboration avec l'ADEME, ont lancé conjointement, avec l'appui du cabinet I Care by Bearing Point, une évaluation de l'impact environnemental des usages audiovisuels en France, définis dans cette étude comme les différents modes de consommation de contenus audio ou vidéo par des particuliers.

Cette évaluation vient ainsi compléter les différentes actions déjà mises en place par les trois institutions dans le cadre des **articles 25 et 26 de la loi du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique (dite « REEN »)** qui visent respectivement à favoriser l'écoconception des sites et services en ligne et informer les utilisateurs de services audiovisuels de l'impact environnemental lié à la consommation de données sur ces services.

Le présent rapport propose I) un état des lieux des technologies et usages audiovisuels en France, suivi de trois évaluations de l'empreinte environnementale (multicritère) de la diffusion audiovisuelle : II) une évaluation comparative de neuf scénarios d'usage audiovisuels (à l'échelle d'une heure de consommation d'un contenu), III) une évaluation globale des usages audiovisuels à l'échelle de la France sur un an (en 2022), IV) puis une analyse prospective à horizon 2030 de l'évolution de ces impacts suivant trois scénarios. Ces trois évaluations sont réalisées à l'aide de la méthode d'analyse de cycle de vie (ACV).

- **Méthodologie**

Le périmètre de cette étude se concentre sur les usages vidéo et audio nécessitant une connexion à un réseau (fibre, câble, hertzien, satellite). Seule la diffusion et la réception des contenus audiovisuels sont prises en compte dans cette étude, les activités liées à leur production (tournage, etc.), ainsi qu'à la gestion des données des utilisateurs sont exclues de l'analyse.

Les impacts environnementaux, issus en particulier de la méthode ACV, sont évalués selon une approche attributionnelle.

Les impacts selon onze indicateurs environnementaux, dont quatre indicateurs de flux, ont été analysés, et les six indicateurs suivants ont été mis en avant dans le corps du rapport :

- changement climatique (kg CO_2eq.) ;
- particules fines (disease incidence) ;
- acidification (Mol H^+eq.) ;
- épuisement des ressources, minéraux et métaux (kg Sb eq.).
- la consommation d'énergie primaire totale (MJ) ;
- la consommation d'énergie finale (kWh).

Les cinq indicateurs suivants sont présentés en annexe :

- radiations ionisantes (kBq U235 eq) ;
- écotoxicité d'eau douce (CTUe) ;
- épuisement des ressources fossiles (MJ) ;
- utilisation de matières premières (kg) ;
- consommation nette d'eau (m^3).

L'étude couvre l'ensemble des éléments mobilisés dans les usages audiovisuels retenus dans le périmètre. Les systèmes étudiés peuvent être regroupés parmi les trois briques technologiques suivantes :

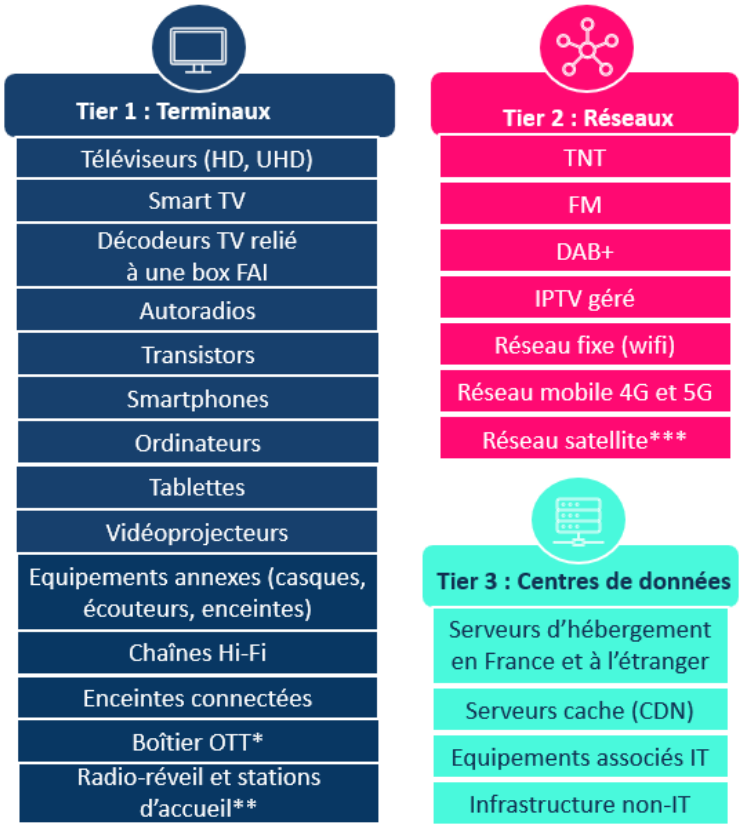


Illustration des technologies utilisées au sein des systèmes étudiés

Des mesures en laboratoire ont été effectuées dans le cadre de certains scénarios et comparées avec les données de littérature. Des auditions menées auprès de sept acteurs du secteur (cf. annexe A) ont également permis de confronter ces données avec celles dont ils disposaient.

L'analyse environnementale, et plus particulièrement l'ACV repose sur l'étude d'une fonction et non d'un produit, et définit une « unité fonctionnelle » qui représente une quantification de la fonction rendue par un produit ou un service (performances et durée de vie). A ce titre, elle sert d'unité de référence pour comparer plusieurs systèmes selon une base commune.

L'étude, exceptée la partie prospective, a été soumise à une revue critique externe telle que définie dans les normes ISO 14040 et ISO 14044.

Pour l'analyse des scénarios d'usage audiovisuel, l'unité fonctionnelle utilisée comme référence est la suivante :

Une heure de consommation d'un contenu audio ou vidéo en France en 2022

Les neuf scénarios représentatifs des usages audiovisuels étudiés sont construits à l'aide de combinaisons des éléments des trois tiers technologiques (terminaux, réseaux et centres de données).

Numéro	Intitulé de scénario
A1	Écoute de radio en direct en FM sur un poste radio
A2	Écoute de radio en direct en FM sur un autoradio
A3	Écoute de radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe
A4	Écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile
V1	Visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un accès TNT intégré au téléviseur
V2	Visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur connecté à internet via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV géré)
V3	Visionnage de télévision de rattrapage en HD sur une TV connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI
V4	Visionnage de vidéos à la demande par abonnement (VàDA) en HD sur un téléviseur connecté à internet via réseau fixe (Smart TV)
V5	Visionnage de vidéos en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile

Pour l'analyse à l'échelle France, l'unité fonctionnelle utilisée comme référence est la suivante :

Utiliser les équipements et systèmes liés aux usages audiovisuels en France en 2022

Le périmètre détaillé des usages audiovisuels est présenté dans la partie *5.2 Frontières des systèmes étudiés.*

Pour cette évaluation, huit usages (quatre usages vidéo et quatre usages audio) sont retenus :

1. **L'écoute de la radio hertzienne,** qui correspond à la radio FM et la radio DAB+.
2. **L'écoute de la radio en ligne**, prenant en compte la radio en direct via internet et les podcasts radio replay.
3. **L'écoute du streaming audio et des podcasts (natifs).**
4. **L'écoute de la musique vidéo.**
5. **Le visionnage de la TV linéaire,** qui prend en compte la TV via TNT, satellite, IPTV géré et OTT.
6. **Le visionnage de la TV de rattrapage.**
7. **Le visionnage de la vidéo à la demande,** qui correspond aux services de VàDA, de VàD à l'acte et de VàD gratuit.
8. **Le visionnage de vidéos sur les plateformes de partage de vidéos**.

L’écoute de musique vidéo peut cependant être considéré comme inclus dans les usages de visionnage de vidéo sur les plateformes de partage de vidéos. Cet usage est donc retiré des résultats finaux à l’échelle de la France.

Les catégories d’impacts environnementaux analysées sont issues de la méthode EF3.0 de la recommandation européenne. Quatre indicateurs de flux (consommation d’énergie primaire totale et consommation d’énergie finale, apport en matière première (MIPS) et consommation nette d'eau) ont été ajoutés.

Plusieurs analyses de sensibilité sur l'ensemble des scénarios, ainsi que des comparaisons à des résultats d'autres études ont été effectuées.

L’analyse prospective à 2030 consiste à établir un scénario d’évolution tendancielle, à partir des tendances des dernières années observées sur les usages audiovisuels et des évolutions technologiques attendues, et de proposer des variations d’inflexion autour de ce scénario tendanciel. Les trois scénarios considérés sont les suivants :

- **Tendanciel 2030 :** scénario tendanciel, construit à partir des tendances observées ces dernières années et des changements attendus dans les usages et technologies de l’audiovisuel d’ici 2030 ;
- **Ecoconception 2030 :** scénario construit à partir du scénario tendanciel en y intégrant des mesures d’écoconception permettant de réduire la consommation d’énergie et de ressources des terminaux et infrastructures ;
- **Sobriété 2030 :** scénario construit à partir du scénario Ecoconception 2030, en y intégrant, en plus des mesures d’écoconception, des mesures de sobriété sur les usages et les modes de consommation audiovisuelle.

- **Résultats**

Cette étude a permis d'évaluer les impacts environnementaux de différents usages audiovisuels, à l'échelle d'une heure de consommation et au global, sur l'année 2022 en France, selon plusieurs indicateurs environnementaux et à partir d'une approche par analyse du cycle de vie, incluant les terminaux, réseaux et centres de données sollicités. Une évaluation prospective à horizon 2030 a également été réalisée.

Evaluation comparative des scénarios d'usage audiovisuel

En se basant sur l'indicateur de changement climatique, l'impact carbone des scénarios se situe entre **6 et 57 gCO_2eq / heure**. Afin de comparer ces résultats avec des valeurs tangibles, on peut considérer qu'ils sont équivalents aux émissions directes pour un passager d'un TGV roulant sur 2 à 20 km ou d'un véhicule roulant sur 50 à 500 m (en considérant en moyenne 112 gCO_2eq/km[1]).

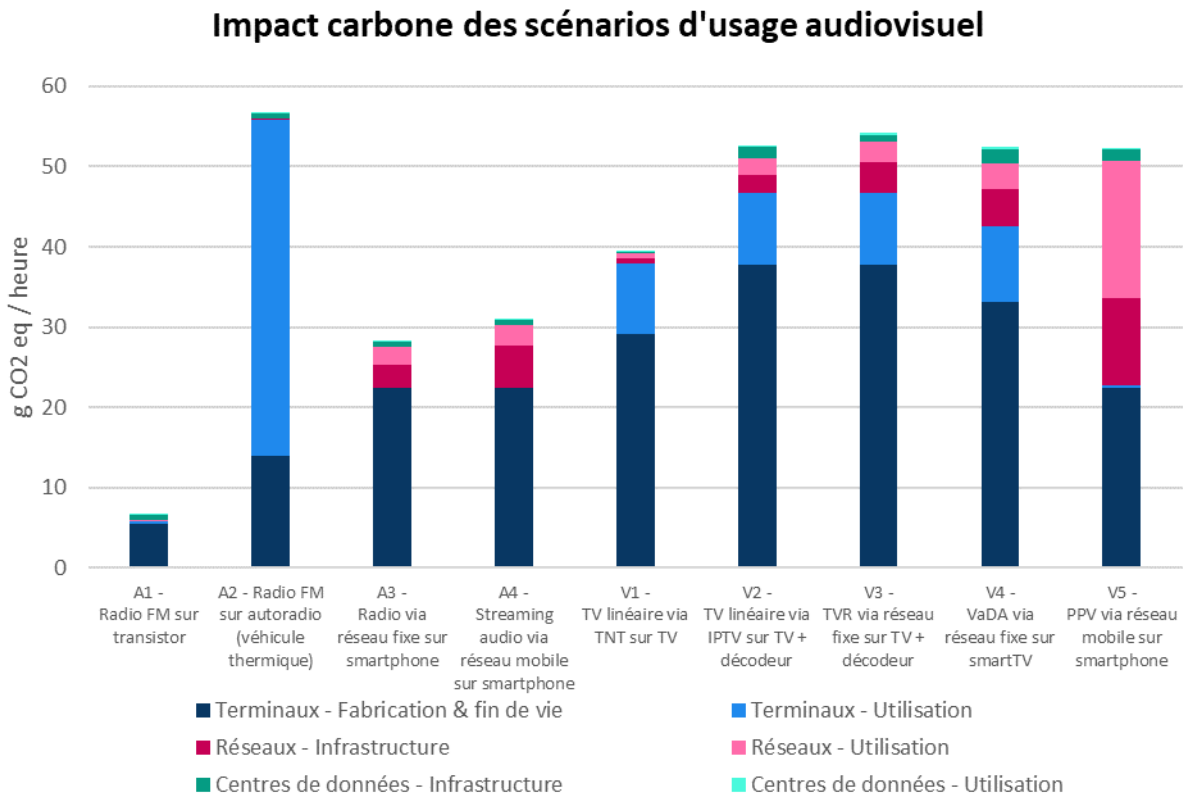


Illustration de l'impact carbone des scénarios d'usage audiovisuel

Les scénarios vidéo étudiés ont un impact carbone plus important que les scénarios audio, à l'exception de l'écoute sur autoradio. Cela s'explique par le fait qu'il s'agit du seul cas d'usage dont le terminal (l'autoradio) est alimenté par un moteur thermique (le moteur du véhicule). L'utilisation de ce terminal est donc associée à des émissions importantes de gaz à effet de serre (GES).

Evaluation des usages audiovisuels étudiés à l'échelle France

L'impact total sur le changement climatique des usages audiovisuels en France durant un an (sur l'année 2022) est estimé à **5,6 MtCO2eq.** Cet impact est **équivalent à environ 33% de l'empreinte**

[2] L'étude ADEME-Arcep 2022 n'a cependant pas le même périmètre que cette étude, la comparaison entre les deux études est détaillée dans la partie 6.3.6.

carbone totale du numérique en 2020, telle qu'estimée dans l'étude ADEME-Arcep sur l'évaluation de l'impact environnemental du numérique en France publiée en 2022[2]. Afin de comparer ces résultats avec des valeurs tangibles, cet impact correspond aux émissions de gaz à effet de serre (GES) d'un parc de 4 041 073 de véhicules particuliers (considérant en moyenne 12 223 km par véhicule et des émissions moyennes de 112 gCO_2eq/km).

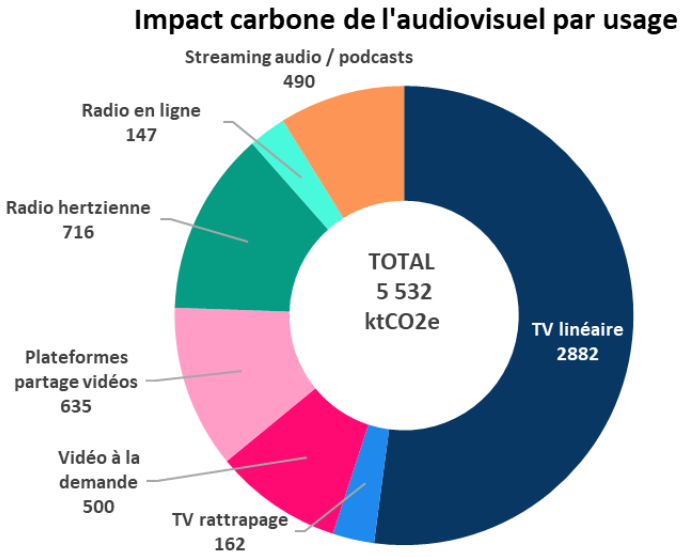


Illustration de l'impact carbone des usages audiovisuels

Parmi les usages audiovisuels étudiés, la TV linéaire représente 70 % des usages vidéo et 70 % de leur impact carbone. Les impacts des usages dépendent en premier lieu du terminal utilisé. En 2022, parmi les usages vidéo, la TV linéaire, principalement regardée sur des téléviseurs, a ainsi le plus fort impact environnemental. S'ensuivent les plateformes de partage de vidéo et la vidéo à la demande avec respectivement 15 % et 12 % de l'empreinte carbone des usages vidéo.

L'étude met également en évidence que la publicité peut augmenter jusqu'à 25 % l'impact carbone du visionnage de contenus vidéo, en particulier pour les usages en TV de rattrapage.

La radio hertzienne, premier usage audio grand public, représente 58 % des usages audio et 53 % de leur empreinte carbone.

Evaluation des usages audiovisuels étudiés à l'horizon 2030

Pour le scénario tendanciel, comparativement aux résultats de l'évaluation sur l'année 2022, cela correspond à une variation de **+29%** sur l'indicateur changement climatique, **-20%** sur l'indicateur des ressources minérales et métalliques, et **-12%** sur l'indicateur de consommation d'énergie finale.

Pour le scénario écoconception, comparativement à l'année 2022, cela correspond à une variation de **-6%** sur l'indicateur changement climatique, **-39%** sur l'indicateur des ressources minérales et métalliques, et **-45%** sur l'indicateur de consommation d'énergie finale.

Pour le scénario sobriété, et comparativement à l'année 2022, cela correspond à une variation de **-33%** sur l'indicateur changement climatique, **-45%** sur l'indicateur des ressources minérales et métalliques, et **-57%** sur l'indicateur de consommation d'énergie finale.

[2] L'étude ADEME-Arcep 2022 n'a cependant pas le même périmètre que cette étude, la comparaison entre les deux études est détaillée dans la partie 6.3.6.

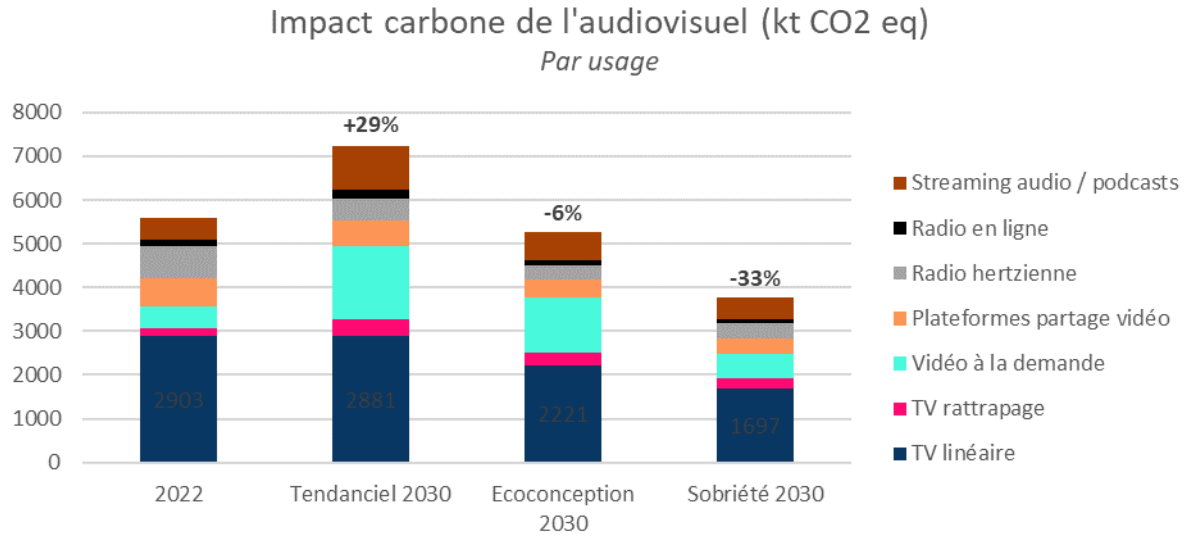


Illustration de l'impact carbone sur les scénarios prospectifs à 2030 par usages audiovisuels

Parmi les usages audiovisuels étudiés, la part de l'impact sur le changement climatique de la TV linéaire baisse dans le scénario tendanciel alors que l'impact de la vidéo à la demande et du streaming audio augmente. Les scénarios écoconception et sobriété montrent une part plus restreinte de l'impact de la vidéo à la demande et du streaming audio.

Conclusions

Le premier poste d'impact environnemental des usages audiovisuels correspond de manière générale à la fabrication des terminaux (smartphone, ordinateur, téléviseur, tablette, poste radio, etc.). La consommation électrique des terminaux, notamment de plus grandes tailles comme le téléviseur, peut également représenter des impacts significatifs. Privilégier des terminaux plus sobres (avec une consommation d'énergie moins importante, plus durables et réparables), avec uniquement les fonctionnalités nécessaires ou des terminaux reconditionnés, limiter l'augmentation de la taille des écrans, ne pas multiplier les terminaux et prolonger leur durée de vie (en les faisant réparer, en les entretenant etc.) permet donc de réduire les impacts environnementaux associés à ses usages audiovisuels.

Les réseaux sollicités par les usages audiovisuels (FM, DAB+, TNT, IPTV géré, fixe et mobile) représentent généralement le deuxième poste d'impact environnemental. La diffusion via des réseaux de type « broadcast » (FM, DAB+, TNT) pour des usages linéaires est généralement plus efficace que la diffusion de contenus à la demande via les réseaux fixe et mobile. En effet, l'impact global des infrastructures des réseaux broadcast est le même quel que soit le nombre d'utilisateurs, ils sont donc particulièrement efficaces dès lors qu'ils sont utilisés par un nombre suffisant d'utilisateurs. L'utilisation du réseau mobile est associée à un impact environnemental plus élevé que l'utilisation du réseau fixe. De plus, le réseau fixe est moins sensible à l'augmentation du trafic.

Les serveurs et centres de données représentent une part plus faible de l'impact des usages audiovisuels. Pour les contenus à la demande diffusés par internet, la consommation d'énergie sur les réseaux et les serveurs augmente avec le débit de données associé à l'usage. Les usages vidéo sont associés à des débits plus élevés que les usages audio. Le débit dépend également de la résolution (sonore ou vidéo) ainsi que du codec utilisé. Favoriser des usages associés à une consommation de données plus faible, et réduire la résolution des contenus visionnés permet donc de réduire l'impact environnemental de ses usages audiovisuels.

Les mesures d'écoconception et de sobriété permettent effectivement de réduire les impacts sur tous les tiers technologiques, et sur tous les indicateurs. Les mesures d'écoconception (appliquées dans le scénario Ecoconception 2030) permettent de stabiliser (légère baisse) l'impact de l'audiovisuel par rapport à 2022 sur l'indicateur de changement climatique et entrainent une plus forte réduction des impacts sur les indicateurs de ressources minérales et métalliques et de consommation d'énergie. Les réductions d'impacts sont notamment réalisées sur le tier terminaux, grâce au gain d'efficacité énergétique et à l'allongement de la durée de vie des terminaux. Cependant, les mesures d'écoconception ne suffisent pas à réduire significativement l'impact carbone total de l'audiovisuel par rapport à 2022. L'ajout de mesures de sobriété dans le scénario Sobriété 2030, telles que la limitation de l'augmentation des usages à la demande, des choix de qualités audio/vidéo plus faibles, une utilisation accrue du réseau fixe devant le réseau mobile pour les usages à la demande et des réseaux broadcast devant les réseaux fixe ou mobile pour les usages linéaires, et des choix de technologies plus « sobres » dans les achats de terminaux, permet d'aboutir à une réduction significative d'un tiers (-33%) de l'impact carbone totale des usages audiovisuels, par rapport à 2022.

TABLE DES MATIERES

RESUMÉ 2
TABLE DES MATIERES 10
GLOSSAIRE 27
1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 33
1.1 Contexte 33
1.2 Objectifs 34
2 INTRODUCTION 37
2.1 Définition des usages audiovisuels 37
2.2 Périmètre de l'étude 37
2.2.1 Les usages audiovisuels 37
2.2.2 Périmètre technologique 38
2.2.3 Périmètre géographique et temporel 40
3 ÉTAT DES LIEUX DE L'AUDIOVISUEL EN FRANCE 43
3.1 Objectif de l'état des lieux 43
3.2 Objectifs des auditions et liste des acteurs interrogés 43
3.3 État des lieux des différentes technologies de diffusion et consommation audiovisuelle en France 44
3.3.1 Les terminaux de consommation audiovisuelle 44
3.3.2 Les réseaux de diffusion de contenus audiovisuels 44
3.3.3 Serveurs et centres de données sollicités par les usages audiovisuels 45
3.4 État des lieux des différents usages audiovisuels en France 47
3.4.1 Etat des lieux des usages audio 47
3.4.2 Etat des lieux des usages vidéo 49
4 METHODE 52
4.1 Méthodologie de l'analyse de cycle de vie 52
4.2 Méthodologie des mesures en laboratoire 53
4.2.1 Matériel 53
4.2.2 Réseaux 54
4.2.3 Méthodologie 54
5 OBJECTIFS ET CHAMP DE L'ETUDE 57
5.1 Objectifs 57
5.2 Frontières des systèmes étudiés 57
5.2.1 Frontières du système 59
5.2.2 Exclusion 59

5.2.3 Règle de coupure 59
5.3 Unités fonctionnelles 60
5.4 Représentativité technologie, géographique et temporelle 61
5.5 Définition des scénarios d'usage audiovisuel 61
5.6 Définition des usages à l'échelle France 63
5.7 Méthodologie d'ACV et type d'impacts 63
5.8 Procédures d'attribution 67
5.8.1 Allocations générales 67
5.8.2 Règle d'allocation de la fin de vie 67
6 DONNEES UTILISEES DANS LE MODELE ACV 72
6.1 Types et sources de données 72
6.2 Inventaires des terminaux 72
6.2.1 Inventaire du cycle de vie d'un smartphone 72
6.2.2 Inventaire de cycle de vie d'un ordinateur portable 74
6.2.3 Inventaire du cycle de vie d'une Tablette 76
6.2.4 Inventaire du cycle de vie d'une TV classique 77
6.2.5 Inventaire du cycle de vie d'une Smart TV 77
6.2.6 Inventaire de cycle de vie d'un décodeur TV 78
6.2.7 Inventaire du cycle de vie d'un boîtier OTT 79
6.2.8 Inventaire du cycle de vie d'un transistor 79
6.2.9 Inventaire du cycle de vie d'un autoradio 80
6.2.10 Inventaire du cycle de vie d'une chaîne Hi-Fi 81
6.2.11 Radio-réveils et stations d'accueil 82
6.2.12 Inventaire du cycle de vie d'une enceinte connectée 82
6.2.13 Inventaire du cycle de vie d'un vidéoprojecteur 83
6.2.14 Equipements annexes 83
6.3 Inventaires des réseaux 84
6.3.1 Modèle environnementale pour les réseaux fixe & mobile 84
6.4 Inventaires des centres de données 92
6.4.1 Serveurs et centres de données pour l'audio 92
6.4.2 Serveurs et centres de données pour la vidéo 97
6.5 Inventaire de la publicité programmatique 98
6.6 Mesures en laboratoire 99
6.7 Modélisation des scénarios d'usage audiovisuels 101
6.8 Analyses de sensibilité sur les scénarios d'usage audiovisuels 104

6.9 Modélisation des usages à l'échelle France 105
6.9.1 Approche pour la quantification des usages à l'échelle France 105
6.9.2 Données d'usages 105
6.9.3 Paramètres du modèle 111
6.10 Qualité des données 114
7 RESULTATS 118
7.1 Evaluation environnementale comparative des scénarios d'usage audiovisuel 118
7.1.1 Scénario A1- écoute de la radio en direct en FM sur un poste radio 118
7.1.2 Scénario A2 - écoute de la radio en direct en FM sur un autoradio 120
7.1.3 Scénario A3 - écoute de la radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe 121
7.1.4 Scénario A4 - écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile 123
7.1.5 Scénario V1 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un accès TNT intégré au téléviseur 125
7.1.6 Scénario V2 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV géré) 126
7.1.7 Scénario V3 – visionnage de télévision de rattrapage en HD sur une TV connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI 128
7.1.8 Scénario V4 - visionnage de VàDA en HD sur un téléviseur connecté à internet (Smart TV) 129
7.1.9 Scénario V5 - visionnage de vidéo en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile 131
7.1.10 Comparaison et analyse des résultats des scénarios étudiés 132
7.1.11 Comparaison des résultats avec les autres études 141
7.2 Analyses de sensibilité 149
7.2.1 Inclusion des temps de publicité supplémentaires dans les scénarios d'usage audiovisuel 149
7.2.2 Scénario A1 - analyse de sensibilité sur le réseau FM 153
7.2.3 Scénario A2 - analyse de sensibilité sur le réseau DAB+ 156
7.2.4 Scénario A3 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un smartphone reconditionné 159
7.2.5 Scénario A4 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'une enceinte connectée au réseau fixe 160
7.2.6 Scénario V1 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un téléviseur de plus grande taille et de technologie différente 162
7.2.7 Scénario V3 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un ordinateur, et sur l'allocation du réseau fixe 164

7.2.8 Scénario V4 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un ordinateur relié à un vidéoprojecteur, et sur le visionnage en UHD 167
7.2.9 Scénario V5 – analyse de sensibilité sur les codecs et définitions utilisées, ainsi que sur le visionnage de vidéo avec image fixe 171
7.3 Evaluation environnementale des usages audiovisuels à l'échelle France 180
7.3.1 Résultats totaux 180
7.3.2 Décomposition des impacts par usage 181
7.3.3 Décomposition des impacts par brique technologique 183
7.3.4 Décomposition des impacts par étapes du cycle de vie 186
7.3.5 Résultats normalisés et pondérés 187
7.3.6 Comparaison avec l'étude ADEME-Arcep sur l'impact environnemental du numérique en France 188
7.3.7 Comparaison avec l'étude ADEME sur l'impact environnemental de la fourniture d'accès à internet en France 191
8 CONCLUSIONS ET LIMITES DE L'EVALUATION DES SCENARIOS D'USAGE ET DE L'AUDIOVISUEL A L'ECHELLE FRANCE EN 2022 194
8.1 Principaux enseignements 194
8.1.1 Terminaux utilisateurs 195
8.1.2 Réseaux de télécommunications 195
8.1.3 Centres de données et serveurs 196
8.2 Limites de l'évaluation des scénarios d'usage et de l'audiovisuel à l'échelle France en 2022 197
9 ANALYSE PROSPECTIVE A HORIZON 2030 201
9.1 Objectifs et méthode de l'analyse prospective 201
9.1.1 Objectifs 201
9.1.2 Périmètre 201
9.1.3 Présentation des scénarios 203
9.1.4 Méthode 206
9.2 Hypothèses de modélisation des scénarios 207
9.2.1 Données d'usages à horizon 2030 207
9.2.2 Paramètres du modèle 215
9.3 Résultats de l'analyse prospective 228
9.3.1 Présentation des données d'entrées du modèle 228
9.3.2 Résultats totaux des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 231
9.3.3 Comparaison des résultats par usage entre les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 232
9.3.4 Comparaison des résultats par tier technologique entre les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 239

9.4 Conclusions de l'analyse prospective à horizon 2030 252
9.4.1 Principaux enseignements de l'analyse prospective à horizon 2030 252
9.4.2 Limites de l'analyse prospective à horizon 2030 255
10 REFERENCES 258
11 ANNEXES 260
11.1 ANNEXE A - Acteurs du secteur de l'audiovisuel interrogés 260
11.2 ANNEXE B – Description des éléments de l'état des lieux des différentes technologies de diffusion et consommation audiovisuelle en France 261
11.2.1 Les terminaux de consommation audiovisuelle 261
11.2.2 Les réseaux de diffusion de contenus audiovisuels 267
11.3 ANNEXE C – Description des éléments de l'état des lieux des différents usages audiovisuels en France 274
11.3.1 Etat des lieux des usages audio 274
11.3.2 Etat des lieux des usages vidéo 276
11.4 ANNEXE D - Description des principaux codecs vidéo 280
11.5 ANNEXE E – Rapport détaillé des mesures en laboratoire 283
11.5.1 Introduction 283
11.5.2 Conditions de test 283
11.5.3 Méthodologie 285
11.5.4 Analyse des données 286
11.5.5 Conclusions et recommandations 306
11.6 ANNEXE F - Inventaire des données sur les terminaux 308
11.7 ANNEXE G – Inventaire du cycle de vie des équipements annexes 311
11.8 ANNEXE H – Analyse de la qualité des données 315
11.9 ANNEXE I – Résultats complémentaires de l'évaluation des scénarios (pour 1 heure de contenu) d'usages audiovisuels 326
11.9.1 Scénario A1- écoute de la radio en direct en FM sur un poste radio 326
11.9.2 Scénario A2 - écoute de la radio en direct en FM sur un autoradio 327
11.9.3 Scénario A3 - écoute de la radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe 327
11.9.4 Scénario A4 - écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté au réseau mobile 328
11.9.5 Scénario V1 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un accès TNT intégré au téléviseur 329
11.9.6 Scénario V2 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV) 330
11.9.7 Scénario V3 - visionnage de télévision de rattrapage en HD sur une TV connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI 331

11.9.8 Scénario V4 - visionnage de VàDA en HD sur un téléviseur connecté à internet (Smart TV) 332
11.9.9 Scénario V5 - visionnage de vidéo en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté au réseau mobile 333
11.10 ANNEXE J – Comparaison générale de tous les scénarios 335
11.11 ANNEXE K – Données d'usage : volumes d'heure équipement obtenus 336
11.12 ANNEXE L – Résultats complémentaires de l'évaluation des usages audiovisuels à l'échelle France 338
11.13 ANNEXE M - Résultats complémentaires de l'analyse prospective à 2030 342
11.13.1 Résultats globaux de l'analyse prospective à 2030 342
11.13.2 Résultats par usage de l'analyse prospective à 2030 343
11.13.3 Résultats par tier de l'analyse prospective à 2030 346
11.14 ANNEXE N – Rapport de revue critique 348
REMERCIEMENTS 352

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Illustration du périmètre de l'étude 38
Figure 2 - Répartition des usages audio (Source : Global Audio 2022, Médiamétrie) 48
Figure 3 – Etat des lieux des usages audio en France 48
Figure 4 – Etat des lieux de la vidéo 50
Figure 5 – Etapes d'une ACV 52
Figure 6 - Illustration de Greenspector studio 55
Figure 7 - Périmètre technologique de l'ACV des usages audiovisuels 58
Figure 8 - Représentation graphique du modèle environnemental théorique des réseaux (Source : RCP FAI) 84
Figure 9 – Diagramme de Sankey des usages vidéo (en milliard d'heure.équipement) 110
Figure 10 - Diagramme de Sankey des usages audio (en milliard d'heure.équipement) 111
Figure 11 : Diagramme de répartition par type et localisation des centres de données 113
Figure 12 - Décomposition des impacts du scénario de radio FM sur poste radio 119
Figure 13 – Décomposition des impacts du scénario de radio FM sur autoradio 121
Figure 14 - Décomposition des impacts du scénario de radio via internet sur smartphone 123
Figure 15 – Décomposition des impacts du scénario de streaming audio sur smartphone 124
Figure 16 – Décomposition des impacts du scénario de TV linéaire via TNT sur téléviseur 126
Figure 17 – Décomposition des impacts du scénario de TV linéaire via IPTV sur téléviseur connecté à un décodeur 127
Figure 18 – Décomposition des impacts du scénario de TVR via réseau fixe sur téléviseur connecté à un décodeur 129
Figure 19 - Décomposition des impacts du scénario de VàDA via réseau fixe sur smart TV 130
Figure 20 – Décomposition des impacts du scénario de PPV via réseau mobile sur smartphone 132
Figure 21 - Comparaison des scénarios sur l'indicateur changement climatique 134
Figure 22 - Comparaison des scénarios sur l'indicateur ressources minérales et métalliques 135
Figure 23 - Comparaison des scénarios sur l'indicateur de consommation d'énergie finale 137
Figure 24 – Comparaison des scénarios sur le tier réseau et sur l'indicateur changement climatique 138
Figure 25 - Comparaison de l'impact sur le changement climatique d'un usage d'une heure du réseau fixe ou mobile selon le débit 139
Figure 26 - Comparaison des scénarios sur le tier centre de données et sur l'indicateur µchangement climatique 140
Figure 27 - Comparaison des résultats sur le visionnage de TV en direct via TNT entre l'étude LoCaT et cette étude (scénario V1) – Focus sur la partie réseau uniquement 142
Figure 28 - Comparaison des résultats sur le visionnage de TV en direct via IPTV entre l'étude LoCaT et cette étude (scénario V2) – Focus sur la partie réseau uniquement 143

Figure 29 - Comparaison des résultats de l'étude Carbon Trust et de cette étude sur le visionnage de streaming vidéo (scénario V4) 144
Figure 30 – Comparaison des résultats de l'article de l'IEA et de cette étude sur la consommation électrique du streaming vidéo 145
Figure 31 - Comparaison de l'étude ACV des services culturels de l'ADEME avec cette étude - streaming audio 147
Figure 32 - Comparaison de l'étude ACV des services culturels de l'ADEME avec cette étude - streaming audio 148
Figure 33 - Comparaison des scénarios sur l'indicateur changement climatique, avec inclusion de la publicité supplémentaire 152
Figure 34 - Comparaison des scénarios sur le tier centre de données et sur l'indicateur changement climatique, avec inclusion de la publicité supplémentaire 153
Figure 35 - Comparaison des scénarios bas, de référence et haut pour la radio FM 155
Figure 36 - Comparaison des scénarios FM et DAB+ sur poste radio 157
Figure 37 - Comparaison des scénario bas, de référence et haut pour le réseau DAB+ 159
Figure 38 - Comparaison du scénario de radio via internet avec un smartphone neuf et reconditionné 160
Figure 39 - Comparaison du scénario de streaming audio avec un smartphone et une enceinte connectée 162
Figure 40 - Comparaison du scénario TV linéaire via TNT avec des télévisions OLED de 68 pouces et 53 pouces 164
Figure 41 – Comparaison scénario de TVR avec TV vs. avec un ordinateur 165
Figure 42 - Comparaison scénario de TVR avec réseau fixe (allocation « classique ») vs. scénario de TVR avec une nouvelle allocation sur le réseau fixe 166
Figure 43 - Comparaison scénario de VàDA avec une télévision versus avec un ordinateur relié à un vidéo projecteur 168
Figure 44 : Focus changement climatique – Scénario de VàDA avec smart TV versus avec un ordinateur relié à un vidéo projecteur 169
Figure 45 –Comparaison scénario de VàDA en HD vs. en UHD 170
Figure 46 - Décharge du smartphone pour la lecture d'une vidéo en ligne selon les codecs et définitions vidéo 171
Figure 47 – Poids d'une vidéo de 10 minutes selon les codecs et définitions vidéo 172
Figure 48 – Résultats d'impact du scénario sur PPV pour la SD en fonction des différents codecs 173
Figure 49 - Résultats d'impact du scénario sur PPV pour la HD en fonction des différents codecs 174
Figure 50 - Résultats d'impact du scénario sur PPV V5 pour la UHD24 en fonction des différents codecs 175
Figure 51 - Résultats d'impact du scénario sur PPV pour la UHD60 en fonction des différents codecs 176

Figure 52 - Impact sur le changement climatique du scénario V5 en fonction des différentes définitions et codecs 177

Figure 53 - Comparaison du scénario sur PPV avec une image fixe et 20 images fixes 179

Figure 54 - Décomposition des impacts environnementaux de l'audiovisuel par usage 181

Figure 55 - Décomposition de l'impact de l'audiovisuel par usage, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale 182

Figure 56 - Décomposition des impacts environnementaux de l'audiovisuel par tier technologique 183

Figure 57 – Décomposition du tier terminaux, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale 184

Figure 58 - Décomposition du tier réseaux, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale 185

Figure 59 - Décomposition des impacts environnementaux de l'audiovisuel par étape du cycle de vie 186

Figure 60 - Comparaison des résultats multi-indicateurs avec l'étude ADEME Arcep 2022..... 189

Figure 61 – Comparaison des résultats d'impact carbone avec l'étude ADEME-Arcep 2022 190

Figure 62 - Comparaison avec l'étude ADEME FAI 2024..... 191

Figure 63 - Part des usages audiovisuels dans la consommation de données sur les réseaux (Eo) 192

Figure 64 – Projection des DEI des usages vidéo pour les scénarios tendanciel et écoconception (Source : Analyse I Care d'après données Médiamétrie)..... 208

Figure 65 - Projection des DEI des usages audio pour les scénarios tendanciel et écoconception (Source : Analyse I Care d'après données Médiamétrie)..... 209

Figure 66 - Projection des DEI des usages vidéo pour le scénario sobriété (Source : Analyse I Care d'après données Médiamétrie)..... 210

Figure 67 - Projection des DEI des usages audio pour le scénario sobriété (Source : Analyse I Care d'après données Médiamétrie)..... 211

Figure 68 – Projection de la répartition des modes de réception de la TV linéaire à horizon 2030 (Source : Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers pour les données entre 2017 et 2023 révisées pour correspondre à un total de 100% -données Médiamétrie pour Arcom – puis projections faites par I Care à partir de 2024)..... 212

Figure 69 – Diagramme de Sankey du scénarios tendanciel 2030 des usages vidéo (en milliards d'heures.équipement)..... 214

Figure 70 - Diagramme de Sankey du scénario tendanciel 2030 des usages audio (en milliards d'heures.équipement)..... 214

Figure 71 - Répartition du mix de configuration de la TV classique à horizon 2030 218

Figure 72 - Répartition du mix de configuration de la TV connectée à horizon 2030 219

Figure 73 – Comparaison du nombre d'heures d'usages audiovisuels pour tous les scénarios .. 228

Figure 74 - Comparaison du nombre d'heures d'usages par terminal pour tous les scénarios... 229

Figure 75 - Comparaison du nombre d'heures d'usages par réseau pour tous les scénarios..... 230

Figure 76 - Comparaison de la consommation de données de l'audiovisuel pour tous les scénarios 231

Figure 77 - Décomposition des impacts environnementaux de l'audiovisuel par usage pour le scénario Tendanciel 2030 233

Figure 78 - Décomposition de l'impact de l'audiovisuel par usage pour le scénario Tendanciel 2030, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale 234

Figure 79 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur changement climatique, détaillé par usage 235

Figure 80 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur ressources minérales et métalliques, détaillé par usage 236

Figure 81 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur consommation d'énergie finale, détaillé par usage 236

Figure 82 - Décomposition des impacts environnementaux du scénarios Tendanciel 2030 selon les 3 tiers technologiques (terminaux, réseaux et centres de données) 239

Figure 83 - Décomposition de l'impact du tier terminaux pour le scénario Tendanciel 2030, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale 240

Figure 84 - Décomposition de l'impact du tier réseaux pour le scénario Tendanciel 2030, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale 241

Figure 85 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur changement climatique, détaillé par tier 242

Figure 86 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur ressource minérales et métalliques, détaillé par tier 243

Figure 87 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur consommation d'énergie finale, détaillé par tier 244

Figure 88 - Comparaison de l'impact du tier terminaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur changement climatique 246

Figure 89 - Comparaison de l'impact du tier terminaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur ressources minérales et métalliques 246

Figure 90 - Comparaison de l'impact du tier terminaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur consommation d'énergie finale 247

Figure 91 - Comparaison de l'impact du tier réseaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur changement climatique 249

Figure 92 - Comparaison de l'impact du tier réseaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur ressources minérales et métalliques 249

Figure 93 - Comparaison de l'impact du tier réseaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur consommation d'énergie finale 250

Figure 94 – Schéma de la chaîne de valeur de la diffusion par Internet 269

Figure 95 - Schéma de la chaîne de valeur de la diffusion TNT 270

Figure 96 – Schéma de la chaîne de valeur de la diffusion par IPTV géré 271

Figure 97 – Schéma de la chaîne de valeur de la diffusion par satellite 272
Figure 98 - Schéma de la chaîne de valeur de la diffusion FM 273
Figure 99 – Comparaison générale de tous les scénarios..... 335

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Liste des acteurs du secteur audiovisuel interrogés 43
Tableau 2 - Détail des équipements utilisés pour les mesures en laboratoire 53
Tableau 3 - Détail des réseaux utilisés pour les mesures en laboratoire 54
Tableau 4 - Unités fonctionnelles des scénarios 60
Tableau 5 - Description des indicateurs de l'étude 65
Tableau 6 - Description des indicateurs de l'étude mis en annexe 66
Tableau 7 - Facteurs de normalisation et de pondération 67
Tableau 8 - Données et répartition utilisées pour la fabrication et la fin de vie des smartphones 72
Tableau 9 - Données utilisée pour le transport 73
Tableau 10 - Données de consommation énergétique des smartphones 74
Tableau 11 - Données et répartition utilisées pour la fabrication et la fin de vie des ordinateurs portables 74
Tableau 12 - Données de consommation énergétique des ordinateurs portables 75
Tableau 13 - Données et répartition utilisées pour la fabrication et la fin de vie des smartphones 76
Tableau 14 - Données et répartition utilisées pour la fabrication et la fin de vie des TV classiques 77
Tableau 15 - Données et répartition utilisées pour la fabrication et la fin de vie des Smart TV 78
Tableau 16 - Inventaire du cycle de vie d'un décodeur TV 78
Tableau 17 - Inventaire du cycle de vie d'un transistor 79
Tableau 18 - Inventaire du cycle de vie d'un autoradio 80
Tableau 19 - Inventaire du cycle de vie d'une chaîne Hi-Fi 81
Tableau 20 - Inventaire du cycle de vie d'une enceinte connectée 82
Tableau 21 - Inventaire du cycle de vie d'un vidéo projecteur 83
Tableau 22 - Allocation par heure d'utilisation du réseau fixe 85
Tableau 23 – Données pour la consommation d'énergie du réseau fixe 85
Tableau 24 - Allocation par heure d'utilisation du réseau mobile 86
Tableau 25 – Données pour la consommation d'énergie du réseau mobile 86
Tableau 26 - Données pour la consommation d'énergie du réseau IPTV géré 88
Tableau 27 - Inventaire du cycle de vie de l'infrastructure du réseau TNT 88
Tableau 28 - Inventaire du cycle de vie de l'infrastructure du réseau FM 90
Tableau 29 – Données de modélisation des centres de données origine pour l'audio 93
Tableau 30 - Procédés pour la modélisation des centres de données origine pour l'audio 94
Tableau 31 – Données de modélisation des CDN pour l'audio 95
Tableau 32 - Procédés pour la modélisation des CDN pour l'audio 96

Tableau 33 – Données de modélisation des centres de données origine pour la vidéo 97
Tableau 34 – Données de modélisation pour le réseau de la publicité programmatique 98
Tableau 35 – Données de modélisation pour les serveurs de la publicité programmatique 98
Tableau 36 - Résultats des mesures en laboratoire et données associées de la littérature..... 100
Tableau 37 – Données équipements utilisées pour la modélisation des scénarios de l'étude 101
Tableau 38 - Données sur les réseaux et centres de données utilisées pour la modélisation des scénarios de l'étude..... 102
Tableau 39 - Liste des analyses de sensibilité 104
Tableau 40 - facteurs de conversion en durée d'utilisation des équipements 106
Tableau 41 – Répartition des équipements pour les usages audio..... 107
Tableau 42 - Volumes de ventes annuels des casques, écouteurs et enceintes audio portables 108
Tableau 43 - Estimation des volumes d'unités cumulés d'équipements annexes en France 109
Tableau 44 - Répartition du mode de réception de la TV linéaire par foyer pour l'ensemble des terminaux 109
Tableau 45 - Débits de données moyens selon les usages..... 112
Tableau 46 - Répartition entre différents types de centres de données origine et leur localisation..... 113
Tableau 47 - Note de qualité des données (DQR) pour les critères de qualité des données..... 115
Tableau 48 - Résultats de l'évaluation de la qualité des données pour l'étude 115
Tableau 49 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de radio FM sur poste radio..... 118
Tableau 50 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de radio FM sur autoradio 120
Tableau 51 - Résultats des impacts environnementaux par tiers du scénario de radio via internet sur smartphone 122
Tableau 52 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de streaming audio sur smartphone 124
Tableau 53 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de TV linéaire via TNT sur téléviseur..... 125
Tableau 54 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de TV linéaire via IPTV sur téléviseur connecté à un décodeur 127
Tableau 55 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de TVR via réseau fixe sur téléviseur connecté à un décodeur..... 128
Tableau 56 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de VàDA via réseau fixe sur smart TV..... 130
Tableau 57 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de PPV via réseau mobile sur smartphone 131
Tableau 58 - Comparaison des consommations d'énergie des réseaux par heure d'usage 138
Tableau 59 – Temps de publicité pris en compte pour les scénarios de l'étude par UF..... 149

Tableau 60 – Données pour la modélisation de la publicité programmatique par UF 151
Tableau 61 - Paramètres utilisés pour l'analyse de sensibilité du scénario de radio FM sur poste-radio 153
Tableau 62 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie de chaque tier du scénario de radio FM 'haut' 154
Tableau 63 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie de chaque tier du scénario de radio FM de référence 154
Tableau 64 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie de chaque tier du scénario de radio FM 'bas' 154
Tableau 65 - Résultats des impacts environnementaux du tier réseau du scénario de radio DAB+ sur un autoradio 156
Tableau 66 - Paramètres utilisés pour l'analyse de sensibilité du scénario de radio DAB+ sur autoradio 157
Tableau 67 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie du réseau DAB+ 'haut' 158
Tableau 68 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie du réseau DAB+ de référence 158
Tableau 69 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie du réseau DAB+ 'bas' 158
Tableau 70 - Impact du scénario de radio via internet avec un smartphone reconditionné 160
Tableau 71 - Impact du scénario de streaming audio avec une enceinte connectée reliée au réseau fixe 161
Tableau 72 - Impact du scénario TV linéaire via TNT avec une télévision OLED de taille 68 pouces 163
Tableau 73 - Impact du scénario TV linéaire via TNT avec une télévision OLED de taille 53 pouces 163
Tableau 74 - Résultats des impacts environnementaux pour le scénario de TVR avec un ordinateur 165
Tableau 75 - Résultats des impacts environnementaux pour le scénario de TVR avec une nouvelle allocation sur le réseau fixe 166
Tableau 76 - Impact du scénario de VàDA avec un ordinateur et un vidéo projecteur 167
Tableau 77 - Impact du scénario de VàDA en UHD 170
Tableau 78 – Impact du scénario sur PPV pour la SD 172
Tableau 79 - Impact du scénario sur PPV pour la HD 173
Tableau 80 - Impact du scénario sur PPV pour la UHD24 174
Tableau 81 - Impact du scénario sur PPV pour la UHD60 175
Tableau 82 - Impacts sur le changement climatique (en gCO2eq) du scénario de PPV en fonction des différentes définitions et codecs 176
Tableau 83 - Impact du scénario sur PPV avec une image fixe 178
Tableau 84 - Impact du scénario sur PPV avec vingt images fixes 178

Tableau 85 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France..... 180
Tableau 86 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France, décomposés entre les trois tiers 183
Tableau 87 - Résultats normalisés des impacts environnementaux des usages audiovisuels en France..... 187
Tableau 88 - Résultats normalisés et pondérés des impacts environnementaux des usages audiovisuels en France..... 188
Tableau 89 - Répartition des modes de réception de la TV linéaire par foyer pour les scénarios prospectifs 213
Tableau 90 – DDV et consommation électrique des terminaux pour les scénarios prospectifs à horizon 2030 215
Tableau 91 - Projections à horizon 2030 des taux d'équipement des foyers équipés TV 217
Tableau 92 - Données sur les types de véhicules associés aux autoradios en France 219
Tableau 93 - Estimation des volumes d'unités cumulés d'équipements annexes en France 220
Tableau 94 - Débits de données moyens selon les usages pour l'ensemble des scénarios 222
Tableau 95 – Comparaison des données de modélisation du réseau fixe entre 2022 et 2030.... 223
Tableau 96 - Comparaison des données de modélisation du réseau mobile entre 2022 et 2030..... 224
Tableau 97 – Données pour les centres de données à horizon 2030 225
Tableau 98 - Mix de production électrique français en 2030 226
Tableau 99 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2022 et à horizon 2030, selon les scénarios Tendanciel, Ecoconception, et Sobriété 232
Tableau 100 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur changement climatique, détaillé par tier..... 242
Tableau 101 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur ressource minérales et métalliques, détaillé par tier 242
Tableau 102 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur consommation d'énergie finale, détaillé par tier..... 243
Tableau 103 - Liste des acteurs du secteur audiovisuel interrogés..... 260
Tableau 104 – Description des principaux codecs vidéo 280
Tableau 105 - Inventaire des données sur les terminaux..... 308
Tableau 106 - Inventaire du cycle de vie d'un écouteur filaire 311
Tableau 107 - Inventaire du cycle de vie d'un écouteur sans fil..... 311
Tableau 108 - Inventaire du cycle de vie d'un casque audio 313
Tableau 109 - Inventaire du cycle de vie d'une enceinte audio portable..... 313
Tableau 110 - Niveau de qualité globale des données des jeux de données conformes à l'EF, en fonction de la note de qualité des données obtenue 315
Tableau 111 - Qualité des données utilisées - Attribution des valeurs aux critères DQR 315
Tableau 112 - Evaluation détaillée de la qualité des données 317

Tableau 113 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de radio FM sur transistor 326

Tableau 114 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de radio FM sur autoradio 327

Tableau 115 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de radio en direct via réseau fixe sur smartphone 328

Tableau 116 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de streaming audio via réseau mobile sur smartphone 329

Tableau 117 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de TV linéaire via TNT sur TV 330

Tableau 118 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de TV linéaire via IPTV géré sur TV connectée à un décodeur FAI 331

Tableau 119 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de TVR via réseau fixe sur TV connectée à un décodeur FAI 332

Tableau 120 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de VàDA via réseau fixe sur smart TV 333

Tableau 121 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de PPV via réseau mobile sur smartphone 334

Tableau 122 - Volumes d'heures annuel d'utilisation des équipements audiovisuels pour chaque usage (en milliards d'heures) 336

Tableau 123 - Volumes d'heures annuel d'utilisation des réseaux audiovisuels pour chaque usage (en milliards d'heures) 337

Tableau 124 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France 338

Tableau 125 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France, décomposés entre les trois tiers 340

Tableau 126 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France, décomposés par étapes de cycle de vie 340

Tableau 127 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2022 et à horizon 2030, selon les scénario tendanciel, écoconception, et sobriété 342

Tableau 128 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par usage, selon le scénario tendanciel 343

Tableau 129 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par usage, selon le scénario ecoconception 344

Tableau 130 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par usage, selon le scénario sobriété 345

Tableau 131 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par tier, selon le scénario tendanciel 346

Tableau 132 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par tier, selon le scénario ecoconception 346

Tableau 133 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par tier, selon le scénario sobriété 347

GLOSSAIRE

ACV : « Analyse de Cycle de Vie », méthode normalisée qui permet de mesurer les effets quantifiables de produits ou de services sur l'environnement.

ADN : « Application Delivery Network », réseau de serveurs de proximité permettant la livraison de contenus dynamiques.

AME 2023 : le scénario **«** Avec Mesures Existantes » 2023 est le dernier scénario prospectifs énergie-climat-air le plus à jour, élaboré par le Ministère de la Transition Ecologique.

Boîtier OTT : équipement permettant de visualiser des programmes audiovisuels en direct ou à la demande selon des méthodes d'accès de type OTT (à savoir l'accès sur l'internet ouvert). Ces boîtiers peuvent également permettre de « basculer » un flux vidéo lancé sur un appareil mobile vers un téléviseur.

Broadcast (réseaux) : Mode de transmission de programmes audiovisuels, tels que des émissions de télévision ou de radio, à un large public par le biais d'un ensemble de sites d'émission qui composent le réseau de diffusion. Sur les réseaux broadcast, le flux est envoyé simultanément à tous les terminaux récepteurs, tels que des postes radio ou de télévision, sans que l'expéditeur ait besoin de connaître les adresses des destinataires. Les réseaux dit broadcast sont : TNT, FM, DAB+.

CD : « Compact Disc » et **DVD : « Digital Versatile Disc »**, sont des disques optiques utilisés pour la sauvegarde et le stockage de données sous forme numérique.

CDN : « Content Delivery Network », réseau de serveurs de proximité permettant la livraison de contenus statiques.

Codec : Dispositif matériel ou logiciel qui applique un algorithme de compression ou de décompression à un flux de données numérique, afin de réduire sa taille, d'améliorer sa qualité ou de le rendre compatible avec différents appareils ou applications. Les codecs classiques pour la vidéo sont le MP4, l'AV1, l'H264, l'HEVC ou encore le VP9. Pour l'audio, les codecs usuels sont le MP3, le FLAC ou le AAC.

DAB+ : « Digital Audio Broadcasting », méthode de diffusion numérique de la radio.

DEEE : « Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques »

DEI : Moyenne du temps passé à l'écoute du média par l'ensemble des individus d'une cible donnée (y compris celle des non-téléspectateurs). Elle peut être calculée pour n'importe quel événement (une émission, une tranche horaire, l'ensemble d'une journée)

Durée d'usage : correspond au laps de temps pendant lequel le produit est utilisé, i.e. en état de marche et prêt à l'emploi, par un utilisateur donné.

Durée de vie : correspond au laps de temps entre la fin de fabrication du produit et son élimination, sa valorisation ou son recyclage.

DVB : « Digital Video Broadcasting », désigne un ensemble de normes internationales de télévision numérique édictées par le consortium européen DVB et utilisées dans une majorité de pays.

Ecriture scientifique : Les valeurs chiffrés très hautes ou très basses sont écrites selon l'écriture scientifique, comme suit : 1,23E-0.3 = 1,23 x 10^{-3} = 0,00123

E&M : « Entertainment and Media", en français « Divertissement et médias » est un secteur économique regroupant les différents médias d'information et de divertissement, hormis les technologies de l'information et de la communication, qui constituent un autre secteur.

FAI : « Fournisseur d'accès à internet », organisme ou entité qui va fournir une connexion Internet à ses clients par le biais de technologies spécifiques.

FM : « Frequence modulation », méthode de diffusion d'information par voie hertzienne, utilisée pour la radio.

FttH ou « réseaux fibrés » (Fiber to the Home) : Réseau de communications électroniques à très haut débit en fibre optique jusqu'à l'abonné, c'est-à-dire pour lequel la fibre optique se termine dans le logement ou le local de l'abonné.

GAFAM : est l'acronyme des géants du Web : Google, Apple, Facebook (désormais Meta), Amazon et Microsoft, qui sont les cinq grandes firmes américaines (fondées entre le dernier quart du XXe siècle et le début du XXIe siècle) qui ont une position importante sur le marché du numérique.

GPU : « Graphics Processing Unit », qui désigne l'unité de traitement graphique

HbbTV : « Hybrid Broadcast Broadband TV », norme de télévision connectée, faisant l'objet d'un large consensus européen, qui permet aux chaînes de gérer directement leurs données interactives, en la construisant à partir de données radiodiffusées et/ou échangées sur internet si le téléviseur y est relié. La fonctionnalité HbbTV permet notamment aux chaînes de télévision de publier en plus, et en accompagnement de leur diffusion hertzienne de programmes télévisés, un accès à des contenus OTT interactifs (guide de programme, télévision de rattrapage, etc.).

HD : « Haute définition », format d'image à forte résolution, permettant une image de meilleure qualité que la définition standard. Une vidéo est considérée HD si chaque image comporte au moins 720 lignes et 1280 colonnes de pixels, soit près d'un million de pixels.

HTTP (Hypertext Transfer Protocol) : Protocole de communication client-serveur développé pour le *World Wide Web.*

IPTV : « Internet Protocol Television », la télévision par Internet ou IPTV désigne la possibilité d'accéder aux services de télévision usuels par un protocole Internet (IP) plutôt que par câble ou par satellite. Cette pratique a tendance à augmenter la diversité des services auquel un utilisateur peut accéder depuis son poste de télévision. Ce terme peut également être utilisé pour faire référence au visionnage de flux TV par Internet sur un autre terminal que le téléviseur (ordinateur, téléphone, tablette). L'IPTV peut être géré par des fournisseurs d'accès à internet (elle est alors dite « IPTV géré »), ou passer par des réseaux publics.

ITU 1450 : recommandation de l'Union internationale des télécommunications (UIT) qui spécifie les méthodes d'évaluation de l'impact environnemental du secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC).

ITU 1410 : recommandation de l'Union internationale des télécommunications (UIT) qui spécifie la méthodologie pour l'évaluation de l'impact environnemental des biens, réseaux et services des technologies de l'information et de la communication (TIC) en utilisant l'analyse du cycle de vie (ACV)

LCD : « Liquid Crystal Display », type d'écran plat qui utilise des cristaux liquides pour moduler la lumière.

OLED : « Organic Light-Emitting Diode », type d'écran plat qui utilise des diodes organiques pour émettre de la lumière. Les écrans OLED sont plus brillants, plus contrastés, plus fins et plus flexibles que les écrans LCD, mais ont une durée de vie plus courte.

OTT : « Over the top », mode de distribution de contenus sur internet sans l'intermédiaire des fournisseurs d'accès à internet au-delà de l'acheminement des données. La diffusion OTT se définit par opposition aux réseaux classiques de diffusion de services de télévision (réseaux gérés par des

fournisseurs d'accès à internet, réseau hertzien, câble, etc.). Exemple : Apple TV, Molotov, Chromecast, etc.

RAM : « Random Access Memory », est une banque de mémoire temporaire où un équipement électronique peut stocker les données qu'il doit retrouver rapidement.

Service Numérique : Un service numérique est une association :

- d'équipements permettant de stocker, manipuler, afficher des octets (serveurs, terminaux utilisateurs, box ADSL, etc.) ;
- d'infrastructures qui hébergent et relient les équipements (réseaux opérateurs et centres de données notamment) ;
- de plusieurs logiciels empilés les uns sur les autres, qui s'exécutent au-dessus des équipements ;
- d'autres services numériques tiers éventuels.

Il répond à un besoin spécifique, à une ou plusieurs fonctionnalités et des utilisateurs.

SMAD : « Service de Médias Audiovisuels à la Demande » : Service, également appelé service de médias audiovisuels non linéaire, proposé par un éditeur. Il permet à l'utilisateur de visionner quand il le souhaite un programme sélectionné dans un catalogue, sur le support de son choix (poste de télévision, ordinateur, tablette…), de manière gratuite ou payante.

Smart TV : téléviseur permettant une connexion à internet intégrée ne nécessitant pas de se raccorder au décodeur du FAI

SNBC2 : Stratégie Nationale Bas-Carbone révisée. Introduite par la Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV), La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique.

TDF : « Télédiffusion de France », opérateur d'infrastructures et de réseaux numériques.

TIC - Technologies de l'Information et de la Communication : ensemble d'outils et de ressources technologiques définies par l'ITU-T L.1450 permettant de transmettre, enregistrer, créer, partager ou échanger des informations, notamment les ordinateurs (portable ou de bureau, les terminaux, etc.), l'internet (sites Web, logiciels, blogs et messagerie électronique), les technologies (centres de données, serveurs, etc.) et appareils de diffusion en direct (radio, télévision et diffusion sur l'internet) et en différé (podcast, lecteurs audio et vidéo et supports d'enregistrement) et la téléphonie (fixe ou mobile, satellite, visioconférence, etc.).

TNT : « Télévision numérique terrestre », technologie de diffusion qui permet de recevoir la télévision numérique par une antenne râteau. Lancée en 2005, elle a remplacé la diffusion analogique à partir de 2011.

TV : « Télévision »

Télévision classique : téléviseur sans connexion internet, occupant le rôle de simple écran.

Télévision connectée : téléviseur possédant une connexion à internet intégrée (on parle alors de « Smart TV ») ou disposant d'un accès internet indirect : via un décodeur FAI, une console de jeux vidéo, un boîtier tiers et/ou un ordinateur, auquel serait relié le terminal.

TVR : « télévision de rattrapage » : Service mettant à disposition des programmes pendant une durée limitée après leur diffusion sur une antenne de télévision (également appelés *« catch-up »* ou *« replay »*).

UHF : « bande ultra haute fréquences », est la bande du spectre radioélectrique comprise entre 300 MHz et 3 000 MHz.

USB : « Universal Serial Bus », est une norme de bus informatique en série qui sert à connecter des périphériques informatiques à tout type d'appareil prévu à cet effet (ordinateur, tablette, smartphone, etc.)

VàD : « vidéo à la demande », regroupe l'ensemble des services de vidéo à la demande : VàDA, VàD payante à l'acte et VàD gratuite

VàDA : « vidéo à la demande par abonnement », service proposant un catalogue de contenus audiovisuels dont l'accès est conditionné à la souscription d'un abonnement (également appelés « SVOD » pour « *subscription video on demand* ») [3].

VàD payante à l'acte : service permettant d'accéder à des contenus audiovisuels à l'unité contre paiement (également appelés « *VOD* » ou « *TVOD* » pour « *transactional video on demand* »)[3].

VàD gratuite : service proposant des contenus audiovisuels accessibles sans paiement par l'utilisateur (également appelés « *AVOD* » pour « *advertisement-based video on demand* » ou encore « *FVOD* » pour « *free video on demand* » [3].

kWh : « kilowattheure » ou **Wh : « wattheure »,** est une unité de mesure de l'énergie. Dans cette étude, elle est souvent utilisée pour désigner la consommation d'électricité des usages audiovisuels. 1 kWh représente 1000 Wh.

W : « watt », est une unité de mesure de la puissance. Dans cette étude, est souvent utilisée pour désigner la puissance électrique des équipements, et indirectement leur consommation d'électricité. En effet, un équipement de puissance 1 W consomme en 1 heure une quantité d'énergie de 1 Wh.

xDSL (Digital Subscriber Line) : Technologie de transmission numérique asymétrique sur les fils de cuivre du réseau téléphonique, utilisée pour les réseaux privés ou les accès à Internet. C'est également, en France, un mode de distribution payante de la télévision. Les normes ADSL2+ et VDSL2 sont les normes xDSL les plus utilisées en France pour les accès grand public.

Définition du numérique

Lors d'études englobant toute la chaîne de valeur du numérique, cette dernière est souvent découpée selon trois briques, appelées « tiers » dans le vocabulaire technique, présentés ci-dessous pour l'audiovisuel.

L'impact environnemental de chacun de ces tiers est ensuite différencié selon plusieurs étapes du cycle de vie, détaillées ci-dessous.

Tier 1 : Terminaux utilisateurs. Ce tier regroupe l'ensemble des terminaux (aussi appelés équipements) utilisés par les utilisateurs pour accéder à un contenu audiovisuel. On y compte entre autres, les smartphones, ordinateurs, téléviseurs, postes radio, autoradio, écouteurs, enceintes etc.

Fabrication : L'étape de fabrication inclut ici l'extraction des matières premières, leur transport jusqu'aux sites de fabrication, la fabrication, le packaging, et le transport jusqu'à l'utilisateur final des terminaux explicités ci-dessus.

Utilisation : Cette étape comprend tous les impacts ayant lieu lors de l'utilisation des terminaux. Pour ce tier, il s'agit principalement de la consommation d'énergie, mais également des potentielles opérations de maintenance et de réparation.

[3] Article 10 du décret n°2021-793 du 22 juin 2021 relatif aux services de médias audiovisuels à la demande

Fin de vie : Cette étape prend en compte les impacts de la fin de vie des terminaux, leur collecte, traitement, recyclage ou non, jusqu'à atteindre le statut de déchet.

Tier 2 : Réseaux. Ce tier regroupe l'ensemble des réseaux et infrastructures de télécommunications, via internet, satellite ou électromagnétiques, ainsi que tous les équipements permettant leur émission et leur réception. Il comprend notamment les tours de télécommunications, les émetteurs, les câbles de fibre optiques et d'ADSL, les point d'échanges, les câbles sous-marins, les routeurs FAI etc.

Fabrication : L'étape de fabrication inclut ici l'extraction des matières premières, leur transport jusqu'aux sites de fabrication, la fabrication, le packaging, et le transport jusqu'à l'utilisateur final des équipements et infrastructures réseaux explicités ci-dessus.

Utilisation : Cette étape comprend tous les impacts ayant lieu lors de l'utilisation des équipements et infrastructures réseaux. Pour ce tier, il s'agit principalement de la consommation d'énergie, mais également des potentielles opérations de maintenance et de réparation ou le renouvellement des équipements.

Fin de vie : Cette étape prend en compte les impacts de la fin de vie des équipements et infrastructures réseaux explicités ci-dessus, leur démolition, collecte, traitement, recyclage ou non, jusqu'à atteindre le statut de déchet.

Tier 3 : Centres de données. Ce tier regroupe l'ensemble des équipements et infrastructures utilisés pour la gestion des données et les opérations de calculs. Il comprend notamment les serveurs de stockage, de calcul, les centre de données de diffusion de proximité, ainsi que les bâtiments et infrastructures associés.

Fabrication : L'étape de fabrication inclut ici l'extraction des matières premières, leur transport jusqu'aux sites de fabrication, la fabrication, le packaging, et le transport jusqu'au gestionnaire de centre de données des équipements et bâtiments explicités ci-dessus.

Utilisation : Cette étape comprend tous les impacts ayant lieu lors de l'utilisation des équipements et infrastructures. Pour ce tier, il s'agit de la consommation d'énergie et d'eau mais également des potentielles opérations de maintenance et de réparation ou le renouvellement des équipements.

Fin de vie : Cette étape prend en compte les impacts de la fin de vie des équipements et infrastructures explicités ci-dessus, leur démolition, collecte, traitement, recyclage ou non, jusqu'à atteindre le statut de déchet.

1

Contexte et objectifs de l'étude

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

1.1 Contexte

Les enjeux environnementaux liés au développement des usages audiovisuels sont de plus en plus prégnants et participent de l'empreinte environnementale du numérique.

Les travaux menés à l'échelle nationale ou internationale débouchent sur les mêmes constats : une empreinte environnementale du numérique en constante progression, conséquence d'une multiplication des usages et de leur intensité, et d'une croissance continue des investissements dans ces technologies. En 2020, selon une étude menée par l'ADEME et l'Arcep, le numérique représentait 2,5% de l'empreinte carbone de la France, soit 17 millions de tonnes équivalent CO_2 ($MtCO_2eq$), provenant principalement de la fabrication des terminaux (78 % de l'empreinte)[4]. Le reste de l'empreinte carbone du numérique provient des réseaux et centres de données, représentant respectivement 5,5% et 15,9% du total. Au rythme actuel de croissance du parc et de renouvellement des terminaux, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du numérique pourrait doubler et représenter jusqu'à 25 $MtCO_2eq$ en 2030 au niveau national.

Parmi les usages numériques sollicitant les réseaux et centres de données, la consommation vidéo représente un rôle majeur. En 2022, le trafic internet mondial transitant sur les réseaux de communications électroniques était composé pour plus de 65 % de trafic vidéo selon Sandvine[5]. L'omniprésence de la vidéo dans la plupart des contenus numériques tels que les réseaux sociaux, les messageries et jeux en ligne, mais également la croissance des offres de vidéos linéaires ou à la demande par internet, peut expliquer cette part conséquente dans le trafic global. Elle trouve aussi pour origine l'augmentation générale des niveaux de définition des vidéos en ligne.

Afin de faire face aux enjeux environnementaux liés au numérique, le gouvernement a proposé plusieurs mesures dans sa feuille de route « Numérique et environnement » [6] publiée en février 2021. Ces dernières reprennent des recommandations de plusieurs rapports d'acteurs de la sphère publique tels que le Conseil général de l'économie (CGE), le Haut Conseil pour le Climat (HCC), le Conseil National du Numérique (CNNum), le Sénat, l'Arcep, ou encore la Convention Citoyenne pour le Climat (CCC). Ces rapports s'appuient principalement sur trois sources de données : les études du think tank « The Shift Project », les publications du collectif GreenIT.fr, et celles du cabinet Citizing produites pour le compte du Sénat et du Haut Conseil pour le Climat.

La feuille de route « Numérique et environnement » du Gouvernement repose sur trois piliers :

- axe 1 - Connaître pour agir : développer la connaissance de l'empreinte environnementale numérique ;
- axe 2 - Soutenir un numérique plus sobre : réduire l'empreinte environnementale du numérique liée à la fabrication des équipements et au développement des usages ;
- axe 3 - Innover : faire du numérique un levier de la transition écologique.

Dans la logique de l'axe 1 « Connaître pour agir » de cette feuille de route, le pôle numérique commun qui regroupe l'Arcom et l'Arcep a pour projet de mener des études communes sur les enjeux numériques. La question de l'empreinte environnementale des usages audiovisuels en fait naturellement partie.

Par ailleurs, plusieurs textes de loi intègrent des mesures relatives au numérique, à l'environnement, et plus particulièrement à l'impact des contenus audiovisuels.

[4] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022:
[5] Sandvine, The Global Internet Phenomena Report, janvier 2023
[6] https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/2021/DP_Numerique_Environnement.pdf

En particulier, **la loi du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, dite « Climat et résilience »**[7] prévoit, à l'article 15, que l'Arcep et l'Arcom « publient tous les deux ans un rapport mesurant l'impact environnemental des différents modes de diffusion des services de médias audiovisuels. Ce rapport a vocation à renforcer l'information des consommateurs sur la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation de contenus audiovisuels, à la fabrication des terminaux et périphériques de connexion ainsi qu'à l'exploitation des équipements de réseaux et des centres de données nécessaires à cette consommation ».

Ce rapport vient ainsi compléter les différentes actions déjà mises en œuvre par l'Arcom, l'Arcep et l'ADEME dans le cadre de **la loi du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France, dite « Loi Chaize » ou « REEN »**[8] **:**

- **Article 25 :** la publication le 17 mai 2024 du référentiel général de l'écoconception des services numériques (RGESN) élaborée par l'Arcep et l'Arcom, en collaboration avec l'ADEME, la DINUM, la CNIL et l'INRIA. Ce référentiel s'adresse aux professionnels impliqués dans la conception d'un service numérique et vise à établir un socle commun de bonnes pratiques pour la conception de services soutenables ;
- **Article 26 :** la publication le 13 septembre 2023 d'une recommandation à destination des services de télévision, des services de média audiovisuel à la demande (SMAD), et des plateformes de partage de vidéos quant à l'information de leurs utilisateurs sur l'impact environnemental de la consommation de données liées à l'usage de leurs services.

1.2 Objectifs

Dans ce contexte, l'Arcom et l'Arcep, en collaboration avec l'ADEME, ont lancé conjointement cette étude visant à disposer d'une vision précise de l'impact environnemental des principaux usages audiovisuels, aussi bien vidéo qu'audio, selon les réseaux (haut et très haut débits fixes, mobiles, hertzien terrestre, et satellitaire), les centres de données et les terminaux et périphériques utilisés.

Il est nécessaire que cette évaluation environnementale soit à la fois :

- **multicritère**, car les impacts environnementaux des usages audiovisuels ne se réduisent pas aux seules émissions de gaz à effet de serre ;
- **multi-étape**, afin d'intégrer les impacts générés lors de toutes les étapes du cycle de vie des équipements et sur les trois tiers pris en compte pour l'impact de l'audiovisuel (terminaux, réseaux, centres de données), repris ici pour les usages audiovisuels ;
- **multi-composant**, afin d'appréhender ces systèmes complexes qui regroupent des terminaux utilisateurs, centres de données et réseaux de télécommunications, tous composés d'une multitude d'équipements ayant chacun des cycles de vie propre. Par rapport à cela, la partie logicielle qui permet le pilotage et le fonctionnement des services détermine le besoin d'équipements ainsi que les consommations électriques associées. Elle est donc considérée de manière implicite, à travers ses impacts sur le cycle de vie des équipements.

Ceci témoigne de l'intérêt et la pertinence de la méthode standardisée que constitue l'analyse du cycle de vie (ACV), qui répond aux trois critères précédents. L'ACV présente cependant des limites,

[7] https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924
[8] https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044327272

telles que la complexité des données à collecter et à traiter, les incertitudes et les hypothèses à considérer, et la nécessité de communiquer les résultats de manière transparente et rigoureuse.

Dans le cadre de cette étude, **une ACV attributionnelle a été réalisée**, c'est-à-dire que **les impacts environnementaux ont été attribués aux processus directement impliqués dans le cycle de vie du produit**, sans tenir compte des conséquences induites par les changements de comportement ou de marché. **Cette approche permet de réaliser un bilan environnemental à un instant donné**, mais elle ne permet pas de prédire les effets d'une modification du système sur l'ensemble du secteur. Pour cela, il serait nécessaire de réaliser une ACV conséquentielle, qui prend en compte les réactions en chaîne et les effets rebond liés à un changement.

Cette étude poursuit quatre objectifs :

1) Dresser un état des lieux des technologies mobilisées dans la consommation de contenus audiovisuels (infrastructures réseaux, terminaux, serveurs et centres de données) et des comportements et tendances de consommation à partir d'une revue des données existantes et d'un cycle d'auditions des acteurs concernés.
2) Evaluer l'impact environnemental multicritère, selon la méthode ACV, de différents scénarios d'usage vidéo et audio, en France en 2022, selon les supports et les réseaux utilisés.
3) Evaluer l'impact environnemental de la consommation totale de services vidéo et audio en France en 2022.
4) Disposer d'une vision prospective à moyen terme, en France à horizon 2030, de l'évolution des technologies, des usages et donc de l'impact environnemental de la diffusion et consommation de contenus audiovisuels.

Les résultats obtenus permettront d'enrichir la connaissance des régulateurs, des professionnels du secteur et du grand public, et d'aider à orienter les choix de la puissance publique dans ses actions pour réduire l’impact environnemental du secteur audiovisuel.

2

Introduction

2 INTRODUCTION

2.1 Définition des usages audiovisuels

Les usages audiovisuels sont définis dans cette étude comme les différents modes de consommation de contenus audio ou vidéo par des particuliers. Ces usages font appel à des technologies et des services appartenant au secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC), ainsi qu'au secteur des médias et divertissement (E&M).

2.2 Périmètre de l'étude

2.2.1 Les usages audiovisuels

Cette étude a pour objectif de quantifier l'impact environnemental des principaux usages audiovisuels, aussi bien vidéo qu'audio. Sont donc inclus les usages radio en direct et en différé, le streaming audio (musique, podcast, ...), la TV linéaire et en différé, les services de médias audio visuels à la demande, ainsi que les plateformes de partage de vidéo. Sont donc exclus du périmètre les usages numériques non associés à de la vidéo ou de l'audio, tels que les pages web, les applications et outils de messagerie, les autres usages des réseaux sociaux, etc. Les usages audio et vidéo sur réseaux sociaux sont également exclus en raison de la difficulté à les séparer des autres usages sur réseaux sociaux.

De plus, ce rapport se concentre uniquement sur la consommation vidéo et audio nécessitant une connexion à un réseau (haut et très haut débits fixes, mobiles, satellite, hertzien, câble), les usages audiovisuels hors connexion via des supports matériels indépendants des réseaux (CD, DVD, jeux vidéo, clés USB, etc.) ne sont donc pas pris en compte. Sont également exclus du périmètre les usages de télécommunication audio et vidéo entre consommateurs, tels que les échanges téléphoniques et la visioconférence.

Enfin, la publicité ne rentre pas en tant qu'usage dans le périmètre de cette étude, mais est incluse dans l'évaluation environnementale des usages audiovisuels lorsqu'elle est incorporée au service. A titre d'exemple, la publicité radio sera bien prise en compte, c'est-à-dire les spots publicitaires qui s'intercalent au milieu du contenu audio écouté par l'utilisateur. En revanche la publicité vidéo sur écrans DOOH (« Digital Out Of Home », c'est-à-dire la publicité sur des écrans d'affichage dans le lieux publics) est exclue du périmètre. Dans le cadre de l'ACV des scénarios d'usages audiovisuels, la publicité incorporée au service n'est pas prise en compte par défaut dans les résultats mais en analyse de sensibilité (cela est explicité *partie 6.9.3.4 Intégration de la publicité programmatique*).

La figure suivante illustre le périmètre retenu pour cette étude, mais ne rend pas compte de la représentativité des usages, discutée dans la partie suivante.

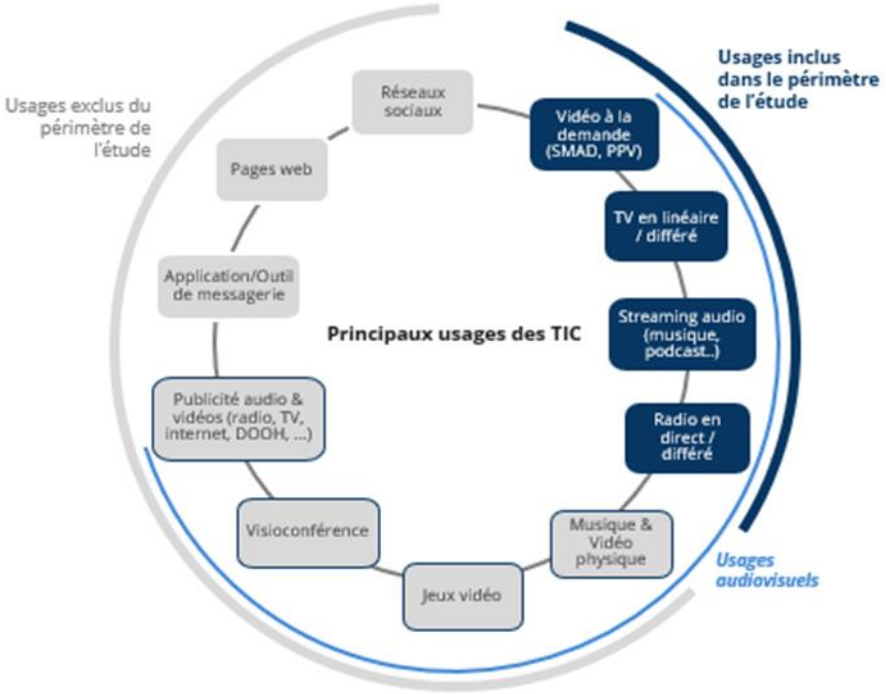


Figure 1 - Illustration du périmètre de l'étude

2.2.2 Périmètre technologique

L'étude couvre l'ensemble des éléments mobilisés dans les usages audiovisuels retenus dans le périmètre, en s'inspirant de la norme ITU-T L.1450 définissant une méthodologie pour la quantification de l'impact environnemental du secteur de l'information et de la communication (TIC), bien que certains éléments appartiennent au secteur du divertissement et des médias (E&M).

Les technologies peuvent être regroupées parmi les catégories suivantes :

- Les terminaux fixes et mobiles présents en France tels que les téléviseurs, ordinateurs, smartphones, postes radio, autoradios, objets connectés (enceintes à commande vocale, etc.) ;
- Les réseaux déployés, tels que les réseaux internet fixes et mobiles, les réseaux radio (FM et DAB+) et TV (TNT, IPTV géré et satellite) ;
- Les centres informatiques tels que définis par les normes ISO 30134 et EN 50 600 et ce qu'ils contiennent, en France et hors de France (notamment les équipements informatiques tels que les serveurs, les équipements réseaux et baies de stockage).

Pour chacun de ces éléments, l'ensemble des étapes du cycle de vie (production, distribution, utilisation et fin de vie) sont incluses dans l'évaluation environnementale.

Ce périmètre technologique est conforme avec l'objectif de cette étude (cf. partie 1) de mesurer l'impact environnemental des usages audiovisuels en tenant compte de la fabrication et de l'utilisation des terminaux ainsi que de l'exploitation des réseaux et des centres de données nécessaires à ces usages. Les activités liées à la production des contenus audiovisuels (tournage, production, etc.) ainsi que la partie logicielle[9] ne sont donc pas couvertes par cette étude. Cette

[9] Impacts liés aux ressources humaines tels que le transport, le chauffage ou la nourriture, mais aussi l'influence du code sur la consommation de ressources matérielles et énergétiques

partie, pour la musique uniquement, est notamment couverte dans une étude publiée par le CNM[10].

Le périmètre de cette étude diffère du périmètre du secteur de l'information et de la communication (TIC) tel que décrit dans l'UIT- L. 1450. Les deux périmètres sont comparés dans le tableau suivant. Cette grille d'analyse est tirée du rapport du Comité d'experts technique sur la mesure de l'impact environnemental du numérique, publié en avril 2023, concernant l'analyse des écarts méthodologiques dans l'évaluation de l'impact environnemental des TIC.

Principales hypothèses	Etude sur l'audiovisuel	UIT-L. 1540
Périmètre géographique	National (France)	Pays, groupe de pays ou mondial
Stade d'usage inclus	Oui	Oui
Y compris embarquées	Oui	Oui
Embarquées selon une analyse du cycle de vie	Partiellement (Terminaux utilisateurs, réseaux et centre de données)	Oui
Fin de vie incluse	Oui, fondée sur des scénarios	Oui
Vérification	Revue critique par un tiers, selon les exigences ISO 14044	Vérification soit par un tiers, selon les exigences ISO 14064-3 ou par un processus d'évaluation par des pairs
Sensibilité	Oui	Oui
Incertitude	Sources identifiées	Oui
La production de contenus	Non	Non
TERMINAL UTILISATEUR		
Smartphones	Oui	Oui
Téléphones portables	Non	Oui
Téléphones fixes	Non	Oui
Tablettes	Oui	Oui
Ordinateurs portables/de poche	Oui	Oui
Ordinateur de bureau	Non	Oui
Écrans	Non	Oui
Périphériques	Oui	Oui
Enceintes connectées	Oui	Oui
Montres connectées / fitness	Non	Oui
Téléviseurs et smart TV	Oui	Non
Vidéo projecteurs	Oui	Non
Postes Radio	Oui	Non
Autoradios	Oui	Non
Casques / oreillettes	Oui	Non
Enceintes non connectée	Oui	Non
Radio réveils / stations d'accueil	Oui, proxy	Non
RÉSEAUX		

[10] CNM septembre 2024, projet REC « réduisons notre empreinte carbone ! ».

Équipement de l'abonné (routeurs, modems)	Oui	Oui
Réseaux entreprise	Non	Oui
Équipement de l'abonné à puissance plus faible, plus bas débit pour l'IoT	Non	Oui
Réseaux mobiles	Oui	Oui
Réseaux d'accès fixes (correspondant à la majeure partie du réseau IPTV géré)	Oui	Oui
Activités d'opérateur de réseaux (bureaux, déplacement, maintenance des équipements, etc.)	Oui	Oui
Satellite de télécommunication	Non	Oui
Réseau de diffusion TV et de la radio		
Réseau FM	Oui	Non
Réseau DAB	Oui	Non
Réseau TNT	Oui	Non
Transmission IPTV géré (équipement pour le passage du multicast à l'unicast)	Oui	Non
Réseau satellite	Oui, proxy	Non
CENTRE DE DONNÉES (CD)		
Serveurs et commutateurs	Oui	Oui
Bâtiment	Oui, bâtiment dédié	Non spécifié
Refroidissement	Oui	Oui
Activités d'opérateur de centre de données (bureaux, déplacement, maintenance des équipements, etc.)	Oui	Oui
Alimentation de secours	Oui	Oui
Autres technologies numériques ou tendances		
IA/ML	Non	Oui
Internet des objets	Non	Oui, champ restreint

Note : Il convient également de noter qu'au-delà du périmètre technologique (quelles technologies sont incluses ou non), le périmètre de cette étude (en particulier de l'évaluation à l'échelle France) se restreint à l'utilisation des technologies pour les usages considérés (cf. partie *5.6 Définition des usages à l'échelle France*). A titre d'exemple, seules les heures d'utilisation des smartphones pour des usages qui sont inclus dans cette étude sont comptabilisés. La phase de fabrication et de fin de vie des technologies sont alloués dans une certaine proportion aux usages audiovisuels (selon différentes méthodologies, explicités dans le rapport, cf. partie *6. DONNEES UTILISEES DANS LE MODELE ACV*).

2.2.3 Périmètre géographique et temporel

Cette étude concerne les usages audiovisuels en France hexagonale en 2022.

Ce périmètre géographique concerne les consommations finales de contenus audiovisuels. Cependant, dans une approche cycle de vie, sont aussi pris en considération l'ensemble des impacts environnementaux au-delà des frontières tels que la fabrication des terminaux à l'étranger, ou l'utilisation de centres de données en dehors du territoire, associés à des consommations finales en France.

Concernant le périmètre temporel, les données utilisées dans cette étude sont représentatives, autant que faire se peut, de l'année 2022. Lorsque les données de 2022 n'étaient pas disponibles, les données les plus récentes ont été utilisées (le plus souvent datant de 2023).

3

État des lieux de l’audiovisuel en France

3 ÉTAT DES LIEUX DE L'AUDIOVISUEL EN FRANCE

3.1 Objectif de l'état des lieux

Afin de quantifier l'impact environnemental des usages de l'audiovisuel en France, il est nécessaire d'avoir une vision exhaustive des différents usages de services audio et vidéo, ainsi que des technologies mises en œuvre pour ces usages.

Pour ce faire, deux états des lieux ont été réalisés recensant :

- L'ensemble des technologies et équipements supportant les services audiovisuels. Cet état des lieux couvre les équipements et technologies des trois tiers : terminaux utilisateurs, réseaux, ainsi que centres de données.
- L'ensemble des usages supportant les services audiovisuels. Celui-ci couvre dans un premier temps les usages liés aux contenus audio, puis les usages liés aux contenus vidéo. Cependant, le périmètre choisi pour cette étude a conduit à l'exclusion de certains usages pouvant être assimilés à des services audiovisuels. Les usages exclus du périmètre de l'étude sont (cf. partie *2.2 Périmètre de l'étude*) :
    - La consommation de musique et de vidéo à partir de supports de contenus dits "physiques" (CD, DVD, supports USB, vinyles, etc.) par opposition avec les contenus transmis via un réseau ;
    - Le divertissement par jeux vidéo ;
    - La visioconférence ;
    - Les contenus audio et vidéos sur réseaux sociaux ;
    - La publicité audio et vidéo intégrée sur les sites internet, applications mobiles et sur les écrans publicitaires (DOOH).

Ces travaux serviront de base à l'élaboration de l'axe 2 de l'étude, relative à l'évaluation environnementale des usages audiovisuels en France à partir d'unités fonctionnelles prédéfinies, fondée sur la méthodologie de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV).

3.2 Objectifs des auditions et liste des acteurs interrogés

Le cycle d'auditions des acteurs a pour objectif de dresser un état des lieux des usages et technologies des services audiovisuels en France, du point de vue de plusieurs acteurs sur la chaîne de valeur, ainsi qu'un état des lieux des enjeux et de la transition environnementale de ces acteurs.

Ces auditions ont également permis de valider la compréhension de certains éléments techniques et de collecter des données supplémentaires pour alimenter le modèle ACV de cette étude.

Les acteurs interrogés sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 1 - Liste des acteurs du secteur audiovisuel interrogés

Entreprise	Rôle au sein des services audiovisuels
Radio France	Service public de radio. Regroupe 5 stations radios nationales, et de nombreuses radios locales.
TDF	Opérateur d'infrastructures et de réseaux numériques. TDF opère notamment une partie des réseaux FM, DAB+ et TNT
Deezer	Plateforme de *streaming* audio
Orange	Fournisseur d'accès à internet
Akamaï	Fournisseur de services CDN, en particulier pour le *streaming*

Google	Détient notamment la plateforme de partage de vidéos YouTube
Amazon	Détient notamment la plateforme de *streaming* vidéo Prime Video

3.3 État des lieux des différentes technologies de diffusion et consommation audiovisuelle en France

3.3.1 Les terminaux de consommation audiovisuelle

La consommation de contenus audiovisuels peut se faire via une grande diversité de terminaux. Certains sont spécifiques à l'audiovisuel ou à des usages particuliers, d'autres sont polyvalents et multiplient les usages possibles. Les principaux terminaux des services audiovisuels en France sont identifiés ci-dessous :

- les téléviseurs ;
- les postes radio (dont transistors, autoradios, chaines hi-fi, radios-réveils, stations d'accueil) ;
- les ordinateurs ;
- les téléphones mobiles (dont smartphones) ;
- les tablettes ;
- les vidéoprojecteurs ;

D'autres équipements sont également identifiés :

- les enceintes connectées (ou à commande vocale) ;
- les casques de réalité virtuelle ;
- les consoles de jeux ;
- les équipements périphériques : casques audio, écouteurs, enceintes.

Une description détaillée des terminaux est fournie en *ANNEXE B – Description des éléments de l'état des lieux des différentes technologies de diffusion et consommation audiovisuelle en France.*

3.3.2 Les réseaux de diffusion de contenus audiovisuels

Les réseaux sont des dispositifs (équipements, infrastructures) représentant un ensemble de nœuds unis par des liens, qui permettent de transmettre des flux d'information d'un point à un autre. Les plus utilisés de nos jours sont les réseaux internet (les réseaux fixes et mobiles), qui permettent un accès à la plupart des usages audiovisuels, notamment avec l'apport de la télévision à la demande, des vidéos en ligne, ainsi que l'écoute de radio ou musique en instantané.

Avec le progrès technologique, on observe une importante diversité des modes de diffusion, notamment au sein des services audiovisuels, qui n'utilisent pas tous les mêmes réseaux.

Pour la télévision, trois modes de diffusion coexistent en France :

- Le réseau TNT
- Le réseau IPTV
- Le réseau satellite

Le développement de la télévision numérique terrestre (TNT) a marqué l'arrêt de la télévision analogique terrestre en 2011.

Pour la radio, deux réseaux de diffusion de la radio coexistent en France :

- Le réseau FM

- Le réseau DAB+

Le réseau radio AM (aussi appelé grandes ondes) a définitivement été arrêté en 2022.

Une description détaillée de chaque réseau est donnée en *ANNEXE B – Description des éléments de l'état des lieux des différentes technologies de diffusion et consommation audiovisuelle en France.*

Il est important de noter que la diffusion des contenus audiovisuels est régie par un ensemble de normes pouvant définir un format conteneur (appelé « fichier ») ou un format de compression. Parmi les normes les plus utilisées dans le secteur audiovisuel pour la compression et la gestion intégrée des contenus multimédia on trouve les normes MPEG (« *Motion Picture Experts Group* »).

Les normes définissent des codecs qui sont des implémentations de logiciels ou des dispositifs matériels qui permettent d'encoder et de décoder les flux de données en vue d'une transmission ou d'un stockage. Les codecs ont pour fonction de compresser le volume de données de vidéo ou de fichiers audio numériques pour ensuite pouvoir les diffuser sur les réseaux. Sans compression, les vidéos et les contenus audio nécessiteraient un volume de données trop important à transmettre[11].

Les codecs jouent un rôle important pour les contenus vidéo. Bien que leur évolution ait permis une nette amélioration de la qualité de visionnage, ils pourraient possiblement contribuer à diminuer le poids des contenus et ainsi diminuer les impacts environnementaux associés. Les principaux codecs vidéo sont résumés en *ANNEXE D - Description des principaux codecs vidéo.*

3.3.3 Serveurs et centres de données sollicités par les usages audiovisuels

3.3.3.1 Définition générale

La norme NF EN 50600-1 définit les centres de données comme des structures ou un groupe de structures dédiées à l'hébergement, à l'interconnexion et à l'exploitation centralisée des équipements de télécommunication, des technologies de l'information et des réseaux fournissant des services de stockage, de traitement et de transport de données. Les centres de données comprennent également les installations et infrastructures de distribution d'énergie et de contrôle de l'environnement, ainsi que les niveaux nécessaires de résilience et de sécurité requis pour fournir la disponibilité de service souhaitée[12].

Ainsi, les centres de données sont des lieux où sont effectués des services de stockage et de traitement de données pour des utilisateurs (privés ou publics).

3.3.3.2 Typologie & applications

Il existe différents types de centres de données, pour différentes applications :

- les centres de données « *on-premise* », ou « en propre », de petite et grande taille variable. Ces centres de données opèrent généralement à des échelles assez restreintes et hébergent les données d'une organisation ;
- les centres de données de « colocation », sont opérés par des tiers, essentiellement via les services des GAFAM[13], proposant leurs services à des clients. Ces centres de données sont

[11] Source : L'état d'internet en France. Arcep, 2023. https://www.arcep.fr/actualites/actualites-et-communiques/detail/n/numerique-040723.html

[12] NF EN 50600-1 : Technologie de l'information – Installation et infrastructures de centres de traitement de données Partie 1 : Concepts généraux

[13] GAFAM est l'acronyme des géants du Web : Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft, qui sont les cinq grandes firmes américaines (fondées entre le dernier quart du xxe siècle et le début du xxie siècle) qui dominent le marché du numérique.

souvent de type *hyperscale*, c'est-à-dire de grande taille conçus pour réaliser des économies d'échelle. Ces centres de données *hyperscale* interviennent généralement à des échelles internationales, et se situent principalement aux États-Unis, ainsi qu'en Irlande ou aux Pays-Bas[14]. Une grande partie de ces centres de données sont utilisés pour le *cloud*, qui désigne l'accès via un réseau de télécommunications à des ressources informatiques partagées et configurables ;

- les centres de données « edge », principalement dédiés aux réseaux et aux usages nécessitant une très faible latence. Parmi eux, les edge serveurs des CDN (*Content Delivery Network)*, serveurs généralement de petite taille, détaillés ci-dessous. Il existe également des centres de données HPC (*High Performance Computing)* dédiés au calcul intensif.

Dans la suite de l'étude deux types de centres de données seront distingués :

- les centres de données, qui permettent le stockage de l'ensemble des contenus audiovisuels d'un fournisseur, aussi appelé centres de données « origine » ;
- les serveurs CDN qui servent à distribuer les contenus au plus proche des utilisateurs.

Les CDN (*Content Delivery Network)*, sont des serveurs répartis sur le territoire permettant de démultiplier le flux de contenus plus près des clients, avec la recherche d'un optimum économique entre les coûts réseau (car il faut toujours transporter plusieurs fois le flux en « aval » du dernier serveur CDN) et les coûts serveurs.

Certains acteurs tiers vont également déployer leurs propres CDN mais au niveau des points d'interconnections (comme Netflix, YouTube, Disney+), et vont demander d'héberger leur CDN dans l'infrastructure des fournisseurs d'accès à internet. D'autres acteurs vont faire appel à des fournisseurs de service "edge" tels que Akamaï ou Scaleway, qui déploient des CDN à la périphérie du réseau internet, et proposent des services d'hébergement de contenus (notamment vidéo et audio).

Un serveur CDN a une fonction de cache, il est alimenté par une source (dite « Origin Server ») qu'il sollicite si besoin (il peut être parfois plus efficace de pousser proactivement les contenus dont on sait qu'ils sont très populaires en avance de phase dans la mémoire des serveurs du CDN).

L'hébergement et la diffusion des données connaît une optimisation continue. La quasi-totalité des fournisseurs de services audiovisuels utilisent des CDN pour diffuser leurs contenus de façon optimisée. Cela permet d'économiser de la bande passante sur le réseau. Cette optimisation n'est pas seulement motivée par des gains financiers (le flux sur le réseau n'étant pas payant pour les fournisseurs de service) ou environnementaux mais notamment pour s'assurer que les utilisateurs reçoivent les contenus le plus rapidement et de la meilleure qualité possible. Les centres de données origine sont également optimisés, notamment sur l'efficacité énergétique du refroidissement des serveurs.

[14] Rapport d'information au Sénat sur l'empreinte environnementale du numérique (2020).

3.4 État des lieux des différents usages audiovisuels en France

3.4.1 Etat des lieux des usages audio

L'audio fait partie intégrante de la vie quotidienne des Français, 82,3% des 15 ans et plus en écoutent tous les jours, et 95,1% au moins une fois par mois[15] en 2022. En 2021, les Français avaient en moyenne une durée d'écoute hebdomadaire de musique de 16,6 heures, soit 2,9 heures de plus qu'en 2019[16].

Les usages des services audio sont multiples et peuvent être regroupés sous trois usages principaux :

- La radio hertzienne ;
- La radio via internet ;
- L'audio en ligne.

La radio en générale constitue l'usage audio le plus important, représentant 57% du temps d'écoute audio total en France[15]. Au sein de la radio, on compte :

- La radio hertzienne qui représente environ la moitié de l'écoute radio [17] ;
- La radio via internet, représentée majoritairement par la radio en *replay* qui compte pour 5% de l'audio en France[17] et par la radio en directe via internet comptant pour 2%[18].

L'audio en ligne arrive à la deuxième place, majoritairement à travers le streaming musical, mais également les podcasts, et les clips musicaux (musique en vidéo). Il représente 32% de l'écoute audio en France en 2022[15].

Des usages plus marginaux sont également à souligner, comme l'écoute de musique personnelle (supports de contenus physiques tels que les CD, vinyles, clés USB etc.) et les livres audio.

La répartition des usages audio fournie par Médiamétrie dans son étude Global Audio 2022 est présentée sur la figure suivante.

[15] Communiqué de presse Global Audio 2022, Médiamétrie, 2022

[16] La consommation de musique 2021, IFPFI, 2021

[17] Estimation tirée des chiffres du Communiqué de presse Global Audio 2022, Médiamétrie, 2022 et de l'Alliance pour les chiffres de la presse et des médias

[18] Estimation tirée des chiffres d'audience des radio via internet : https://www.acpm.fr/Les-chiffres/Frequentation-Radios/Classement-des-Radios-Digitales/Par-radio/Classement-France

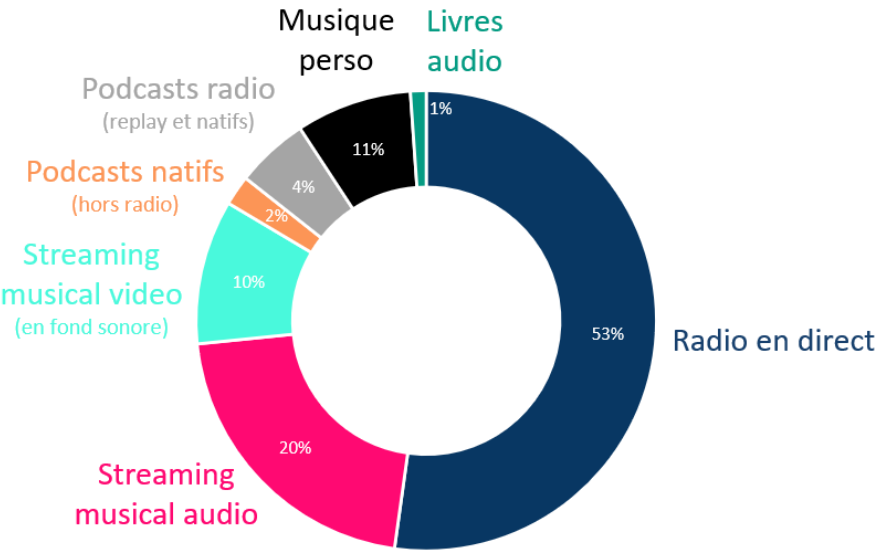


Figure 2 - Répartition des usages audio (Source : Global Audio 2022, Médiamétrie)

La radio via internet et l'audio en ligne peuvent être écoutées sur tous les terminaux numériques classiques qui permettent un accès à internet. Le smartphone est le terminal le plus utilisé par les auditeurs (9,7% de l'audience audio totale), suivi de l'ordinateur (2,3%), de l'enceinte connectée (2,3%) qui connaît une forte croissance ces dernières années, et enfin du téléviseur (1,6%) et de la tablette (0,9%)[19].

L'état des lieux des usages, réseaux et terminaux de l'audio est présenté ci-dessous :

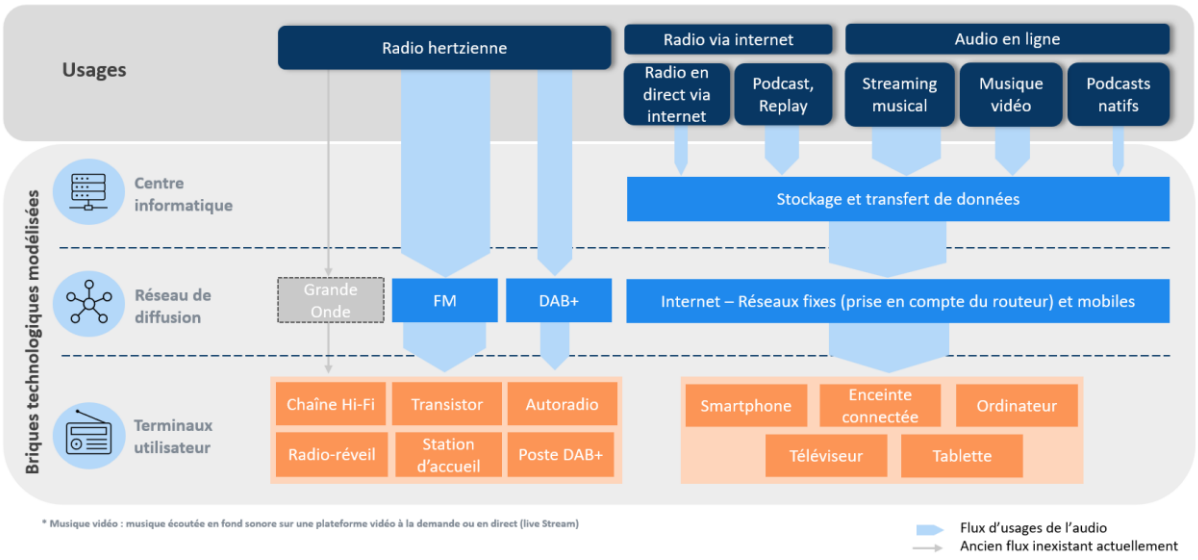


Figure 3 – Etat des lieux des usages audio en France

Une description détaillée de chaque usage audio est donnée en *ANNEXE C – Description des éléments de l'état des lieux des différents usages audiovisuels en France.*

[19] Médiamétrie. (2022). Communiqué de presse Global Radio – Septembre-Octobre 2022.

3.4.2 Etat des lieux des usages vidéo

Comme pour l'audio, la vidéo rythme la vie quotidienne des Français, en témoigne la croissance des terminaux permettant leur consommation et l'augmentation des usages.

En 2022, 88% des individus de 4 ans et plus équipés d'un téléviseur regardaient des contenus vidéo tous les jours[20].

Les écrans permettant leur consommation se multiplient. En 2022, on comptait en moyenne 5,6 écrans permettant de regarder des vidéos sein des foyers[21], dont :

- le téléviseur : 90,1% des foyers possèdent au moins un téléviseur ;
- l'ordinateur : 86,2% des foyers possèdent au moins un ordinateur ;
- le smartphone : 81,9% des individus de 11 ans et plus possèdent au moins un smartphone ;
- la tablette : 46,9% des foyers possèdent au moins une tablette.

Les usages des services vidéo sont multiples et peuvent être regroupés en trois modes de consommation principaux :

- la TV linéaire ;
- la consommation de contenus à la demande sur des services de médias audiovisuels à la demande (SMAD) ;
- la consommation de vidéos en ligne sur des plateformes de partage de vidéo (PPV).

On observe une part grandissante de la consommation de contenus à la demande par rapport à la TV linéaire. En 2022, la consommation à la demande additionnée aux PPV représentait 50% de la consommation vidéo totale des 18-64 ans (TV en *replay*, VàD, autres vidéos sur internet y compris les plateformes gratuites de vidéos), contre 34% en 2018. Cela est d'autant plus le cas chez les plus jeunes, où elle représente 81% de la consommation vidéo totale chez les 18-24 ans[22].

La Figure 4 ci-dessous fait l'état des lieux des usages vidéo.

[20] Médiamétrie. (2022). Année TV 2022

[21] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, Résultats 3e et 4e trimestres 2022 pour la télévision et la radio.

[22] CNC. (2023). *Observatoire de la vidéo à la demande*.

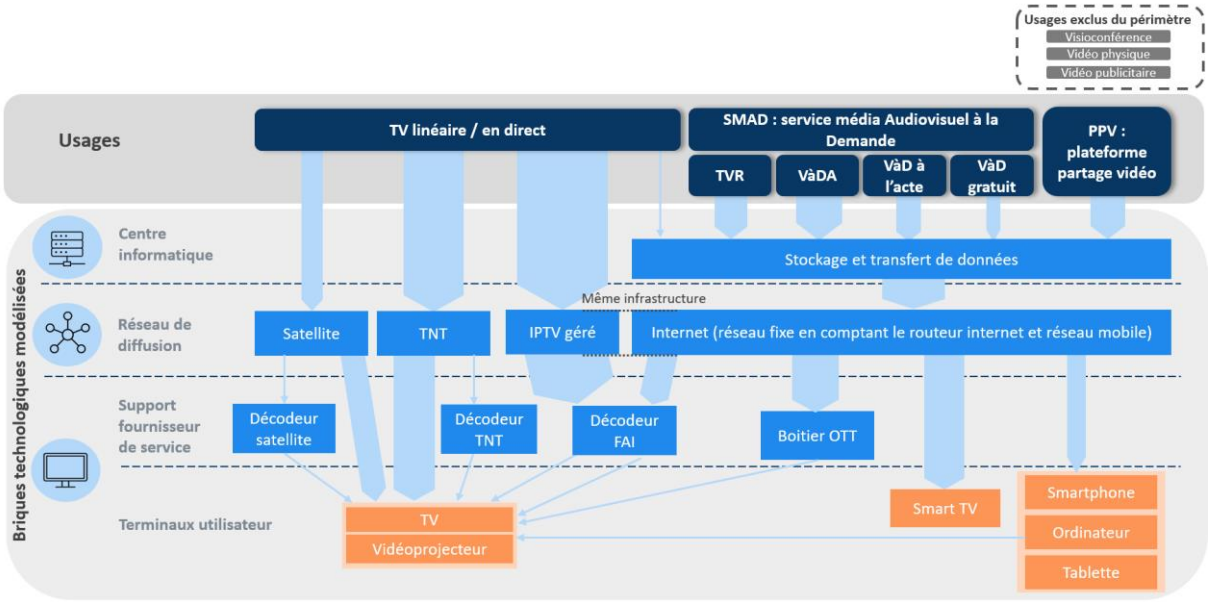


Figure 4 – Etat des lieux de la vidéo

Une description détaillée de chaque usage vidéo est donnée en *ANNEXE C – Description des éléments de l'état des lieux des différents usages audiovisuels en France.*

4

Méthode

4 METHODE

4.1 Méthodologie de l'analyse de cycle de vie

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une méthodologie normalisée utilisée pour évaluer de façon quantitative les impacts environnementaux potentiels d'un produit ou d'un service. Il s'agit d'une approche cycle de vie, intégrant l'ensemble des étapes, de l'extraction des matières premières à la fin de vie, ainsi qu'une approche multicritère intégrant plusieurs indicateurs environnementaux. Sa pratique répandue et sa normalisation au niveau international en font un outil performant et reconnu.

Les normes internationales ISO 14040:2006 [23] et ISO 14044:2006 [24] fixent les bases méthodologiques et déontologiques de ce type d'évaluation, favorisant une harmonisation de la méthodologie employée, davantage de robustesse et de fiabilité des résultats, et une communication plus formalisée.

Selon les normes ISO 14040 et 14044, une étude ACV suit quatre étapes interdépendantes présentées dans la figure ci-dessous.

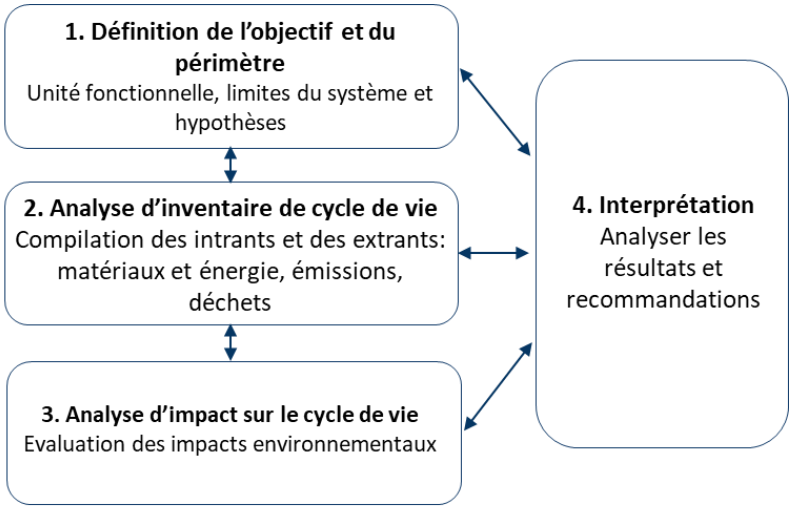


Figure 5 – Etapes d'une ACV

Comme illustré sur cette figure, l'ACV est une méthode itérative dans laquelle les différentes phases sont interdépendantes, ce qui garantit l'intégrité et à la cohérence de l'étude et de ses résultats. Il s'agit d'une approche holistique et par conséquent, la transparence dans son utilisation est cruciale pour assurer une interprétation adéquate des résultats obtenus.

La comptabilité des impact environnementaux peut se faire selon plusieurs approches. En ACV, les deux approches les plus connues sont l'approche attributionnelle et l'approche conséquentielle :

- **attributionnelle** : cette approche décrit les impacts environnementaux potentiels qui peuvent être attribués à un système (par exemple un produit) au cours de son cycle de vie. L'attribution des impacts se base sur des règles d'allocation physique ou économique.
- **conséquentielle** : cette approche vise à identifier les impacts environnementaux potentiels causés par l'introduction ou la modification du système étudié dans le système technico-économique macroscopique existant. Cela permet d'appréhender les

[23] ISO 14040:2006 – Management Environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et Cadres
[24] ISO 14044:2006 - Management Environnemental — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices

conséquences de décisions relatives au système étudié sur la base des impacts marginaux des procédés de son cycle de vie, par exemple les décisions politiques.

Dans le cadre de cette étude, l'ACV est faite selon une approche attributionnelle.

Dans le cadre de l'ACV des scénarios représentatifs des usages audiovisuels en France, l'étude a été réalisée conformément à la méthodologie générale des normes ISO 14040:2006 et 14044:2006, et en suivant les recommandations liées au numérique fournies par des normes complémentaires, telles que :

- *ITU L1410* – Méthodologie pour les évaluations environnementales du cycle de vie des biens, réseaux et services des technologies de l'information et la communication ;
- *ITU L1450* – Méthodologies d'évaluation de l'impact environnemental du secteur des technologies de l'information et de la communication ;
- Directives PEF et PEFCR relatives aux équipements IT, ainsi que l'*ILCD handbook* ;
- « *Référentiel méthodologique d'évaluation environnementale des services numériques* » et « *Référentiel méthodologique d'évaluation environnementale de la Fourniture d'Accès Internet (FAI)* » de l'affichage environnemental français, portés par l'ADEME.

Les scénarios d'usages audiovisuels sont modélisés selon les trois catégories suivantes :

- **Tier 1 - Terminaux utilisateurs**, qui permettent la réception et la consultation des contenus (smartphones, ordinateurs, téléviseurs, etc.) ;
- **Tier 2 – Réseaux**, qui permettent la transmission des données sur les infrastructures réseaux vers les terminaux utilisateurs (réseaux internet, DAB+, FM, TNT, satellite, etc.)
- **Tier 3 - Centres de données**, qui permettent l'hébergement et le traitement des données numériques (serveurs, baies de stockage, équipements réseaux, etc.).

L'étude est soumise à une revue critique externe telle que définie dans les normes ISO 14040 et ISO 14044. Une revue critique est un processus d'évaluation par des experts indépendants qui vérifient la pertinence méthodologique, la cohérence et l'interprétation des résultats, afin de garantir la fiabilité et la crédibilité de l'étude ACV.

4.2 Méthodologie des mesures en laboratoire

Dans le cadre de cette étude, Greenspector a réalisé des mesures en laboratoire de consommation de données et de consommation énergétique selon les usages et les terminaux utilisés. Ces mesures permettent de compléter les données génériques tirées de la littérature scientifique.

Le matériel, les réseaux ainsi que la méthode utilisée sont résumés ci-dessous, et le rapport détaillé est présenté en *ANNEXE E – Rapport détaillé des mesures en laboratoire.*

4.2.1 Matériel

Pour cette étude, les mesures ont été réalisées sur différent éléments matériels, une Smart TV, deux smartphones et un ordinateur portable. Les caractéristiques de ces terminaux sont détaillées dans le tableau suivant.

Tableau 2 - Détail des terminaux utilisés pour les mesures en laboratoire

	Marque	Modèle	Système d'exploitation	Autres caractéristiques

Smart TV	Samsung	UE49MU6175	Tizen 3.0	LCD LED, 48”, Ultra HD
Smartphone 1	Samsung	Galaxy S22	Android 13	SoC : Qualcomm Snapdragon 8 Gen 1
Smartphone 2	Samsung	Galaxy S7	Android 8	SoC : Samsung Exynos 8890
Ordinateur portable	HP	ProBook 450G8	Windows 10	Intel Core i5, 8Go RAM, SSD 512 Go

4.2.2 Réseaux

Les réseaux utilisés lors des différentes mesures varient selon les équipements. Les détails de ces équipements sont détaillés dans le tableau suivant.

Tableau 3 - Détail des réseaux utilisés pour les mesures en laboratoire

	Opérateur	Type de connexion	Débit montant	Débit descendant	Latence
Smart TV	Orange	FFTH (via un câble Ethernet)	957,42 Mbit/s	404,87 Mbit/s	14 ms
Smartphones	SFR	LTE	117,7 Mbit/s	28,2 Mbit/s	5 ms
Ordinateur portable	VA Solutions	FFTH (puis via Wi-Fi)	100 Mbit/s	100 Mbit/s	15 ms

4.2.3 Méthodologie

Un module de mesure (wattmètre digital) est intégré entre la TV ou le PC mesuré et la prise électrique. Ce module mesure la consommation d’énergie en courant alternatif. Le module est connecté à un ordinateur pour récupérer les mesures.

Le module “Testrunner” de Greenspector Studio permet de récupérer les mesures et les envoyer directement aux serveurs pour analyse.

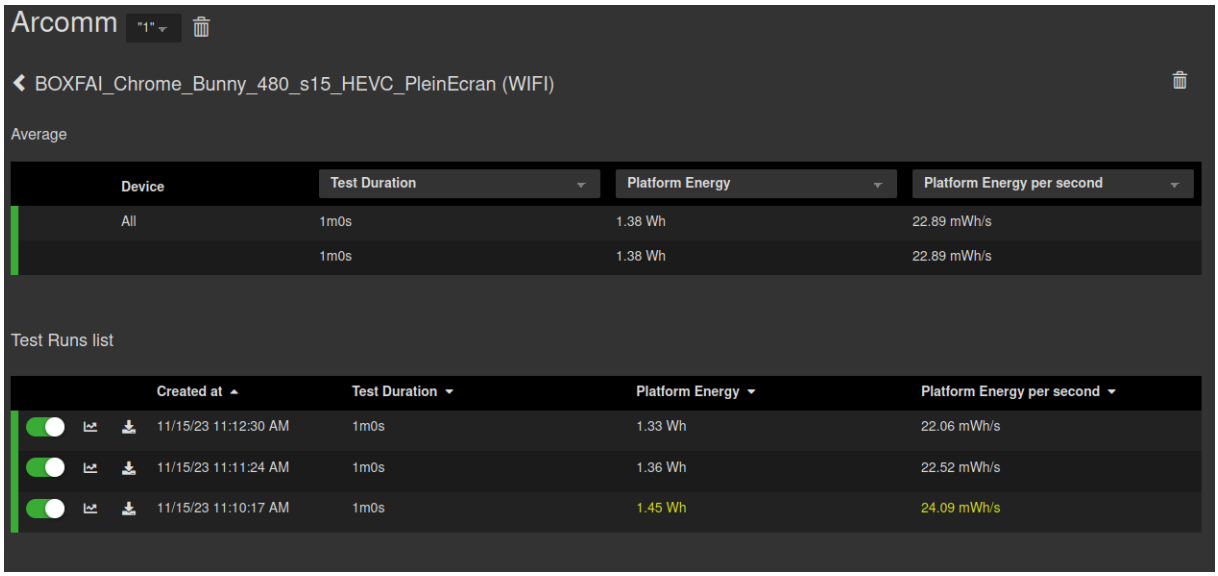


Figure 6 - Illustration de Greenspector studio

Pour les smartphones, il s'agit de mesures avec des sondes logicielles pour relever les consommations d'énergie et de données.

Les mesures sont lancées pendant 1 minute. Plusieurs itérations sont réalisées (minimum trois) afin de garantir la pertinence et limiter les artéfacts liés à la mesure elle-même. Les conditions de tests sont notées pour la traçabilité des mesures.

Deux modes de mesures sont possibles :

- Changement systématique du contenu entre les itérations. Ceci a l'avantage d'éviter les stratégies de cache CDN côté utilisateur mais a le désavantage d'introduire une variabilité sur des contenus différents. Cette mesure apporte également une représentativité plus forte du fonctionnement utilisateur ;
- Les itérations se font sur une vidéo lue en continue. Ceci a l'avantage de pouvoir figer le contenu mais le désavantage d'introduire une potentielle sous-estimation de la consommation compte-tenu des technologies de cache.

La solution de changement systématique est privilégiée dans la campagne pour les plateformes de partage de vidéos. La stratégie de vidéo en continue sera utilisée pour figer l'impact du contenu et étudier certains paramètres (codec par exemple).

Compte tenu de la diversité du matériel, il a été convenu que le parcours utilisateur ne serait pas automatisé. Ainsi, chacune des mesures est indépendante et peut être comparée à une autre, quelle que soit les plateformes étudiées.

5

Objectifs et champ de l'étude

5 OBJECTIFS ET CHAMP DE L'ETUDE

5.1 Objectifs

D'un point de vue général, l'ACV est un outil d'aide à la décision permettant d'avoir une vision globale des impacts environnementaux d'un produit/service sur tout son cycle de vie. L'ACV sert notamment à :

- Chiffrer la « performance » environnementale du produit / service ;
- Comparer les impacts environnementaux de produits/services répondant à la même fonctionnalité ;
- Identifier les points qui peuvent être améliorés tout en évitant le risque de transfert d'impact ;
- Evaluer le bien fondé des pistes d'amélioration envisagées pour écarter les « fausses-bonnes idées » ;
- Disposer d'arguments et objectiver les efforts d'écoconception ;
- Appuyer une communication environnementale.

L'objectif de l'ACV des scénarios de l'audiovisuel est de disposer d'une vision précise de l'empreinte environnementale des principaux usages audiovisuels, aussi bien vidéo qu'audio, selon les réseaux, les centres de données, les terminaux et périphériques utilisés.

L'objectif de l'évaluation environnementale des usages audiovisuels à l'échelle de la France est de donner une vision plus globale sur les impacts environnementaux du secteur, par rapport à l'ACV des scénarios sur 1h de consommation de contenus. Cette deuxième analyse vise à :

- évaluer et analyser les impacts environnementaux de l'audiovisuel en France en 2022 ;
- enrichir la connaissance des régulateurs des professionnels du secteur et du grand public ;
- aider à orienter les choix des institutions publiques (incitations des acteurs sur les démarches d'éco-conception de leurs services, sensibilisation des utilisateurs, etc.).

Dans ce contexte, la réalisation de cette analyse permettra de dégager des compréhensions et des repères clés pour :

- identifier les impacts majeurs et leur provenance ;
- harmoniser l'accès à des résultats solides.

5.2 Frontières des systèmes étudiés

L'étude couvre l'ensemble des éléments mobilisés dans les usages audiovisuels retenus dans le périmètre, en s'inspirant de la norme ITU-T L.1450 définissant une méthodologie pour la quantification de l'impact environnemental du secteur de l'information et de la communication (TIC). Les systèmes étudiés peuvent être regroupés parmi les catégories suivantes :

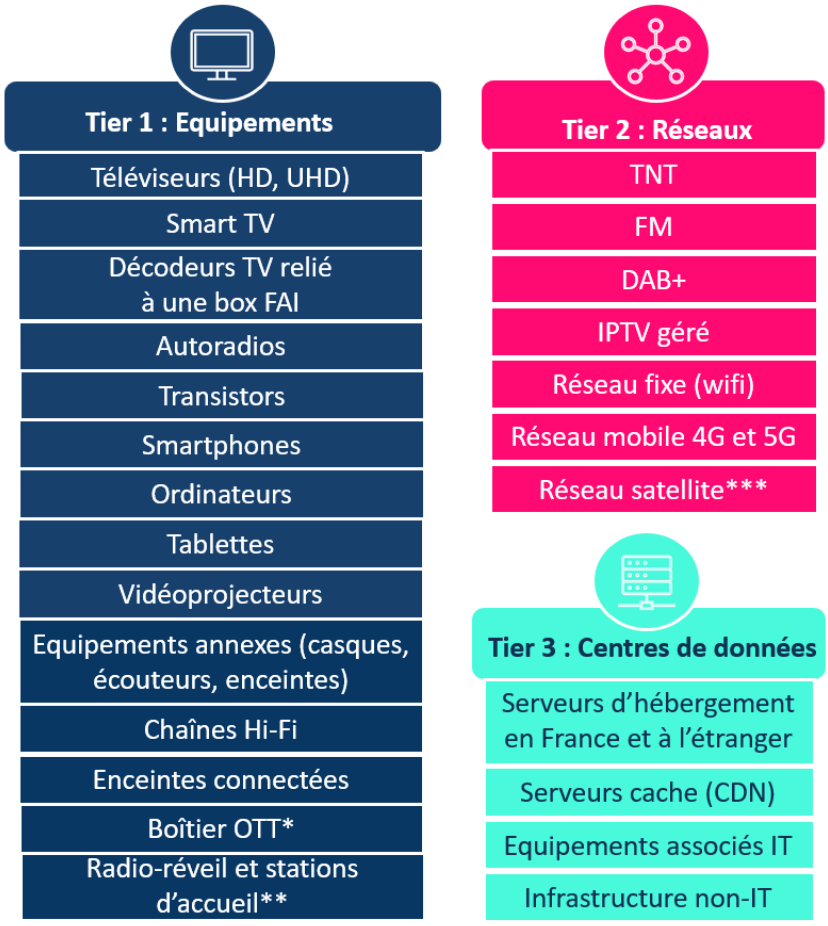
- Les terminaux fixes et mobiles présents en France tels que les téléviseurs, ordinateurs, objets connectés (enceintes connectées, Smart TV connectées, etc.), smartphones, postes radio, autoradios ;
- Les réseaux déployés, tels que les réseaux internet fixe et mobile, les réseaux radio (FM et DAB+) et TV (TNT, IPTV géré et satellite) ;

- Les centres informatiques tels que définis par les normes ISO 30134 et EN 50 600 et ce qu'ils contiennent, en France et hors de France (notamment les équipements informatiques tels que les serveurs, les équipements réseaux et baies de stockage).

Les activités liées à la production des contenus audiovisuels (tournage, production, etc.) ne sont pas incluses. En effet cette étude est effectuée dans le cadre de l'article 15 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 202, dite « Climat et résilience », et vise à mesurer l'impact des modes de diffusion des services de médias audiovisuels, et non leur production.

La partie logicielle (impacts reliés aux ressources humaines tels que le transport, le chauffage ou la nourriture, mais aussi l'influence du code sur la consommation de ressources matérielles et énergétiques) n'est pas couverte par cette étude.

La figure suivante illustre le périmètre technologique de l'étude.



* Equipements pris en compte dans les usages mais considérés équivalents aux décodeurs TV pour la modélisation, par manque de données
**Equipements pris en compte dans les usages mais considérés équivalents aux transistors pour la modélisation, par manque de données
***Réseau pris en compte dans les usages mais considérés équivalent au réseau TNT pour la modélisation, par manque de données

Figure 7 - Périmètre technologique de l'ACV des usages audiovisuels

L'évaluation environnementale comparative des scénarios d'usage audiovisuel couvre un nombre limité de scénarios, et n'inclue donc pas tous les terminaux listés ci-dessus.

5.2.1 Frontières du système

Au cours de cette étude, les phases de cycle de vie considérées sont les suivantes :

1) **L'extraction** et l'approvisionnement des matières premières.
2) **La fabrication** :
   - des terminaux nécessaires à l'utilisateur ;
   - des infrastructures réseaux (TNT, IPTV géré, réseaux fixes (xDSL/FTTx), réseaux mobiles 4G et 5G, FM, DAB+) ;
   - des centres de données (serveurs et autres équipements associés IT et non-IT).
3) **La distribution** : qui comprend la distribution entre le fabricant et le site d'installation.
4) **L'utilisation** : qui comprend à minima la production d'électricité consommée :
   - consommation électrique des terminaux utilisateurs ;
   - consommation électrique des réseaux (TNT, IPTV géré, réseaux fixes (xDSL/FTTx), réseaux mobiles 4G et 5G, FM, DAB+) ;
   - consommation électrique des centres de données (y compris refroidissement).
5) **La fin de vie** : qui comprend le traitement de fin de vie des terminaux.

5.2.2 Exclusion

Tous les éléments identifiés comme pertinents dans les frontières des systèmes à l'étude, et dont les données associées étaient disponibles ou raisonnablement estimables par des hypothèses, ont été intégrés à l'analyse. Cependant les étapes suivantes ont été exclues de l'étude :

- l'éclairage, le chauffage, l'assainissement et le nettoyage des installations produisant les terminaux, en raison d'un manque de données ;
- le transport des salariés, considéré en dehors des frontières ;
- la fabrication et la maintenance des outils de production, par manque de données ;
- la construction et la maintenance des infrastructures liées à la production des terminaux, faute de données ;
- les flux des services administratifs, de gestion et de R&D, considérés hors des frontières ;
- la commercialisation (la publicité, le démarchage et le marketing) des produits, considérée hors des frontières ;
- la restauration du personnel, considérée hors périmètre.

5.2.3 Règle de coupure

Généralement, la modélisation environnementale doit couvrir un pourcentage défini (supérieur ou égal à 95%) des équipements ou systèmes :

- la masse des flux intermédiaires non pris en compte doit être inférieure ou égale à 5% de la masse des éléments du produit de référence correspondant à l'unité fonctionnelle ;
- les flux énergétiques non pris en compte doivent être inférieurs ou égaux à 5% de l'énergie primaire totale utilisée pendant le cycle de vie du produit de référence correspondant à l'unité fonctionnelle.

Ces 5% exclus ne doivent pas comporter des éléments (composants, matières) générant des impacts environnementaux importants (or, argent, terres rares, processeurs, etc.).

Cependant, pour les terminaux et infrastructures numériques, la vérification de ces règles de coupure est difficile. Dans le cadre de l'étude, toutes les informations disponibles ont été prises en considération, compte tenu des exclusions précisées ci-dessus concernant la portée de l'étude.

L’évaluation environnementale permettra de savoir quelles parties du service considéré ont le plus d’impact et lesquelles feront l’objet d’une analyse de sensibilité.

5.3 Unités fonctionnelles

L'analyse du cycle de vie repose sur l'évaluation de la fonction des systèmes étudiés. Elle nécessite donc, d'un point de vue méthodologique, une équivalence fonctionnelle afin de pouvoir évaluer deux systèmes sur une base commune. Le champ d'une ACV spécifie donc clairement les « fonctions » des systèmes, à savoir la caractérisation de la performance ainsi que la durée de vie. La définition de l'unité fonctionnelle (UF) pour chaque scénario fournit une référence qui sert à la quantification des différentes données d'entrée et de sortie des systèmes à l'étude. Cette référence permet d'assurer la comparabilité entre résultats d'ACV dans le cadre d'une comparaison.

Des unités fonctionnelles différentes ont été définies pour la phase d’ACV de scénarios d’usage, et l’évaluation des impacts à l’échelle France.

L'unité fonctionnelle utilisée comme référence dans l’évaluation environnementale comparative de scénarios d’usage audiovisuels est la suivante :

Une heure de consommation d'un contenu audio ou vidéo en France en 2022

Cette unité fonctionnelle a été appliquée à l'ensemble des scénarios de l'étude. Les UF de chaque scénario sont répertoriées dans le tableau suivant.

Tableau 4 - Unités fonctionnelles des scénarios

Numéro de scénario	Unité fonctionnelle
A1	1h d'écoute de radio en direct en FM sur un poste radio
A2	1h d'écoute de radio en direct en FM sur un autoradio
A3	1h d'écoute de radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe
A4	1h d'écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile
V1	1h de visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un accès TNT intégré au téléviseur
V2	1h de visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur connecté à internet via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV géré)
V3	1h de visionnage de télévision de rattrapage en HD sur un téléviseur connecté à internet via un décodeur TV relié à une box FAI
V4	1h de visionnage de VàDA en HD sur un téléviseur connecté à internet via réseau fixe (Smart TV connectée)
V5	1h de visionnage de vidéo en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile

L'unité fonctionnelle utilisée comme référence dans l’évaluation environnemental des usages audiovisuels à l’échelle France est la suivante :

Utiliser les équipements et systèmes liés aux usages audiovisuels en France en 2022

Les équipements et systèmes compris dans cette unité fonctionnelle sont détaillés dans la partie 5.2 Frontières des systèmes étudiés.

5.4 Représentativité technologie, géographique et temporelle

Cette étude concerne les usages audiovisuels consommés en France hexagonale en 2022.

Ce périmètre géographique concerne les consommations finales de contenus audiovisuels. Dans une approche cycle de vie, sont aussi pris en considération l'ensemble des impacts environnementaux au-delà des frontières tels que la fabrication des terminaux à l'étranger, ou l'utilisation de centres de données en dehors du territoire, associés à des consommations finales en France. La répartition entre les centres de données français et étrangers est détaillée dans la partie *6.9.3.3 Centres de données à l'étranger*.

Concernant le périmètre temporel, les données utilisées dans cette étude sont représentatives, autant que faire se peut, de l'année 2022. Lorsque les données de 2022 n'étaient pas disponibles, les données les plus récentes disponibles ont été utilisées.

5.5 Définition des scénarios d'usage audiovisuel

Dans le cadre de l'ACV des usages audiovisuels, neuf scénarios d'usage ont été définis. Ces scénarios n'ont pas pour vocation de représenter tous les usages audiovisuels de façon exhaustive mais seulement de donner des premiers éléments de comparaison pour des usages les plus significatifs. L'évaluation environnementale des usages audiovisuels à l'échelle de la France est présentée dans la partie suivante.

Dans le périmètre de cette étude, les usages audio ont été répartis selon trois catégories (cf. partie 3.4.1) :

- L'écoute de la radio en direct, via le réseau hertzien ou via internet, qui représente 52% de tous les usages audio en France, en temps d'écoute[25] ;
- L'écoute de la radio en rediffusion, qui représente 4%[25];
- L'écoute de l'audio en ligne (streaming musical, podcasts, etc.), qui représente 32%[25].

Quatre scénarios représentatifs de ces usages ont été retenus : deux scénarios sont propres à la radio hertzienne, un scénario caractérise la radio numérique et un scénario est spécifique à l'audio en ligne. Les quatre scénarios d'usage audio sont les suivants :

- **A1 - écoute de la radio FM en direct sur poste radio**.
    - la radio hertzienne linéaire est un usage encore largement majoritaire dans le paysage de l'audio, avec une diffusion majoritairement en FM ;
    - le poste radio est le 3e équipement le plus utilisé pour l'écoute de la radio en 2022[26].
- **A2 - écoute de la radio FM en direct sur autoradio**.
    - l'autoradio est le support le plus utilisé pour écouter la radio[26].
- **A3 - écoute de la radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe.**
    - les supports numériques représentent près de 20% des écoutes radio, et le smartphone est le terminal numérique le plus utilisé pour l'écoute de radio via

[25] Médiamétrie. (2023). Communiqué de presse Global Audio 2023. Les 12% des usages audio restants sont pour l'écoute de la musique personnelle et des livres audio.
[26] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, Résultats 3e et 4e trimestres 2022 pour la télévision et la radio

internet[27]. Parmi ces écoutes, les podcasts replay et la radio en direct via internet sont les principaux usages.

- **A4 - écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile.**
    - Le streaming musical est l'usage le plus courant au sein des usages audio en ligne, et représente 56% du temps d'écoute audio en ligne[28].

Le streaming musical vidéo en fond sonore (utilisation d'une plateforme de streaming vidéo pour écouter de la musique, sans forcément regarder les images qui accompagnent le son) est également important (28% de l'audio en ligne[28]). Il est représenté au sein des usages vidéo par le scénario V5 ci-dessous.

Parmi le périmètre de cette étude, on peut également distinguer les usages vidéo selon trois catégories :

- la TV linéaire, qui représente 50% des usages vidéo en France[29] ;
- les SMAD (service de médias audiovisuels à la demande), diffusés par internet, qui rassemblent la TVR (télévision de rattrapage), la VàDA (vidéo à la demande par abonnement), la VàD gratuit ou à l'acte. Ces usages complémentaires représentent 20% du temps passé devant l'écran TV[30] ;
- les PPV (plateformes de partage de vidéos), diffusés par internet.

Cinq scénarios représentatifs ont été retenus : deux scénarios définis pour la TV linéaire, deux scénarios en lien avec les SMAD et un scénario pour le contenu PPV. Les cinq scénarios retenus sont les suivants :

- **V1 - visionnage d'une chaîne de télévision en direct en HD sur une TV via un accès TNT intégré au téléviseur.**
    - La réception TNT est le deuxième mode de réception le plus utilisé au sein des foyers français pour le visionnage de la TV linéaire (19% des foyers équipés TV en 2022 sont équipés d'une réception exclusive TNT sur au moins un de leur téléviseur[31]).
- **V2 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur une TV via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV géré).**
    - L'IPTV géré est le premier mode de réception de la TV linéaire en France, et le décodeur TV relié à une box FAI est le premier mode de connexion du téléviseur à Internet. (45% des foyers équipés TV en 2022 sont équipés d'une réception exclusive IPTV sur au moins un de leur téléviseur[32]).
- **V3 - visionnage de TVR en HD sur une TV connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI.**
    - 80% du temps passé sur écran TV est consacré aux programmes TV, en direct et en replay[33]. La TVR est un usage très courant, notamment pour les foyers ayant connecté leur téléviseur via un décodeur TV relié à une box FAI (87% des

[27] Médiamétrie. (2023). Communiqué de presse Global Radio Janvier-Mars 2023
[28] Médiamétrie. (2022). Communiqué de presse Global Audio 2022.
[29] CNC - Observatoire de la vidéo à la demande 2023
[30] Médiamétrie. (2023). Communiqué de presse Année TV 2022.
[31] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, résultats des 3e et 4e trimestres 2022 pour la télévision et la radio.
[32] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, résultats des 3e et 4e trimestres 2022 pour la télévision et la radio.
[33] Médiamétrie. (2023). Communiqué de presse Année TV 2022

foyers qui en sont équipés, 2e usage le plus pratiqué à partir de ce mode de connexion)[34].

- **V4 - visionnage de VàDA en HD sur une TV connectée à internet grâce à une Smart TV connectée.**
    - La VàDA est le service à la demande le plus utilisé chez les Français, en 2022 47% des foyers possèdent un abonnement de VàD.[35]
    - Les Smart TV connectées sont des terminaux très répandus, 43% des foyers équipés TV et accédant à internet en possèdent, soit 49% des foyers équipés TV connectés au S2 2022[36].
- **V5 - visionnage de vidéos en ligne sur PPV en HD sur un smartphone connecté au réseau mobile.**
    - La plateforme de vidéos en ligne YouTube constitue le 2e site web le plus visité en 2022 derrière Google en France, avec 48,2 millions de visiteurs uniques mensuels, et un temps d'utilisation quotidien de 30 minutes chez les 25-49 ans, et de plus d'une heure chez les 15-24 ans[37].

5.6 Définition des usages à l'échelle France

Comme présenté dans *l'état des lieux de l'audiovisuel en France*, six usages sont retenus pour cette évaluation.

Les usages audio sont réparties selon les 3 catégories suivantes :

1. **Radio hertzienne :** écoute de la radio via les réseaux FM et DAB+.
2. **Radio en ligne** : écoute de la radio via internet, en direct ou en replay (podcasts radio).
3. **Streaming audio et podcasts** : écoute de contenus audio de type musique ou podcasts (dits « natifs ») sur une plateforme de streaming via internet.

Les usages vidéo sont répartis selon les 3 catégories suivantes :

1. **Le visionnage de la TV linéaire,** qui prend en compte la TV via TNT, via Satellite, via IPTV géré et via OTT.
2. **Le visionnage de la vidéo à la demande,** qui correspond aux services de VàDA, de VàD à l'acte, de VàD gratuit et de télévision de rattrapage.
3. **Le visionnage de vidéos sur les plateformes de partage de vidéos**.

5.7 Méthodologie d'ACV et type d'impacts

L'étape d'évaluation des impacts environnementaux permet de classer et de combiner les flux de matières, énergie et émissions issus de l'inventaire par type d'impact, pour chaque système à l'étude.

Dans cette étude, l'évaluation des impacts environnementaux est effectuée à l'aide de la **méthode EF3.0** (Environmental Footprint 3.0). Les facteurs de caractérisation sont donc basés sur les

[34] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, résultats des 2e et 3e trimestres 2022 pour la télévision.
[35] Médiamétrie. (2023). Communiqué de presse Année TV 2022
[36] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, résultats des 2e et 3e trimestres 2022 pour la télévision.
[37] https://www.thinkwithgoogle.com/intl/fr-fr/insights/parcours-consommateur/ce-qui-change-sur-youtube-en-2021/

facteurs de cette méthode, développée et mise à jour par le *Joint Research Center* de la Commission européenne.

La méthodologie EF3.0 est internationalement reconnue par les experts du monde de l'ACV et largement utilisée. Cette méthode figure parmi les plus récentes méthodes mises à jour.

Les indicateurs environnementaux les plus pertinents pour cette étude, basés sur les recommandations du *référentiel méthodologique d'évaluation environnementale des services numériques* **de l'ADEME** ont été retenus et sont listés ci-dessous :

- changement climatique (kg CO_2eq.) ;
- particules fines (disease incidence) ;
- acidification (Mol H^+eq.) ;
- épuisement des ressources, minéraux et métaux (kg Sb eq.).

En plus de ces indicateurs, deux indicateurs de flux sont ajoutés à l'analyse :

- la consommation d'énergie primaire totale (MJ) ;
- la consommation d'énergie finale (kWh).

Afin de faciliter la lecture et la compréhension de cette étude, les résultats sont fournis pour ces six indicateurs principaux, dans la partie *7 RESULTATS* .

Des résultats complémentaires sont fournis en annexe (cf *ANNEXE I – Résultats complémentaires de l'évaluation des scénarios (pour 1 heure de contenu) d'usages audiovisuels*) sur trois indicateurs environnementaux, dont deux indicateurs de la méthodologie EF3.0 :

- radiations ionisantes (kBq U^{235}eq) ;
- écotoxicité – eaux douces (CTUe) ;
- épuisement des ressources fossiles (MJ).

Ainsi que deux indicateurs de flux :

- l'apport en matière première (kg), en anglais « Material Input per Service-Unit » (MIPS) ;
- la consommation nette d'eau (m3).

L'indicateur de consommation d'énergie finale désigne la quantité d'électricité consommée par les usages lors de la phase d'utilisation des trois tiers. En effet, les terminaux et infrastructures numériques sont responsables dans l'ensemble de 10% de la consommation électrique française[38], il est donc important d'évaluer la consommation d'électricité des usages audiovisuels étudiés ici.

L'indicateur de flux « consommation nette d'eau » est utilisé à la place de l'indicateur d'épuisement de la ressource en eau, recommandé par le référentiel méthodologique de l'ADEME, étant donné les incohérences sur cet indicateur dans les bases de données utilisées pour cette étude. La consommation nette d'eau permet d'appréhender la quantité d'eau nécessaire, mais ne permet pas de prendre en compte l'impact de cette consommation sur l'épuisement de la ressource, qui dépend beaucoup des conditions locales de disponibilité et de prélèvement d'eau.

Tous les indicateurs intégrés dans cette étude sont détaillés dans les tableaux suivants, afin de permettre une meilleure compréhension de ces indicateurs et des enjeux environnementaux associés.

[38] ADEME & Arcep. (2022). Evaluation environnementale du numérique en France—2/3 Equipements et infrastructures

Tableau 5 - Description des indicateurs de l'étude

Indicateur d'impact	**Changement climatique, total**[39] • **Type d'indicateur** : indicateur d'impact sur le forçage radiatif exprimé en potentiel de réchauffement planétaire (PRP100) • **Unité** : kg CO_2eq. • **Modèle de caractérisation** : Modèle de base sur 100 ans élaboré par le GIEC (basé sur GIEC 2013) • **Niveau de recommandation** : Niveau I **Définition** : Les gaz à effet de serre (GES) sont des composés gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre contribue au réchauffement climatique.
	Particules fines • **Type d'indicateur** : indicateur d'impact sur la santé humaine • **Unité** : Incidence des maladies • **Modèle de caractérisation** : Méthode PM recommandée par PNUE (PNUE 2016) • **Niveau de recommandation** : Niveau I **Définition** : La présence de particules fines de petit diamètre dans l'air - en particulier celles d'un diamètre inférieur à 10 microns - représente un problème de santé humaine, car leur inhalation peut provoquer des problèmes respiratoires et cardiovasculaires.
	Acidification • **Type d'indicateur** : indicateur d'impact sur l'accumulation d'excédents (AE) • **Unité** : Mol H^+eq. • **Modèle de caractérisation** : Accumulation d'excédents (Seppälä et al., 2006 ; Posch et al., 2008) • **Niveau de recommandation** : Niveau II **Définition** : L'acidification de l'air est liée aux émissions d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre, d'ammoniac et d'acide chlorhydrique. Ces polluants se transforment en acides en présence d'humidité, et leurs retombées peuvent endommager les écosystèmes ainsi que les bâtiments.
	Epuisement des ressources[40]**, minéraux et métaux** • **Type d'indicateur** : indicateur d'impact sur l'épuisement des ressources abiotiques (dernières réserves ADP) • **Unité** : kg Sb eq. (kg équivalent Antimoine) • **Modèle de caractérisation** : CML 2002 (Guinée et al., 2002) et van Oers et al., 2002 • **Niveau de recommandation** : Niveau III **Définition** : L'exploitation industrielle entraîne une diminution des ressources disponibles dont les réserves sont limitées. Cet indicateur évalue la quantité de ressources minérales et métalliques extraites de la nature comme s'il s'agissait d'antimoine.
Indicateur de flux	**La consommation d'énergie primaire** • **Type d'indicateur** : indicateur de flux • **Unité** : MJ **Définition** : L'énergie primaire est la première forme d'énergie directement disponible dans la nature avant toute transformation : bois, charbon, gaz naturel, pétrole, vent, rayonnement solaire, énergie hydraulique, géothermique, etc.
	La consommation d'énergie finale • **Type d'indicateur** : indicateur de flux • **Unité** : kWh

[39] L'indicateur "Changement climatique, total" est composé de trois sous-indicateurs : changement climatique, origine fossile ; changement climatique, origine biologique ; changement climatique, utilisation des terres et changement d'affectation des terres. Les sous-indicateurs sont décrits plus en détail dans la section 4.4.10 de la méthodologie EF. Les sous-catégories "Changement climatique, origine fossile,", "Changement climatique, origine biologique" et "Changement climatique, utilisation des terres et changement d'affectation des terres » doivent être déclarées séparément si elles contribuent chacune à plus de 5% de la note totale de changement climatique.

[40] Les résultats de cette catégorie d'impact doivent être interprétés avec précaution, car les résultats ADP suite à la normalisation peuvent être surestimés. La Commission européenne entend élaborer une nouvelle méthode en passant d'un modèle fondé sur l'épuisement à un modèle fondé sur la dissipation, afin de mieux quantifier le potentiel de conservation des ressources.

	Définition : L'énergie finale est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer, etc.). Elle exclut l'énergie consommée par le secteur énergétique lui-même, y compris aux fins de la livraison et de la transformation.

Tableau 6 - Description des indicateurs de l'étude mis en annexe

Indicateur d' impact	**Rayonnement ionisant, santé humaine** • **Type d'indicateur** : indicateur d'impact sur l'efficacité de l'exposition humaine par rapport à l'uranium 235 (U^{235}) • **Unité** : kBq U^{235}eq. • **Modèle de caractérisation** : Modèle d'effets sur la santé humaine tel que développé par Dreicer et al., 1995 (Frischknecht et al. 2000) • **Niveau de recommandation** : Niveau II **Définition** : Les radionucléides peuvent être libérés lors de plusieurs activités humaines. Lorsque les radionucléides se désintègrent, ils libèrent des rayonnements ionisants. L'exposition humaine aux rayonnements ionisants provoque des dommages à l'ADN, qui à leur tour peuvent conduire à divers types de cancer et de malformations congénitales.
	Ecotoxicité eaux douces • **Type d'indicateur** : indicateur d'impact sur l'unité toxique comparative pour les écosystèmes (CTUe) • **Unité** : CTUe • **Modèle de caractérisation** : Modèle USEtox 2.1 (Frakte et al., 2017) • **Niveau de recommandation** : Niveau II/III **Définition** : L'écotoxicité est le résultat de multiples mécanismes toxicologiques distincts dus à la libération de substances ayant un effet direct sur la santé de l'écosystème.
Indicateur de flux	**L'apport en matière première, en anglais « Material Input per Service-Unit » (MIPS)** • **Type d'indicateur** : indicateur de consommation de resources • **Unité** : kg • **Méthode d'évaluation:** MIPS - Material Input per Service-unit **Définition** : L'indicateur MIPS permet de calculer les ressources utilisées pour produire une unité de produit ou de service avec une approche d'analyse de cycle de vie (Schmidt-Bleek, 1994). Cinq types de ressources sont considérés : les ressources abiotiques (matériaux, énergie fossile…), la biomasse, les déplacements de terre mécaniques ou par érosion, l'eau, et l'air (Ritthoff et coll., 2002). Ces consommations sont simplement sommées, ce qui donne un indicateur de consommation de ressources (matières premières extraites et matières premières énergétiques)
	La consommation nette d'eau • **Type d'indicateur** : indicateur de flux • **Unité** : m3 **Définition** : Prise en compte de l'eau utilisée en boucle ouverte.

Dans l'analyse de l'impact à l'échelle nationale, les résultats sont également normalisés et pondérés, afin de déterminer l'importance relative de chaque impact par rapport aux autres. Cette approche permet de faciliter l'interprétation avec le calcul d'un score unique, mais aucun consensus scientifique n'existe sur une manière robuste d'effectuer une telle évaluation.

Le score unique est obtenu en normalisant les résultats des indicateurs de la méthode EF3.0 par rapport à l'impact d'un citoyen européen moyen, puis en les pondérant selon une méthodologie développée par le JRC[41], se basant pour moitié sur un sondage du public et d'experts, et pour moitié sur un jugement d'experts fondé sur les limites planétaires. Enfin, les résultats sont exprimés sous la forme d'un score agrégé.

Le tableau ci-dessous présente les facteurs de normalisation et de pondération utilisé

[41] Joint Research Center https://ec.europa.eu/jrc/en

Tableau 7 - Facteurs de normalisation et de pondération

Catégorie d'impact	Facteurs de normalisation	Unité	Facteurs de pondération
Changement climatique	7,55E+03	kg CO_2 eq./individu	36%
Acidification	5,56E+01	mol H+ eq./individu	11%
Particules fines	5,95E-04	disease incidences/individu	15%
Ressources minérales et métalliques	6,36E-02	kg Sb eq./individu	13%
Radiations ionisantes	4,22E+03	kBq U-235 eq./individu	8%
Ecotoxicité de l'eau douce	5,67E+04	CTUe/individu	3%
Ressources fossiles	6,50E+04	MJ/individu	14%

5.8 Procédures d'attribution

5.8.1 Allocations générales

Hormis en fin de vie, aucune allocation générale[42] n'a été réalisée. Des allocations spécifiques ont été effectuées pour certains appareils, cf inventaires en parties *6.2, 6.3, 6.4* pour plus de détails.

5.8.2 Règle d'allocation de la fin de vie

Pour les objectifs de l'analyse de cycle de vie de ce rapport, le recyclage et la valorisation des matériaux en fin de cycle de vie sont considérés tels qu'appliqués par la base de données de fin de vie Ecosystem, utilisée dans la base de données NégaOctet.

Deux approches ont été retenues, en proportion variables pour chaque équipement :

- **Approche « sans bénéfices ».** Cette méthode suppose que le recyclage ou la valorisation énergétique des matériaux en fin de vie n'apporte aucun bénéfice lié à la substitution de matière vierge ou de sources d'énergie primaire.

  La formule telle qu'elle est appliquée avec l'approche « sans bénéfices » est la suivante :

  Impacts du recyclage matière

  - $(1 - \mathrm{A}) * \mathrm{R2} * E_{\mathrm{recyclingEoL}}$

    Avec :

    - A : facteur de répartition des charges et crédits entre fournisseur et utilisateur de matériaux recyclés, dans l'approche d'Ecosystem, A=0.

[42] L'allocation consiste à appliquer les impacts environnementaux d'un produit ou d'un système sur ses composants ou ses activités. Ce principe est utilisé en ACV lorsqu'un produit ou un système se compose de plusieurs parties ou processus pour attribuer les impacts environnementaux de chaque partie.

- R2 : la proportion de matière dans le produit qui sera recyclé (ou réutilisé) dans un système ultérieur.
- $E_{recyclingEoL}$: émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) résultant du processus de recyclage en fin de vie, y compris le processus de collecte, de tri et transport.

Impact de valorisation énergétique :

- $(1 - \mathrm{B}) * \mathrm{R3} * E_{ER}$

  Avec :

  - B : facteur d'allocation des procédés de valorisation énergétique : il s'applique aussi bien aux charges qu'aux crédits. Dans l'approche d'Ecosystem, B=0
  - R3 : la proportion de matière dans le produit qui est utilisée par la récupération d'énergie en fin de vie.
  - E_{ER} : émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) liées au processus de valorisation énergétique (ex. Incinération avec valorisation énergétique, mise en décharge avec valorisation énergétique…)

Impacts de l'élimination des déchets :

- $(1 - \mathrm{R2} - \mathrm{R3}) * E_D$

  Avec :

  - R2: la proportion de matière dans le produit qui sera recyclée (ou réutilisée) dans un système ultérieur.
  - R3: la proportion de matière dans le produit qui est utilisée par la récupération d'énergie en fin de vie.
  - E_D: émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) résultant de l'élimination des déchets à la fin de vie du produit analysé, sans valorisation énergétique.

- **<u>Approche « avec bénéfices ».</u>** Cette méthode suppose que le recyclage ou la valorisation énergétique des matériaux en fin de vie apporte un bénéfice lié à la substitution de matière vierge ou de sources d'énergie primaire.

  La formule telle qu'elle est appliquée avec l'approche « avec bénéfices » est la suivante :

Impacts du recyclage matière

- $(1 - \mathrm{A})\ \mathrm{R2} * (E_{\mathrm{recyclingEoL}} - E_V{}^* * \frac{Q_{Sout}}{Q_p})$

  Avec :

  - A : facteur de répartition des charges et crédits entre fournisseur et utilisateur de matériaux recyclés, dans l'approche d'Ecosystem, A=0.
  - R2 : la proportion de matière dans le produit qui sera recyclée (ou réutilisée) dans un système ultérieur.

- $E_{recyclingEoL}$: émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) résultant du processus de recyclage en fin de vie, y compris le processus de collecte, de tri et transport.
- E_v^* : émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) générées par l'acquisition et la production de la matière vierge substituée par la matière recyclée
- Q_{Sout} : Qualité, au point de substitution, du matériau recyclé
- Q_p : Qualité du matériau primaire

Impact de valorisation énergétique :

- $(1 - \mathrm{B})\ \mathrm{R3} * (\mathrm{E}_{ER} - \mathrm{LHV} * \mathrm{X}_{ER,heat} * \mathrm{E}_{SE,heat} - \mathrm{LHV} * \mathrm{X}_{ER,elec} * E_{SE,elec})$

  Avec :

  - B : facteur d'allocation des procédés de valorisation énergétique : il s'applique aussi bien aux charges qu'aux crédits. Dans l'approche d'Ecosystem, B=0
  - R3 : c'est la proportion de matière dans le produit qui est utilisée par la récupération d'énergie en fin de vie.
  - E_{ER} : émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) liées au processus de valorisation énergétique (ex. Incinération avec valorisation énergétique, mise en décharge avec valorisation énergétique…)
  - LHV : Pouvoir calorifique inférieur (PCI) du matériau sujet à récupération d'énergie.
  - $X_{ER,heat}$: Efficacité de la récupération d'énergie pour la chaleur
  - $E_{SE,heat}$: émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) qui auraient été générées par la chaleur substituée par l'énergie récupérée.
  - $X_{ER,elec}$: Efficacité de la récupération d'énergie pour l'électricité
  - $E_{SE,elec}$: émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) qui auraient été générées par l'électricité substituée par l'énergie récupérée.

Impacts de l'élimination des déchets :

- $(1 - \mathrm{R2} - \mathrm{R3}) * \mathrm{E}_D$

  Avec :

  - A : facteur de répartition des charges et des crédits entre fournisseur et utilisateur de matériaux recyclés. Dans l'approche d'Ecosystem, A=0.
  - R2 : c'est la proportion de matière dans le produit qui sera recyclée (ou réutilisée) dans un système ultérieur.
  - R3 : c'est la proportion de matière dans le produit qui est utilisée par la récupération d'énergie en fin de vie.
  - E_D : émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) résultant de l'élimination des déchets à la fin de vie du produit analysé, sans valorisation énergétique.

Ces deux approches sont appliquées de façon variable en fonction des équipements.

En effet, une partie des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) rentre dans une filière conventionnelle, et une partie rentre dans une filière alternative (déchets ménagers, export, filières illégales, etc.). Si la première filière peut donner lieu à des bénéfices liés au recyclage et à la valorisation énergétique, ce n'est pas le cas de la seconde.

Pour la France, le projet Urban Mine Platform[43] indique :

- Filières conventionnelles : 53% (collectés et reportés 35%, recyclage avec d'autres déchets métalliques 17%, recyclage comme produit 1%)
- Filières alternatives : 47% (déchets ménagers 5%, écart de reporting 42%)

Ces valeurs ont donc été retenues pour la répartition entre les deux approches, à l'exception des smartphones pour lesquels des chiffres plus précis existent (27% pour la filière conventionnelle, et 73% pour la filière alternative).

[43] http://www.urbanmineplatform.eu/wasteflows/eee/percentage

6

Données utilisées dans le modèle ACV

6 DONNEES UTILISEES DANS LE MODELE ACV

6.1 Types et sources de données

Les calculs d'ACV nécessitent deux types d'informations différentes :

- **Des données liées aux caractéristiques physiques du système considéré**. Ces données sont issues de la collecte de données (données bibliographiques, données de mesures en laboratoire, ou données directement fournies par les acteurs du secteur) ;
- **Des données relatives aux impacts du cycle de vie des terminaux informatiques ou des flux d'énergie entrant dans le système considéré**. Ces données sont issues des bases de données telles que :
    - **NégaOctet** : Base de données privée d'analyse de cycle de vie des terminaux informatiques et électroniques mais également de services numériques (impact data, impact vidéo, etc.).
    - **CODDE & ELCD** : Regroupe une base de données générique et trois bases de données sectorielles (électromécanique, infrastructure et textile).
    - **Ecosystem** : Base de données privée d'analyse de cycle de vie sur les DEEE.

6.2 Inventaires des terminaux

Un tableau d'inventaire des données sur les terminaux est détaillé en *ANNEXE F - Inventaire des données .*

6.2.1 Inventaire du cycle de vie d'un smartphone

Le cycle de vie entier d'un smartphone a été modélisé pour cette étude à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau ci-dessous. La répartition entre ces données provient du rapport ADEME et Arcep[44].

Tableau 8 - Données et répartition utilisées pour la fabrication et la fin de vie des smartphones

Répartition	Données	Phase du cycle de vie
33%	NEGA-0493: Smartphone; 6.59 inches display LCD, 1 CPU 101.66 mm² 12 nm lithography, 6 GB RAM, 128 GB SSD	Fabrication
	NEGA-0516: Smartphone; 6.59 inches display LCD, 1 CPU 101.66 mm² 12 nm lithography, 6 GB RAM, 128 GB SSD	Fin de vie
33%	NEGA-0494: Smartphone; 6.57 inches display OLED, 1 CPU 101.66 mm² 8 nm lithography, 7 GB RAM, 160 GB SSD	Fabrication

[44] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022

	NEGA-0517: Smartphone; 6.57 inches display OLED, 1 CPU 101.66 mm² 8 nm lithography, 7 GB RAM, 160 GB SSD	Fin de vie
33%	NEGA-0495: Smartphone; 6.72 inches display OLED, 1 CPU 101.66 mm² 7 nm lithography, 11 GB RAM, 341 GB SSD	Fabrication
	NEGA-0518: Smartphone; 6.72 inches display OLED, 1 CPU 101.66 mm² 7 nm lithography, 11 GB RAM, 341 GB SSD	Fin de vie

Pour la phase de transport, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion ont été utilisées, et sont précisées dans le Tableau 9. Les distances et ratio des modes de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep[45], c'est-à-dire :

- Transport par bateau (Hypothèse de distance de Pékin à Paris, 20 204 km)
- Transport en avion (Hypothèse de distance de Pékin à Paris, 8 330 km)
- Transport en train (Hypothèse de distance de Pékin à Paris, 11 661 km)

À chaque fois, 1 000 km supplémentaires en camion sont ajoutés pour évaluer la distance supplémentaire requise[46].

Tableau 9 - Données utilisée pour le transport

Données NégaOctet
ELCD-0122 : Articulated lorry transport; Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix; 40 t total weight, 27 t max payload; RER
ELCD-0259 : Container ship ocean; technology mix; 27,500 dwt pay load capacity; RER
ELCD-0138 : Plane; technology mix, cargo; 68 t payload; RER

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français de 2018 a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : « CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR ».

Une durée de vie de 2,5 ans est considérée, ainsi qu'une intensité d'usage de 3,9 heures par jour[47].

La consommation énergétique du smartphone a été adaptée grâce aux données physiques mesurées en laboratoire. Une décharge de 1,33 mAh a été relevée pour l'écoute d'un contenu sur l'application mobile Deezer pendant 1h, et de 8,6 mAh pour le visionnage d'une vidéo sur l'application mobile YouTube. Cette consommation a été divisée par le rendement du chargeur et multiplié par la tension pour obtenir une énergie active consommée. De plus, la consommation du chargeur branché hors chargement et la consommation en veille de smartphone sont allouées à la consommation totale en fonction de l'intensité d'usage considérée. La consommation finale obtenue est de 0,86 Wh/h pour l'écoute d'un contenu sur l'application mobile Deezer, et 4,76 Wh/h

[45] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022
[46] Hypothèse PEP ecopassport PCR v3, approche pénalisante
[47] https://www.data.ai/en/go/state-of-mobile-2023/

pour le visionnage d'une vidéo sur l'application mobile YouTube. Les données utilisées dans les calculs sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 10 - Données de consommation énergétique des smartphones

Paramètres	Valeur	Unité	Source
Ratio réseau fixe/mobile	1,5	-	Greenspector
Autonomie en veille	277	h	*https://www.phonandroid.com/iphone-galaxy-pixel-always-on-divise-par-quatre-lautonomie-en-veille.html*
Capacité batterie	3590	mAh	Samsung
Intensité d'usage	3,90	h/jour	*https://www.data.ai/en/go/state-of-mobile-2023/*
Tension de fonctionnement	3,8	V	Greenspector
Rendement chargeur	69%	%	Life Cycle Assessment of the Fairphone 2 (2016)
Temps chargeur branché en moyenne	7	h/jour	Life Cycle Assessment of the Fairphone 2 (2016)
Pertes chargeur branché	30	mW	Life Cycle Assessment of the Fairphone 2 (2016)

6.2.2 Inventaire de cycle de vie d'un ordinateur portable

Le cycle de vie entier d'un ordinateur portable a été modélisé à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau ci-dessous. La répartition entre ces données est donnée par le rapport ADEME et Arcep[48].

Tableau 11 - Données et répartition utilisées pour la fabrication et la fin de vie des ordinateurs portables

Répartition	Données	Phase du cycle de vie
45%	NEGA-0487: Laptop; 14.5 inches display, 1 CPU 156 mm² 7 nm lithography, 13 GB RAM, 427 GB SSD, integrated graphic card	Fabrication
	NEGA-0510: Laptop; 14.5 inches display, 1 CPU 156 mm² 7 nm lithography, 13 GB RAM, 427 GB SSD, integrated graphic card	Fin de vie
45%	NEGA-0488: Laptop; 14.5 inches display, 1 CPU 126 mm² 14 nm lithography, 8 GB RAM, 564 GB SSD, integrated graphic card	Fabrication

[48] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022

	NEGA-0511: Laptop; 14.5 inches display, 1 CPU 126 mm² 14 nm lithography, 8 GB RAM, 564 GB SSD, integrated graphic card	Fin de vie
10%	NEGA-0489: Laptop; 15.6 inches display, 1 CPU 126 mm² 14 nm lithography, 16 GB RAM, 512 GB SSD, separated graphic card 445 mm² 12 nm lithography	Fabrication
	NEGA-0512: Laptop; 15.6 inches display, 1 CPU 126 mm² 14 nm lithography, 16 GB RAM, 512 GB SSD, separated graphic card 445 mm² 12 nm lithography	Fin de vie

Pour la phase de transport, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion ont été utilisées, et sont précisées dans le Tableau 9. Les distances et mode de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep[48].

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : « CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR ».

Une durée de vie de de 5 ans est considérée[49], ainsi qu'une intensité d'usage de 2.42 heures par jour[50].

Une consommation énergétique a été mesurée en laboratoire lors de la lecture d'un contenu de télévision de rattrapage sur un ordinateur portable connecté à un réseau fixe. Une consommation instantanée de 2,57mWh/s a été relevée. Cette consommation a été divisée par le rendement du chargeur pour obtenir une énergie active consommée. De plus, La consommation du chargeur branché hors chargement et la consommation passive de l'ordinateur sont allouées à la consommation totale en fonction de l'intensité d'usage considérée. La consommation finale obtenue est de 9,54 Wh/h. Les données utilisées dans les calculs sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 12 - Données de consommation énergétique des ordinateurs portables

Paramètres	Valeur	Unité	Source
Autonomie en veille	360	h	HP ProBook 470 G3 *https://support.hp.com/fr-fr/document/c04845559*
Capacité batterie	45	Wh	HP ProBook 450 G8 *https://support.hp.com/fr-fr/document/c06938403*
Durée journalière de veille	4	h	Hypothèse
Rendement chargeur	70%	%	*https://www.lesnumeriques.com/comprendre-alimentations-a749/une-histoire-de-rendement-ap559.html*
Temps chargeur branché en moyenne	7	h/jour	Life Cycle Assessment of the Fairphone 2 (2016)

[49] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022
[50] Estimé à partir du Baromètre du numérique, *CREDOC pour Arcep, Arcom, CGE et ANCT (2021)*

Pertes chargeur branché	30	mW	Life Cycle Assessment of the Fairphone 2 (2016)

6.2.3 Inventaire du cycle de vie d'une Tablette

Le cycle de vie entier d'une tablette a été modélisé à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau ci-dessous. La répartition entre les configurations provient du rapport ADEME et Arcep[51]

Tableau 13 - Données et répartition utilisées pour la fabrication et la fin de vie des smartphones

Répartition	Données	Phase du cycle de vie
33%	NEGA-0490: Tablet; 10,2 inches display LCD, 1 CPU 125 mm² 16 nm lithography, 4 GB RAM, 32 GB SSD	Fabrication et Distribution
	NEGA-0513: Tablet; 10,2 inches display LCD, 1 CPU 125 mm² 16 nm lithography, 4 GB RAM, 32 GB SSD	Fin de vie
33%	NEGA-0491: Tablet; 10,3 inches display LCD, 1 CPU 125 mm² 16 nm lithography, 4 GB RAM, 256 GB SSD	Fabrication et Distribution
	NEGA-0514: Tablet; 10,3 inches display LCD, 1 CPU 125 mm² 16 nm lithography, 4 GB RAM, 256 GB SSD	Fin de vie
33%	NEGA-0492: Tablet; 11,1 inches display LCD, 1 CPU 83,27 mm² 7 nm lithography, 6 GB RAM, 512 GB SSD	Fabrication et Distribution
	NEGA-0515: Tablet; 11,1 inches display LCD, 1 CPU 83,27 mm² 7 nm lithography, 6 GB RAM, 512 GB SSD	Fin de vie

Pour la phase de transport, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion sont incluses. Les distances et mode de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep[48].

Une durée de vie de de 3 ans est considérée[52], ainsi qu'une consommation énergétique de 5,21 Wh/h[53]. L'intensité d'usage a été estimée à 0,75 h/jour, à partir des taux d'équipements en tablette des foyers (48% sur la base 15 ans et plus)[54] et des données d'usages sur tablette estimées dans cette étude.

[51] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022
[52] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022
[53] Données constructeur, Apple Ipad Pro
[54] Arcom. (2023).Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine. Résultats des 1e et 2e trimestres 2022 pour la télévision.

6.2.4 Inventaire du cycle de vie d'une TV classique

Le cycle de vie entier d'une TV a été modélisé à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau ci-dessous. La répartition entre ces données est tirée des résultats de l'enquête CONSER EDF R&D[55].

Tableau 14 - Données et répartition utilisées pour la fabrication et la fin de vie des TV classiques

Répartition	Données	Phase du cycle de vie
86,7%	NEGA-0504: Television; 45 inches, LCD	Fabrication
	NEGA-0527: Television; 45 inches, LCD	Fin de vie
13,3%	NEGA-0506: Television ; 68 inches, OLED	Fabrication
	NEGA-0529: Television; 68 inches, OLED	Fin de vie

Avec cette répartition, la TV classique modélisée a un écran de 48 pouces.

Pour la phase de transport, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion ont été utilisées, et sont précisées dans le Tableau 9. Les distances et mode de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep[56].

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : « CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR ».

Une durée de vie de 8 ans est considérée[56], ainsi qu'une intensité d'usage de 4 heures par jour (même intensité que pour le décodeur TV).

La consommation énergétique des TV classiques est identique pour tous les scénarios concernés, et a été obtenu grâce à des fiches techniques de constructeurs, pour des téléviseurs identiques à celles des données NégaOctet. Elle est estimée à 130W[57].

6.2.5 Inventaire du cycle de vie d'une Smart TV

Le cycle de vie entier d'une Smart TV a été modélisé à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le

Tableau 15. La répartition a été calculée afin d'obtenir 17.5% de TV OLED[58], et une taille de TV moyenne de 49 pouces[59]. Les données et la répartition utilisée sont précisées dans le tableau suivant.

[55] ADEME, Thérèse KREITZ, EDF R&D, Guillaume BINET. (2023). L'équipement des ménages français en appareils électrodomestiques.
[56] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022
[57] Moyenne pondérée de https://www.lg.com/fr/televiseurs/lg-42LF2510-tv-lcd, https://www.sony.com/fr-bj/electronics/televiseurs/w800g-w802g-series/specifications, https://www.lg.com/uk/tvs/lg-oled65c36lc et https://www.samsung.com/uk/tvs/oled-tv/s95c-65-inch-oled-4ksmart-tv-qe65s95catxxu/
[58] https://www.avcesar.com/actu/id-38091/marche-tv-france-baisse-en-volume-et-en-valeur.html
[59] https://omdia.tech.informa.com/OM032620/Display-Dynamics--July-2023-In-May-2023-the-average-size-of-LCD-TV-displays-exceeded-50-inches-for-the-first-time

Tableau 15 - Données et répartition utilisées pour la fabrication et la fin de vie des Smart TV

Répartition	Données	Phase du cycle de vie
82,2%	NEGA-0504: Television; 45 inches, LCD	Fabrication
	NEGA-0527: Television; 45 inches, LCD	Fin de vie
0,63%	NEGA-0505: Television; 53 inches, OLED	Fabrication
	NEGA-0528: Television; 53 inches, OLED	Fin de vie
17,17%	NEGA-0506: Television; 68 inches, OLED	Fabrication
	NEGA-0529: Television; 68 inches, OLED	Fin de vie

Pour la phase de transport, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion ont été utilisées, et sont précisées dans le Tableau 9. Les distances et mode de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep 2022[60].

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : « CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR ».

La durée de vie et l'intensité d'usage des Smart TV sont considérées identiques à celles des TV classiques.

La consommation énergétique des Smart TV est identique pour tous les scénarios concernés, et a été obtenue grâce à des fiches techniques de constructeur. Elle est estimée à 139,5W[61].

6.2.6 Inventaire de cycle de vie d'un décodeur TV

Le cycle de vie entier d'un décodeur TV a été modélisé à l'aide des données NégaOctet.

Les phases de production et de fin de vie de la box TV ont été modélisées à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau suivant.

Tableau 16 - Inventaire du cycle de vie d'un décodeur TV

Données	Phase du cycle de vie
NEGA-0791: Set top box	Fabrication
NEGA-0828 : Set top box	Fin de vie

Pour la phase de transport, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion ont été utilisées, et sont précisées dans le Tableau 9. Les distances et mode de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep[63].

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : « CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR ».

[60] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022

[61] Moyenne de https://www.lg.com/uk/tvs/lg-oled65c36lc et https://www.samsung.com/uk/tvs/oled-tv/s95c-65-inch-oled-4ksmart-tv-qe65s95catxxu/ , mix HDR/SDR de 50%

La consommation moyenne des décodeurs TV est estimée à 37,4 kWh/an, pour une intensité d'usage estimée à 4 heures par jour[62]. La durée de vie des décodeurs TV considérée est de 5 ans[63].

6.2.7 Inventaire du cycle de vie d'un boîtier OTT

Faute de données spécifiques sur les boîtiers OTT, ces équipements ont été modélisés de la même manière que les décodeurs TV, détaillés au paragraphe précédent.

6.2.8 Inventaire du cycle de vie d'un transistor

Le cycle de vie entier d'un transistor a été modélisé à l'aide de données NégaOctet et CODDE. L'inventaire du cycle de vie est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 17 - Inventaire du cycle de vie d'un transistor

Composants / étape	Donnée	Source	Valeur	Unité	Phase du cycle de vie
Carte mère – Fabrication	NEGA-0052: Motherboard; mix of equipment, without processor or RAM	NégaOctet	0,01	m²	Fabrication
Carte mère – Fin de vie	NEGA-0057: Motherboard; mix of equipment, without processor or RAM				Fin de vie
Processeur	NEGA-0150: Processor, DRAM, 2D and 3D NAND type semiconductor; silicon substrate, PBGA/TFBGA/VFBGA encapsulation, 82 mm² die area, 58 masks, 14 nm photolithography	NégaOctet	1	unité	Fabrication
Boîtier – Fabrication	NEGA-0050: Casing; mix of equipment	NégaOctet	0,083	kg	Fabrication
Boîtier – Fin de vie	NEGA-0058: Casing; mix of equipment				Fin de vie
Haut-parleurs - Fabrication	ECO-141- : Loudspeaker, RER	CODDE	0,75[64]	kg	Fabrication
Haut-parleurs – Fin de vie	Modélisation I Care de traitement de fin de vie des DEEE avec des données CODDE selon une répartition de l'ADEME[65]				Fin de vie

La phase de transport est incluse dans ces données.

[62] D'après des données transmises par Orange et mesurées sur son parc de décodeurs TV
[63] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022
[64] Mix entre 5 transistor, https://fr.jbl.com/dab-radio/TUNER+2-.html?cgid=radio-speaker, https://fr.jbl.com/dab-radio/TUNER+XL-.html?cgid=radio-speaker , https://www.boulanger.com/ref/8002709 , https://www.boulanger.com/ref/9000192361 , https://www.boulanger.com/ref/8009797
[65] Équipements électriques et électroniques : données 2020 – Rapport annuel, ADEME

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : « CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR ».

La durée de vie considérée des transistors est de 5 ans, leur intensité d'usage de 2 heures par jour et leur consommation d'énergie de 4,8Wh/h[66].

6.2.9 Inventaire du cycle de vie d'un autoradio

Le cycle de vie entier d'un autoradio a été modélisé à l'aide de données NégaOctet et CODDE. L'inventaire du cycle de vie est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 18 - Inventaire du cycle de vie d'un autoradio

Composants / étape	Donnée	Source	Valeur	Unité	Phase du cycle de vie
Carte mère – Fabrication	NEGA-0052 : Motherboard; mix of equipment, without processor or RAM	NégaOctet	0,02	m²	Fabrication
Carte mère – Fin de vie	NEGA-0057: Motherboard; mix of equipment, without processor or RAM				Fin de vie
Processeur	NEGA-0150: Processor, DRAM, 2D and 3D NAND type semiconductor; silicon substrate, PBGA/TFBGA/VFBGA encapsulation, 82 mm² die area, 58 masks, 14 nm photolithography	NégaOctet	1	unité	Fabrication
Boîtier – Fabrication	NEGA-0050 : Casing; mix of equipment	NégaOctet	0,2	kg	Fabrication
Boîtier – Fin de vie	NEGA-0058: Casing; mix of equipment				Fin de vie
Haut-parleurs - Fabrication	ECO-141- : Loudspeaker, RER	CODDE	4,33[67]	kg	Fabrication
Haut-parleurs – Fin de vie	Modélisation I Care de traitement de fin de vie des DEEE avec des données CODDE selon une répartition de l'ADEME[68]				Fin de vie

Les phases de transport et distribution sont incluses dans ces données.

[66] ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission

[67] Poids moyen de 4 haut-parleurs, calculé à partir de https://www.futura-sciences.com/tech/comparatifs/meilleur-haut-parleur-voiture-comparatif/

[68] Équipements électriques et électroniques : données 2020 – Rapport annuel, ADEME

Pour la phase d'utilisation, la consommation d'un autoradio est considérée comme égale à la puissance de chaînes Hi-Fi , et est de 38Wh/h[69]. En utilisant un rendement moteur thermique de 40%, un rendement alternateur de 80%, et une énergie de 8.9 kWh par litre de carburant, on calcule le volume de carburant nécessaire au fonctionnement de l'autoradio pendant un temps donné.

La donnée NégaOctet « Diesel oil combustion ; in engine, including diesel oil production; consumption mix, at consumer; 42 MJ/kg net calorific value; RER » a été utilisée.

Aucune donnée n'était disponible concernant la durée de vie et l'intensité d'usage. Une durée de vie de 10 ans, proche de celle des voitures a été retenue par hypothèse, ainsi qu'une intensité d'usage de 45min/jour. Cette intensité d'usage a été estimée en divisant le nombre d'heures d'usage total de l'autoradio par le nombre d'autoradios présentes en France. Ces données sont détaillées dans la partie *6.9 Modélisation des usages à l'échelle France.*

6.2.10 Inventaire du cycle de vie d'une chaîne Hi-Fi

Le cycle de vie entier d'une chaîne Hi-Fi a été modélisé pour cette étude à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19 - Inventaire du cycle de vie d'une chaîne Hi-Fi

Donnée	Source	Valeur	Unité	Phase du cycle de vie
ECO-141- : Loudspeaker, RER	CODDE	0,5	item	Fabrication
NEGA-0053: Hard disk drive; mix of 2.5" and 3.5", mix of aluminium and glass disks; China, CN	NégaOctet	1	item	Fabrication
NEGA-0057: Motherboard; mix of equipment, without processor or RAM	NégaOctet	0,004	m²	Fabrication
ECO-177-: Cable, for phone; FR	CODDE	0,38	m	Fabrication
CODDE-0072: Tn_STN LCD display panel, Monochrome; HK	CODDE	1	item	Fabrication
CODDE-0751: Power supply unit (PSU), computers, rack and mainframe servers; input AC 100-240V, output DC 12V; China, CN	CODDE	1	item	Fabrication
Electronic component, passive, unspecified	Modélisé depuis CODDE	0,4	kg	Fabrication

[69] ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission

Mix transport	Mix de transport NégaOctet	11,7	kg	Distribution
Modélisation I Care de traitement de fin de vie des DEEE avec des données CODDE selon une répartition de l'ADEME[70]	Modélisé depuis CODDE	11,7	kg	Fin de vie

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : « CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR ».

La durée de vie considérée des chaînes Hi-Fi est de 5 ans, leur intensité d'usage de 2 heures par jour et leur consommation d'énergie de 38 Wh/h[71].

6.2.11 Radio-réveils et stations d'accueil

Faute de données spécifiques sur les radio-réveils et stations d'accueil, ces terminaux ont été modélisés de la même manière que les transistors, détaillés au paragraphe précédent.

6.2.12 Inventaire du cycle de vie d'une enceinte connectée

Le cycle de vie entier d'une enceinte connectée a été modélisé à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau ci-dessous. La répartition entre ces données est tirée du rapport ADEME et Arcep[72].

Tableau 20 - Inventaire du cycle de vie d'une enceinte connectée

Données	Phase du cycle de vie
NEGA-0811: Connected speaker	Fabrication
NEGA-0848: Connected speaker	Fin de vie

Pour la phase de transport, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion ont été utilisées, et sont précisées dans le Tableau 9. Les distances et mode de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep 2022[72].

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : « CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR ».

Une durée de vie de 5 ans est considérée[72], ainsi qu'une intensité d'usage de 4 heures par jour[73].

La consommation énergétique des enceintes connectées est identique pour tous les scénarios concernés. Elle est estimée à 2,3 Wh/h en veille, et 4,2 Wh/h en mode actif (diffusion d'un

[70] Équipements électriques et électroniques : données 2020 – Rapport annuel, ADEME
[71] ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission
[72] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022
[73] ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission

contenu)[73]. L'énergie consommée en mode veille est redistribuée équitablement sur les heures passées en mode actif.

6.2.13 Inventaire du cycle de vie d'un vidéoprojecteur

Le cycle de vie entier d'un vidéo projecteur a été modélisé à l'aide des données NégaOctet. Les données utilisées pour les phases de fabrication et de fin de vie sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 21 - Inventaire du cycle de vie d'un vidéo projecteur

Données	Phase du cycle de vie
NEGA-0917: Video projector	Fabrication
NEGA-0848: Video projector	Fin de vie

Pour la phase de transport, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion ont été utilisées, et sont précisées dans le Tableau 9. Les distances et mode de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep 2022.

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : « CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR ».

Une durée de vie de de 5 ans est considérée. L'intensité d'usage choisie est celle des télévisions, de 4 heures par jour, afin de pouvoir comparer ces équipements dans le cas d'une hypothétique substitution des télévisions par les vidéoprojecteurs. Cette intensité d'usage n'est donc pas représentative de l'usage actuel des vidéoprojecteurs, donnée dans le rapport ADEME et Arcep 2022.

La consommation énergétique des vidéoprojecteurs est estimée à 200 Wh/h[74].

6.2.14 Equipements annexes

Les équipements annexes pour la consommation de contenus audiovisuels désignent des accessoires qui complètent les équipements principaux tels que les smartphones, les ordinateurs ou les téléviseurs. Ces accessoires sont conçus pour améliorer l'expérience d'écoute ou de visionnage en offrant une meilleure qualité audio ou en permettant de partager du contenu avec d'autres personnes.

Quatre équipements annexes différents ont été considérés dans cette étude :

- Les écouteurs filaires ;
- Les écouteurs sans fil ;
- Les casques audio ;
- Les enceintes audio portables.

Les cycles de vie entiers de ces équipements ont été modélisés à l'aide de données NégaOctet et CODDE. Les inventaires du cycle de vie sont présentés dans l'*ANNEXE G – Inventaire du cycle de vie des équipements annexes.*

Pour la phase d'utilisation, seule la consommation énergétique des enceintes audio portables a été considérée, celles des écouteurs et casques n'a pas été pris en compte[75]. Pour les enceintes

[74] ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission
[75] Cette consommation, difficilement mesurable, est considérée faible devant celle des équipements principaux.

audio portables, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : « CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR ».

La durée de vie retenue des enceintes audio portables est de 8 ans, leur intensité d'usage de 4 heures par jour en moyenne et leur consommation d'énergie de 9,25Wh/h[76].

6.3 Inventaires des réseaux

6.3.1 Modèle environnementale pour les réseaux fixe & mobile

Le RCP FAI propose un modèle environnemental théorique pour répartir les impacts globaux des réseaux à l'échelle d'un abonné, en fonction de sa consommation de données. Il repose sur une répartition des impacts selon un modèle linéaire.

Une synthèse des particularités de ce modèle est donnée dans ce rapport, afin de le rendre plus compréhensible. Pour plus de détails, consulter le RCP FAI.

L'impact environnemental d'un réseau télécom est découpé en deux composantes :

- Une composante variable *a*, dépendant de la quantité de données échangées, X (en Go), sur le réseau par les utilisateurs et utilisatrices ;
- Une composante fixe *b* dépendant du nombre d'utilisateurs et utilisatrices du réseau.

Cette proposition de modélisation vise à simplifier les calculs d'impacts, par une représentation linéaire, comme illustrée sur la figure ci-dessous.

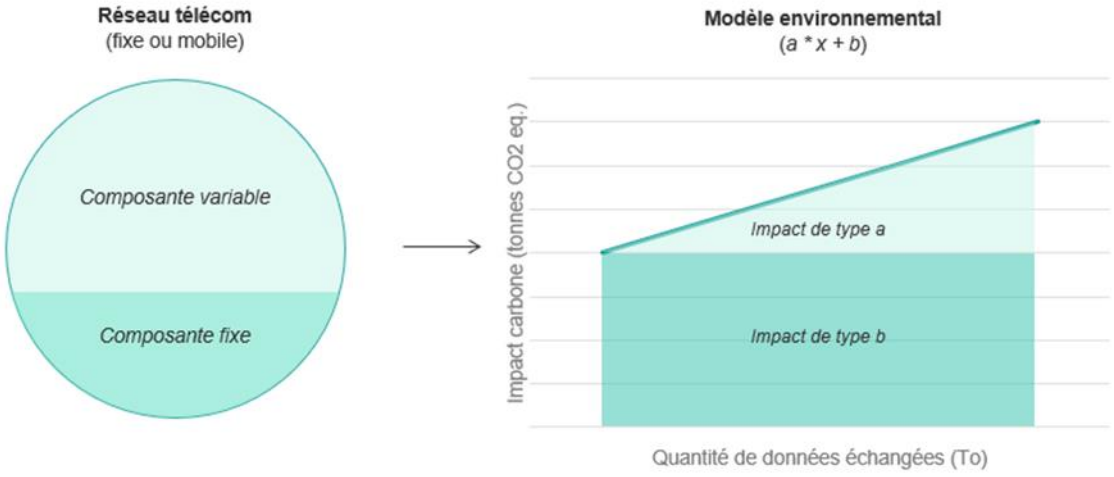


Figure 8 - Représentation graphique du modèle environnemental théorique des réseaux (Source : RCP FAI)

En pratique, pour chaque catégorie d'équipements, une répartition des impacts entre les composantes a et b est proposée dans le RCP FAI.

Les impacts des flux concernant à la fois le réseau fixe et mobile, sont répartis sur les impacts des réseaux fixe et mobile. Les règles d'allocation sont appliquées en fonction des composantes :

- La composante variable de « type a » des impacts environnementaux est allouée en fonction du volume de données ;

[76] ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission

- La composante fixe de « type b » est allouée selon le nombre d'abonnés utilisant la technologie concernée (fixe ou mobile).

6.3.1.1 Inventaire du cycle de vie du réseau fixe

Les phases de fabrication, transport et fin de vie du réseau fixe (réseau backbone, de distribution et de transport, et de raccordement) ont été modélisées à l'aide du modèle environnemental proposé par le RCP FAI dans ADEME « évaluation de l'empreinte environnementale de la fourniture d'accès à internet en France »[77].

Les résultats obtenus sur le cycle de vie du réseau fixe à partir des données de l'Evaluation environnementale FAI, sont exprimés pour la composante *a* par Go et pour la composante *b* par abonné et par an. Pour ramener ces impacts à l'unité fonctionnelle d'1 heure d'utilisation d'équipement connecté au réseau fixe, une allocation sur le nombre d'heures d'utilisation a été considérée et est détaillée dans le tableau suivant :

Tableau 22 - Allocation par heure d'utilisation du réseau fixe

Données	Valeur	Source
Durée d'usage du réseau fixe par abonné	4,5 h/j	ADEME-Arcep 2022 - Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France
Nombre de personne par foyer en France en 2022	2,17 personnes/foyer	Insee *Hypothèse : on considère 1 abonnement par foyer*
Nombre d'heure annuel d'utilisation d'un abonné sur réseau fixe	3564 h/abonné/an	Calcul

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : CODDE-2548 - Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR. La consommation d'énergie considérée pour les composantes *a* et *b* est détaillée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 23 – Données pour la consommation d'énergie du réseau fixe

Données	Valeur	Source
Consommation d'énergie du réseau (**hors box**)	904 GWh/an	ADEME - Evaluation environnementale FAI 2024
Consommation d'énergie du réseau (**box**)	2919 GWh/an	ADEME - Evaluation environnementale FAI 2024
Allocation énergie **hors box** – composante *a*	20%	ADEME - PCR FAI
Allocation énergie **hors box** - composante *b*	80%	ADEME - PCR FAI

[77] ADEME. (2024). *Empreinte environnementale de la fourniture d'accès internet en France.*

Allocation énergie **box** - composante *a*	5%	ADEME - PCR FAI
Allocation énergie **box** - composante *b*	95%	ADEME - PCR FAI
Consommation d'énergie de la composante *a* par Go	5 Wh/Go	Calcul
Consommation d'énergie de la composante *b* par abonné	117,8 kWh/abonné/an	Calcul

6.3.1.2 Inventaire du cycle de vie du réseau mobile

Les phases de fabrication, transport et fin de vie du réseau mobile (réseau de cœur, de transport, et d'accès) ont été modélisées à l'aide du modèle environnemental proposé par le RCP FAI dans l'étude ADEME « évaluation de l'empreinte environnementale de la fourniture d'accès à internet en France »[78].

Les résultats obtenus sur le cycle de vie du réseau mobile à partir des données de l'Evaluation environnementale FAI, sont exprimés pour la composante *a* par Go et pour la composante *b* par abonné et par an. Pour ramener ces impacts à l'unité fonctionnelle d'1 heure d'utilisation d'équipement connecté au réseau mobile, une allocation sur le nombre d'heures d'utilisation a été considérée et est détaillée dans le tableau suivant :

Tableau 24 - Allocation par heure d'utilisation du réseau mobile

Données	Valeur	Source / Commentaire
Durée d'usage du réseau mobile par abonné	1,95 h/j	ADEME-Arcep 2022 - Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France
Nombre de personne par abonnement mobile en France	1 personne/abonnement	Hypothèse
Nombre d'heure annuel d'utilisation d'un abonné sur réseau mobile	712 h/abonné/an	Calcul

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : CODDE-2548 - Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR. La consommation d'énergie considérée pour les composantes *a* et *b* est détaillée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 25 – Données pour la consommation d'énergie du réseau mobile

Données	Valeur	Source

[78] ADEME. (2024). *Empreinte environnementale de la fourniture d'accès internet en France.*

Consommation d'énergie du réseau (box)	2919 GWh/an	ADEME - Evaluation environnementale FAI 2024
Allocation énergie – composante *a*	40%	ADEME - PCR FAI
Allocation énergie - composante *b*	60%	ADEME - PCR FAI
Consommation d'énergie de la composante *a* par Go	103 Wh/Go	Calcul
Consommation d'énergie de la composante *b* par abonné	21,8 kWh/abonné/an	Calcul

6.3.1.3 Inventaire du cycle de vie du réseau IPTV géré

Le réseau IPTV géré utilise les mêmes infrastructures que le réseau internet fixe, seulement la transmission de données ne se fait pas de la même manière. Les parties du réseau backbone[79] et de transport, pour la transmission en IPTV géré, se fait en multicast, ainsi ces deux parties sont très peu sollicitées par rapport à la partie du réseau de raccordement, où la transmission se fait en unicast (comme pour le réseau internet fixe). Le fonctionnement du réseau IPTV géré est explicité partie en *ANNEXE B – Description des éléments de l'état des lieux des différentes technologies de diffusion et consommation audiovisuelle en France*).

Les phases de fabrication, transport et de fin de vie du réseau ont été modélisées à l'aide du modèle environnemental proposé par le RCP FAI utilisé pour la modélisation du réseau fixe, mais seulement pour la partie box (qui constitue la majorité des impacts du réseau d'accordement). La partie hors box du réseau fixe n'a pas été prise en compte pour la modélisation du réseau IPTV géré.

L'allocation pour ramener ces impacts de la box internet à l'unité fonctionnelle d'1 heure d'utilisation d'équipement connecté au réseau IPTV géré, est prise identique à celle du réseau fixe détaillé partie *6.3.1.1 Inventaire du cycle de vie du réseau fixe*.

A noter que le débit IPTV en HD de 2,25Go/h[80] est utilisé pour l'allocation de la composante *a* du réseau.

Pour la phase d'utilisation, le mix électrique français a été considéré. La donnée NégaOctet associée est : CODDE-2548 - Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR. La consommation d'énergie considérée pour les composantes *a* et *b* est détaillé dans le tableau ci-dessous.

[79] Cœur de réseau
[80] Source: Orange

Tableau 26 - Données pour la consommation d'énergie du réseau IPTV géré

Données	Valeur	Source
Consommation d'énergie du réseau mobile	2878 GWh/an	ADEME - Evaluation environnementale FAI 2024
Allocation énergie box - composante *a*	5%	ADEME - PCR FAI
Allocation énergie box - composante *b*	95%	ADEME - PCR FAI
Consommation d'énergie de la composante *a* par Go	2 Wh/Go	Calcul
Consommation d'énergie de la composante *b* par abonné	93,4 kWh/abonné/an	Calcul

6.3.1.4 Inventaire du cycle de vie du réseau TNT

Le réseau TNT est modélisé par son infrastructure et sa consommation électrique.

Pour l'infrastructure, la fabrication de chaque pylône est prise en compte selon les données du Référentiel méthodologique d'évaluation environnementale de la Fourniture d'Accès à Internet, en considérant que les pylônes utilisés pour les réseaux mobiles sont identiques à ceux utilisés pour la diffusion des réseaux hertziens.

Les émetteurs ont été modélisés par leur poids à l'aide de données génériques, en prenant en compte le poids des racks qui les portent. Le poids des émetteurs pris en compte inclut, en plus de la fonction d'émission, les fonctions d'encodage et de filtrage.

L'impact des antennes, des réseaux de câbles, des multiplexeurs et des systèmes de relais radio a été négligé devant l'impact des pylônes et des émetteurs.

Les données utilisées pour la modélisation de l'infrastructure sont regroupées dans le tableau suivant.

Tableau 27 - Inventaire du cycle de vie de l'infrastructure du réseau TNT

Données	Phase	Source
Pylônes		
CODDE-2267 : Steel sections; [100:0] 35% recycled; Europe, RER	Fabrication	CODDE
ELCD-0107 : Landfill of ferro metals; EU-27	Fin de vie	ELCD
CODDE-0036 : Concrete; RER	Fabrication	CODDE
ELCD-0108 : Landfill of glass/inert waste; EU-27	Fin de vie	ELCD

Emetteurs		
Electronic component, active, unspecified	Fabrication et distribution	Modélisé depuis CODDE
Electronic component, passive, unspecified	Fabrication et distribution	Modélisé depuis CODDE
CODDE-2267 : Steel sections; [100:0] 35% recycled; Europe, RER	Fabrication et distribution	CODDE
Mix transport	Distribution	Mix de transport NégaOctet
ELCD-0107 : Landfill of ferro metals; EU-27	Fin de vie	ELCD
Waste electric and electronic equipment, end of life	Fin de vie	Modélisé depuis CODDE

Pour l'allocation des impacts des infrastructures, une durée de vie de 50 ans a été considérée pour les pylônes[81], et une durée de vie de 5 ans pour les émetteurs, par hypothèse. Les émetteurs sont considérés actifs en permanence.

Les pylônes ne servent pas uniquement pour un émetteur, mais supportent souvent plusieurs antennes, radio, TNT ou mobile. Ainsi un facteur d'allocation a été pris en compte pour ne retenir que l'impact imputable au réseau TNT, et une valeur conservatrice de 19%. Ce taux correspond au rapport du nombre de pylônes portant la TNT par nombre d'émetteurs TNT en France et est donc maximisant.

Pour la phase d'utilisation, la consommation du réseau TNT est considérée dans son entièreté, autant pour sa diffusion que sa réception (excluant la consommation des décodeurs et des télévisions). Cette consommation est estimée à 107 GWh/ an[82].

Cette consommation totale a été rapportée à chaque utilisateur grâce au nombre d'heures d'équipement annuelles pour la TNT, calculé à partir des données de Médiamétrie, estimé à 12,9 GWh/an.

Le mix électrique français a été utilisé. La donnée NégaOctet associée est : CODDE-2548-Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR.

6.3.1.5 Réseau satellitaire

Faute de données spécifiques sur le réseau satellitaire utilisé pour la transmission de la télévision linéaire, les usages faisant appel à ce réseau ont été modélisés de la même manière que pour les usages utilisant le réseau TNT (cf. paragraphe précédent)

[81] https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/pathologie-generale-pathologie-du-beton-42240210/constructions-metalliques-c2690/
[82] The LoCaT Project (2021). Quantitative study of the GHG emissions of delivering TV content.

6.3.1.6 Inventaire du cycle de vie du réseau FM

Le réseau FM est modélisé par son infrastructure et sa consommation électrique.

Pour l'infrastructure, la fabrication de chaque pylône est prise en compte selon les données du Référentiel méthodologique d'évaluation environnementale de la Fourniture d'Accès à Internet, en considérant que les pylônes utilisés pour les réseaux mobiles sont identiques à ceux utilisés pour la diffusion des réseaux hertziens.

Les émetteurs ont été modélisés par leur poids à l'aide d'une donnée générique, en prenant un poids différent selon la puissance de l'émetteur, et en prenant en compte le poids des racks qui les portent. Le poids des émetteurs pris en compte inclut, en plus de la fonction d'émission, les fonctions de codage et de filtrage[83].

L'impact des antennes, des réseaux de câbles, de la transmission hertzienne vers les émetteurs et des multiplexeurs a été négligé devant l'impact des pylônes et des émetteurs.

Les données utilisées pour la modélisation de l'infrastructure sont regroupées dans le tableau suivant.

Tableau 28 - Inventaire du cycle de vie de l'infrastructure du réseau FM

Données	Phase	Source
Pylônes		
CODDE-2267 : Steel sections; [100:0] 35% recycled; Europe, RER	Fabrication	CODDE
ELCD-0107 : Landfill of ferro metals; EU-27	Fin de vie	ELCD
CODDE-0036 : Concrete; RER	Fabrication	CODDE
ELCD-0108 : Landfill of glass/inert waste; EU-27	Fin de vie	ELCD
Emetteurs		
Electronic component, active, unspecified	Fabrication et distribution	Modélisé depuis CODDE
Electronic component, passive, unspecified	Fabrication et distribution	Modélisé depuis CODDE
CODDE-2267 : Steel sections; [100:0] 35% recycled; Europe, RER	Fabrication et distribution	CODDE
Mix transport	Distribution	Mix de transport NégaOctet
ELCD-0107 : Landfill of ferro metals; EU-27	Fin de vie	ELCD
Waste electric and electronic equipment, end of life	Fin de vie	Modélisé depuis CODDE

[83] http://www.tekobroadcast.com

Pour l'allocation des impacts des infrastructures, une durée de vie de 50 ans a été considérée pour les pylônes[84], et une durée de vie de 5 ans pour les émetteurs, par hypothèse. Les émetteurs sont considérés actifs en permanence.

Les pylônes ne servent pas uniquement pour un émetteur, mais supportent souvent plusieurs antennes, radio, TNT ou mobile. Ainsi un facteur d'allocation a été pris en compte pour ne retenir que l'impact imputable au réseau FM. Une valeur hypothétique de référence de 35% a été retenue, mais des valeurs hautes et basses de respectivement 25% et 45% sont étudiées dans des scénarios associés en analyse de sensibilité. La valeur haute correspond au rapport du nombre de pylônes portant la FM par nombre d'émetteurs FM en France.

Pour la phase d'utilisation, les consommations des émetteurs FM ont été estimées à partir de leurs puissances apparentes rayonnées.

Plusieurs facteurs interviennent dans le calcul de la puissance consommée à partir de la puissance apparente rayonnée. Ces facteurs sont très variables selon les émetteurs, et aucune donnée n'a été identifiée pour les caractériser précisément pour tout le réseau FM français.

Des hypothèses, décrites ci-après, ont été prises pour chacun de ces facteurs afin de modéliser un scénario dit de référence, mais des valeurs hautes et basses ont également été considérées pour obtenir des intervalles de consommation. Le scénario de référence est celui présenté dans les résultats principaux, et les scénarios haut et bas seront caractérisés en analyse de sensibilité.

Les facteurs pris en compte sont les suivant :

- Le *gain d'antenne*, propre à la technologie et la géométrie de l'antenne. Ce gain est au minimum de 2dB, ce qui correspond aux antennes dipolaires, non-directives, souvent utilisées pour les faibles puissances, et peut aller jusqu'à 10dB pour une antenne parabolique. La valeur de référence choisie est de 5dB.
- Les *pertes feeder*, correspondant aux pertes électriques dans le câble reliant l'émetteur à son antenne. Ces pertes ont été estimées grâce à la hauteur moyenne des antennes connue, ainsi que la section d'un câble coaxial utilisé classiquement.
- Le *rendement de l'émetteur*, qui prend en compte les pertes de fonctionnement et de refroidissement de cet émetteur. Ce rendement est estimé en valeur de référence à 50%, et des valeurs de 30% et 70% ont été utilisées pour les scénarios haut et bas.

La consommation totale du réseau ainsi obtenue est rapportée à chaque utilisateur grâce aux données d'usages de la radio. Selon Médiamétrie, 37,47 millions de français écoutent la radio chaque jour, pendant en moyenne 2,52h[85].

Cette donnée d'usage ne précise cependant pas la répartition entre les écoutes via le réseau FM et le réseau DAB+. Cette répartition est en effet complexe à obtenir car inconnue des opérateurs, et les utilisateurs n'ont pas forcément connaissance du réseau utilisé par leur équipement radio.

Cette répartition a été estimée de la manière suivante :

- Parmi les écoutes en FM, la part de l'écoute sur autoradios est estimée à 44%[86].
- 77% des terminaux compatibles DAB+ sont des autoradios, d'après les données du site WorldDAB[87]. Parmi les écoutes en DAB+, la part de l'écoute sur autoradios est donc estimée à 44%.

[84] https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/pathologie-generale-pathologie-du-beton-42240210/constructions-metalliques-c2690/
[85] Audience de la Radio en France en Janvier-Mars 2023, Communiqué de presse, Médiamétrie
[86] Estimé depuis l'Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, T3 et T4 2021, Arcom
[87] https://www.worlddab.org

- Enfin, on estime que 11% des 38 millions de véhicules français sont compatibles DAB, d'après les données du site WorldDAB. Le taux de couverture du DAB+ est supérieur à 50% mais les axes routiers ont été déployés en priorité[88], on suppose donc que le taux de couverture des axes routiers est de 75%. Parmi l'écoute totale de radio en direct sur autoradio en France, on estime donc que 8% des audiences passent par le réseau DAB+ et 92% par le réseau FM.

On obtient ainsi une répartition des écoutes radio de 5% de DAB+ et 95% de FM. Pour prendre en compte l'incertitude de cette estimation, des hypothèses hautes et basses ont été considérées. La répartition haute a été fixée à 10% de DAB+, la répartition basse à 2%.

6.3.1.7 Inventaire du cycle de vie du réseau DAB+

Le réseau DAB+ est modélisé par son infrastructure et sa consommation électrique.

Pour l'infrastructure, la méthode et les données utilisées sont identiques à celles du réseau FM et ces dernières sont regroupées dans le Tableau 28.

Les pylônes ne servent pas uniquement pour un émetteur, mais supportent souvent plusieurs antennes, radio, TNT ou mobile. Ainsi un facteur d'allocation a été pris en compte pour ne retenir que l'impact imputable au réseau DAB+. Une valeur hypothétique de référence de 50% a été retenue, mais des valeurs hautes et basses de respectivement 20% et 79% sont étudiées dans des scénarios associés en analyse de sensibilité. Ces estimations sont plus faibles que pour le réseau FM, car le réseau DAB+ compte encore peu d'émetteurs, et a été déployé récemment et a donc pu profiter d'infrastructures déjà existantes. La valeur haute correspond à la proportion du nombre de pylônes portant le DAB+ et du nombre d'émetteurs DAB+ en France.

Pour la phase d'utilisation, les consommations des émetteurs DAB+ ont été estimées à partir de leurs puissances apparentes rayonnées puis rapportées à chaque équipement en utilisant la même méthode que pour le réseau FM (cf. *6.3.1.6 Inventaire du cycle de vie du réseau FM*).

6.4 Inventaires des centres de données

6.4.1 Serveurs et centres de données pour l'audio

Les équipements pris en compte dans la modélisation de ce tiers sont :

- Les centres de données, qui permettent le stockage de l'ensemble des contenus vidéo d'un fournisseur, aussi appelé « centres de données origine » ;
- Les serveurs CDN qui servent à distribuer les contenus vidéo au plus proche des utilisateurs.

L'impact du traitement des données utilisateurs, ainsi que des algorithmes de recommandation ne sont pas pris en compte par manque de données.

La modélisation du cycle de vie des centres de données origine et CDN a pu être réalisée en partie grâce aux données collectées auprès de Deezer[89], qui constitue la deuxième plateforme de streaming audio la plus utilisée en France, ainsi qu'aux données publiées par Akamaï[90], l'un des principaux fournisseurs de CDN en France. Certaines des données Deezer sont confidentielles, et ne peuvent être partagées dans ce rapport, mais des estimations ont pu être calculées.

[88] https://www.arcom.fr/actualites/deploiement-en-france-de-la-radio-numerique-terrestre-dab
[89] Deezer utilise pour une bonne partie de son réseau de CDN, des infrastructures fournies par Akamai. Les données utilisées pour la modélisation des CDN audio proviennent directement d'Akamai.
[90] https://www.akamai.com/site/en/documents/akamai/akamai-2022-esg-impact-report.pdf

Les autres sources utilisées sont les suivantes :

- l'infrastructure IT et non-IT des centres de données est modélisée à l'aide des données issues de fiches de bonnes pratiques sur les services numériques, produites par le LCIE Bureau Veritas (EIME v6) ;
- les données d'impact de la base NégaOctet sont également utilisées. Certains choix de procédé ont été fait en suivant les recommandations des fiches bonnes pratiques sur les services numériques.

Pour les phases de transport des équipements des centres de données origine et des CDN, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion ont été utilisées. Les distances et mode de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep 2022[91].

- Centre de données « origine » audio :

Pour les centres de données origine, la modélisation suit une approche « Top down », ainsi l'impact de l'ensemble du parc des centres de données de Deezer a pu être calculé puis alloué à 1h d'écoute audio.

Les données de modélisation des centres de données origine sont résumées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 29 – Données de modélisation des centres de données origine pour l'audio

Données relatives aux caractéristiques physiques		
Données	**Valeur**	**Source / Commentaire**
Nombre de serveur par heure d'audio	2,12E-07 serveur/h	Estimation d'après les données Deezer
Consommation d'énergie pour tous les centres de données origine par heure d'audio	0,73 Wh/h	Estimation d'après les données Deezer *Cette consommation totale prend en compte le PUE et le taux d'utilisation de chaque centre de données*
Durée de vie des équipements IT	5 ans	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Durée de vie pour l'infrastructure non IT	25 ans	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Ratio d'infrastructure par serveur	0,68 m2/serveur	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Pare-feu par serveur	0,0358 pare-feu/serveur	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Switch par serveur	1,468 switch/serveur	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Routeur par serveur	0,286 routeur/serveur	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Nombre de baie de stockage par heure d'audio	9,34E-08 baies.an/h	Estimation d'après les données Deezer

[91] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022

Le tableau suivant présente les procédés NégaOctet utilisés pour la modélisation de la fabrication et de la fin de vie des centres de données origine. Ces choix de procédés ont été fait pour coller au mieux avec caractéristiques des centres de données de Deezer.

Tableau 30 - Procédés pour la modélisation des centres de données origine pour l'audio

Données relatives aux impacts du cycle de vie		
Données	**Phase**	**Source / Commentaire**
NEGA- 0309 : Rack server ; 2 processor high-end ; 1 SSD: 1024 GB each ; 0 HDD ; 2 RAM, 16 GB each ; 0 GPU	*Fabrication*	*NégaOctet*
NEGA- 0460 : Rack server ; 2 processor high-end ; 1 SSD: 1024 GB each ; 0 HDD ; 2 RAM, 16 GB each ; 0 GPU	*Fin de vie*	*NégaOctet*
NEGA-0120 : Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 2048 Go ; production mix, at plant; CN	*Fabrication*	*NégaOctet*
NEGA-0133 : Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 2048 Go ; production mix, at plant; CN	*Fin de vie*	*NégaOctet*
NEGA-0598 : Firewall	*Fabrication*	*NégaOctet*
NEGA-0694 : Firewall	*Fin de vie*	*NégaOctet*
NEGA-0190 : Switch/Router ; 24 ports per U ; 1 processors ; 4 GB RAM	*Fabrication*	*NégaOctet* *Procédé pour le switch*
NEGA-0341 : Switch/Router ; 24 ports per U ; 1 processors ; 4 GB RAM	*Fin de vie*	*NégaOctet* *Procédé pour le switch*
NEGA-0189 : Switch/Router ; 24 ports per U ; 1 processors ; 2 GB RAM	*Fabrication*	*NégaOctet* *Procédé pour le routeur*
NEGA-0340 : Switch/Router ; 24 ports per U ; 1 processors ; 2 GB RAM	*Fin de vie*	*NégaOctet* *Procédé pour le routeur*
NEGA-0874 : Typical datacenter; FR	*Fabrication*	*NégaOctet*
NEGA-0886 : Typical datacenter; FR	*Fin de vie*	*NégaOctet*
NEGA-0230 : Storage bay ; 48 disks - SLC, 2048 GB	*Fabrication*	*NégaOctet*
NEGA-0381 : Storage bay ; 48 disks - SLC, 2048 GB	*Fin de vie*	*NégaOctet*

La phase d'utilisation des centres de données origine est calculée avec la consommation annuelle d'énergie fournie par Deezer ramenée à 1 heure d'écoute par le nombre d'heure d'écoute annuel.

Les mix électriques français, européens et étasuniens sont considérés, les données NégaOctet associées sont : « CODDE-2548 - Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR », « CODDE-2537 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; Europe, EU-27 » et « CODDE-2574 : Electricity

Mix; Production mix; Low voltage; United States, US ». La répartition entre ces mix électriques est explicitée dans la partie *6.9.3.3 Centres de données à l'étranger*.

- CDN :

Pour les CDN, la modélisation suit également une approche « Top down ». Cependant l'impact de l'ensemble des CDN utilisé par Deezer a été alloué par Go.

Pour rappel les données Deezer pour la modalisation des CDN proviennent directement de leur premier fournisseur de CDN, Akamai.

Les données de modélisation des CDN sont résumées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 31 – Données de modélisation des CDN pour l'audio

Données relatives aux caractéristiques physiques		
Données	**Valeur**	**Source / Commentaire**
Nombre de CDN par Go audio	4,08 E-07 serveur/Go	Estimation d'après les données Deezer
Consommation d'énergie des CDN par Go	0,43 Wh/Go	Estimation d'après les données Akamai *Cette consommation totale prend en compte le PUE et le taux d'utilisation de chaque centre de données*
Débit Deezer	88 Mo/h	Estimation d'après les données Deezer
Durées de vie des équipements IT	5 ans	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Durée de vie pour l'infrastructure non IT	25 ans	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Disque SSD par serveur	10 SSD/serveur	Donnée Netflix[92]
Ratio d'infrastructure par serveur	0,68 m2/serveur	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Pare-feu par server	0,0358 pare-feu/serveur	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Switch par serveur	1,468 switch/serveur	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques
Routeur par serveur	0,286 routeur/serveur	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques

Les données d'impact de NégaOctet utilisées pour la modélisation des CDN sont détaillées dans le tableau suivant.

[92] https://openconnect.netflix.com/fr_fr/appliances/

Tableau 32 - Procédés pour la modélisation des CDN pour l'audio

Données relatives aux impacts du cycle de vie		
Données	**Phase**	**Source / Commentaire**
NEGA- 0292: Rack server ; 1 processor low-end ; 2 SSD: 1024 GB each ; 0 HDD ; 2 RAM, 16 GB each ; 0 GPU	*Fabrication*	*NégaOctet*
NEGA- 0 443 : Rack server ; 1 processor low-end ; 2 SSD: 1024 GB each ; 0 HDD ; 2 RAM, 16 GB each ; 0 GPU	*Fin de vie*	*NégaOctet*
NEGA-0120 : Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 2048 Go ; production mix, at plant; CN	*Fabrication*	*NégaOctet*
NEGA-0133 : Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 2048 Go ; production mix, at plant; CN	*Fin de vie*	*NégaOctet*
NEGA-0598 : Firewall	*Fabrication*	*NégaOctet*
NEGA-0694 : Firewall	*Fin de vie*	*NégaOctet*
NEGA-0190 : Switch/Router ; 24 ports per U ; 1 processors ; 4 GB RAM	*Fabrication*	*NégaOctet* *Procédé pour le switch*
NEGA-0341 : Switch/Router ; 24 ports per U ; 1 processors ; 4 GB RAM	*Fin de vie*	*NégaOctet* *Procédé pour le switch*
NEGA-0189 : Switch/Router ; 24 ports per U ; 1 processors ; 2 GB RAM	*Fabrication*	*NégaOctet* *Procédé pour le routeur*
NEGA-0340 : Switch/Router ; 24 ports per U ; 1 processors ; 2 GB RAM	*Fin de vie*	*NégaOctet* *Procédé pour le routeur*
NEGA-0874 : Typical datacenter; FR	*Fabrication*	*NégaOctet*
NEGA-0886 : Typical datacenter; FR	*Fin de vie*	*NégaOctet*

La phase d'utilisation des CDN est calculée avec la consommation annuelle d'énergie fournie par Deezer ramenée à 1 Go par la consommation annuelle de données. Le mix électrique français est considéré par la données NegaOctet : CODDE-2548 - Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR.

6.4.2 Serveurs et centres de données pour la vidéo

Comme les contenus audio, les centres de données origine ainsi que les serveurs CDN sont pris en compte dans la modélisation des centres de données vidéo. Le fonctionnement est similaire entre la diffusion de contenus en streaming audio et en streaming vidéo, ainsi la modélisation des CDN vidéo est la même que celle des CDN audio. Pour les centres de données origine, la modélisation est légèrement différente entre les usages vidéo et audio.

- Centre de données « origine » vidéo :

La modélisation des centres de données origine vidéo suit la même allocation (du nombre de serveurs par heure de streaming) que celle pour les centres de données origine audio, issues des données Deezer.

Le tableau ci-dessous reprend seulement les données de modélisation qui diffèrent avec les données utilisées pour les centres de données origine de l'audio, présentées dans le paragraphe *6.4.1 Serveurs et centres de données pour l'audio*.

Tableau 33 – Données de modélisation des centres de données origine pour la vidéo

Données relatives aux caractéristiques physiques		
Données	**Valeur**	**Source / Commentaire**
Consommation d'énergie pour tous les centres de données origine par heure de vidéo	0,68 Wh/h	Estimation d'après les données de Carbon Truts et d'Akamai *Cette consommation totale prend en compte le PUE et le taux d'utilisation de chaque centre de données*
Nombre de baie de stockage par serveur	0,01 baie/serveur	Fiches de bonnes pratiques Services Numériques

L'étude de Carbon Trust[93] fournie une consommation électrique des centres de données et des CDN pour le streaming vidéo de **1,3Wh/h de streaming**. Pour calculer la consommation des centres de données origine pour la vidéo, on utilise la donnée de Carbon Trust à laquelle est soustrait la consommation électrique des CDN calculée avec les données d'Akamai (0,41 Wh/Go), pour un débit moyen de 1,4 Go/h de streaming[94] .

Les données NégaOctet utilisées pour la modélisation des phases de fabrication et de fin de vie des centres de données origine vidéo sont les mêmes données que celles utilisées pour la modélisation des centres de données origine audio.

La phase d'utilisation utilise les mix électriques français, européens et étasuniens, les données NégaOctet associées sont : « CODDE-2548 - Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR », « CODDE-2537 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; Europe, EU-27 » et « CODDE-2574 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; United States, US ». La répartition entre ces mix électriques est explicitée dans la partie *6.9.3.3 Centres de données à l'étranger*.

Pour les phases de transport des équipements des centres de données origine, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion ont été utilisées. Les distances et mode de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep 2022[95].

[93] Carbon Trust. (2021). Carbon impact of video streaming.
[94] Source : Netflix - https://ispspeedindex.netflix.net/country/france
[95] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022

6.5 Inventaire de la publicité programmatique

La publicité programmatique est une forme de publicité digitale qui organise, en temps réel et de façon automatique, des ventes et achats en vue d'allouer des espaces publicitaires à des annonceurs. Un type prévalent de publicité programmatique est l'enchère en temps réel. Cette forme de publicité est de plus en plus souvent sollicitée au sein des services audiovisuels.

La publicité programmatique avec enchères fonctionne à l'aide d'algorithmes générés par intelligence artificielle. Cette forme de publicité engendre un impact lié aux nouvelles sollicitations réseaux et serveurs, en plus (comme tous les types de publicité) d'induire un impact sur la diffusion en ajoutant du temps au contenu consommé par l'utilisateur. En effet, le système d'enchères par impression va impliquer de nombreuses transactions de données en ligne entre différentes plateformes d'achat et de vente d'espaces publicitaires. Ces transactions sont nommées « chemins actifs » et génèrent un certain nombre de requêtes HTTP.

Pour prendre en compte l'impact de la publicité programmatique, l'étude se base sur le Référentiel de calcul de l'empreinte carbone de la diffusion des campagnes digitales : pas à pas, réalisé par le SRI (Syndicat des Régies Internet). Ce référentiel fournit de nombreuses données qui ont permis de modéliser l'ensemble du cycle de vie de la publicité programmatique.

Pour le tiers réseau, les données du référentiel du SRI utilisées sont les suivantes[96] :

Tableau 34 – Données de modélisation pour le réseau de la publicité programmatique

Données	Valeur	Source
Nombre de chemins actifs potentiels par impression	100	Référentiel SRI
Nombre de requêtes par chemin actif	3	Référentiel SRI
Poids moyen d'une requête HTTP	29 ko	Référentiel SRI
Marge d'incertitude	50%	Référentiel SRI

Ces données permettent de calculer le poids de chaque impression publicitaire programmatique sur le réseau internet fixe (cf. la modélisation du réseau fixe au paragraphe *6.3.1.1 Inventaire du cycle de vie du réseau fixe*).

Pour le tiers serveur et centre de données, les données du référentiel du SRI utilisées sont les suivantes[97] :

Tableau 35 – Données de modélisation pour les serveurs de la publicité programmatique

Données	**Valeur**	**Source**
Nombre de chemins actifs potentiels par impression pour des enchères publiques	100	Référentiel SRI

[96] SRI. (2021). Référentiel de calcul de l'empreinte carbone de la diffusion des campagnes digitales : pas à pas.
[97] SRI. (2021). Référentiel de calcul de l'empreinte carbone de la diffusion des campagnes digitales : pas à pas.

Nombre de chemins actifs potentiels par impression pour des enchères privées	50	Hypothèse I Care
Nombre de serveurs sollicités par chemin actif	2	Référentiel SRI
Nombre de serveurs virtuels par serveur physique	8	Référentiel SRI
Puissance moyenne d'un serveur virtuel	0,0085 kW	Référentiel SRI
PUE moyen d'un centre de données	1,45	Etude ADEME et Arcep 2022
Durée de calcul serveur lors d'une enchère	5,56E-06h	Référentiel SRI
Modélisation des consommations serveurs liés aux usages hors enchères et diffusion (reporting, machine learning, back-end…)	50%	Référentiel SRI

Pour la phase de fabrication et fin de vie des serveurs programmatiques les données NégaOctet suivantes sont considérées :

- **Fabrication**, NEGA-0320: Rack server ; 2 processor high-end ; 4 SSD: 2048 GB each ; 0 HDD ; 48 RAM, 16 GB each ; 1 GPU
- **Fin de vie,** NEGA-0471: Rack server ; 2 processor high-end ; 4 SSD: 2048 GB each ; 0 HDD ; 48 RAM, 16 GB each ; 1 GPU

Les serveurs utilisés dans la programmatique des publicités en France ne se trouvent pas que sur le territoire français. Seulement 45% des serveurs se situent en France, les 55% restant sont à l'étranger et se situent principalement aux Etats-Unis indique le SRI. Pour la phase d'utilisation des serveurs, les mix électriques français et américain ont été utilisés avec les données NégaOctet suivantes :

- CODDE-2548 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR
- CODDE-2574 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; US

Pour les phases de transport des serveurs, les données NégaOctet de transport par camion, bateau, ou avion ont été utilisées. Les distances et modes de transport considérés sont les mêmes que celles précisées dans le rapport ADEME et Arcep 2022[98].

6.6 Mesures en laboratoire

Les résultats des mesures physiques réalisées par Greenspector sont réunis dans le tableau suivant. Dans le même tableau sont indiquées les valeurs correspondantes de la littérature, si des données sont existantes dans la littérature.

Les résultats de mesures physiques servant uniquement aux analyses de sensibilité sont indiqués directement dans les sections associées.

Les valeurs retenues pour cette étude sont surlignées en vert, ce choix est justifié sous le tableau.

[98] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022

Tableau 36 - Résultats des mesures en laboratoire et données associées de la littérature

Données	Unité	Valeur mesure	Valeur littérature	Commentaire mesure	Commentaire littérature
Consommation de données Deezer sur un smartphone (lecture)	Mo/h	115,25	88	Somme de la consommation du chargement du contenu audio, et des données échangées par l'application.	Mix de qualité audio (données Deezer tout terminaux confondus)
Consommation de données Deezer sur un ordinateur portable (lecture)		50			
Consommation de données Deezer avec de la musique téléchargée	Mo/h	0,167	/	Uniquement les données échangées par l'application	Aucune donnée dans la littérature
Consommation de données YouTube sur un smartphone (lecture)	Mo/h	144p60Hz : 187,8 480p60Hz : 1016,4 1080p60Hz : 2194,2 2160p60Hz : 13 934,4	250	Poids exact de la vidéo chargée	Moyenne européenne, correspond à des qualité basses) Assessment of the energy footprint of digital actions and services - EUROPEAN COMMISSION - 2023
Consommation de données de TF1 sur un ordinateur portable (Lecture)	Mo/h	1233	/	Pic puis chargement réguliers	Aucune donnée dans la littérature
Consommation électrique de TF1 sur un ordinateur portable (Lecture)	Wh/h	9,4	19	Consommation relevée et liée spécifiquement lors de la lecture d'un contenu, sans autre tâche effectuée par l'ordinateur portable.	Energy Consumption of Consumer Electronics in U.S. Homes in 2020, Bryan Urban, Kurt Roth, Julia Olano Fraunhofer USA Center for Manufacturing Innovation CMI Consommation moyenne des ordinateur portables portables aux USA
Consommation électrique de TF1 sur un ordinateur portable (parcours catalogue)	Wh/h	10,14	/	Consommation relevée et liée spécifiquement lors de la lecture d'un contenu, sans autre tâche effectuée par l'ordinateur portable.	Aucune donnée dans la littérature
Consommation électrique d'une smart TV (lecture d'un contenu vidéo)	Wh/h	101,03 - 109,63	139,5	Consommation spécifique d'une Smart TV	Moyenne de données constructeurs de Smart TV
Consommation électrique de Deezer sur un smartphone (lecture via réseau fixe)	Wh/h	0,86	0,61-0,84	Consommation spécifique à 2 smartphones	Données NégaOctet, consommation annuelle
Consommation électrique de YouTube	Wh/h	4,76		Consommation spécifique à 2 smartphones	

sur un smartphone (lecture via réseau fixe)					
Consommation électrique de Deezer sur un smartphone (parcours catalogue)	Wh/h	2,572	/	Consommation spécifique à 2 smartphones	Aucune donnée dans la littérature
Consommation électrique de YouTube sur un smartphone (parcours catalogue)	Wh/h	4,113		Consommation spécifique à 2 smartphones	Aucune donnée dans la littérature

Les données mesurées en laboratoire sont très spécifiques. Elles sont réalisées sur un seul terminal (deux pour les smartphones), qui effectue un seul usage précis. Cela permet par exemple de différencier les consommations lors de la lecture d'un contenu et du parcours d'un catalogue. En revanche, ces mesures ne sont pas forcément représentatives du parc d'équipement français. Ainsi, les données de la littérature complètes et représentatives d'un parc d'équipement plus divers ont été préférées à certaines mesures effectuées en laboratoire pour cette étude.

6.7 Modélisation des scénarios d'usage audiovisuels

Toutes les données et hypothèses utilisées pour la modélisation des 9 scénarios de l'étude ont été explicitées dans les parties précédentes :

- Pour le tier 1 : terminaux, les inventaires sont détaillés partie *6.2*. Les terminaux utilisés dans chaque scénario sont précisés dans le Tableau 37.
- Pour le tier 2 : réseau, les inventaires sont détaillés partie *6.3*. Les types de réseaux utilisés dans chaque scénario sont présentés Tableau 38.
- Pour le tier 3 : serveur et centre de données, les inventaires sont détaillés partie *6.4*. Les serveurs et centres de données utilisés dans chaque scénario sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 37 – Données équipements utilisées pour la modélisation des scénarios de l'étude

Scénario	Terminaux	Consommation électrique par UF	Source
A1 - écoute de la radio en direct en FM sur un poste radio	**Transistor**	4,8 Wh / heure d'écoute	ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission
A2 - écoute de la radio en direct en FM sur un autoradio	**Autoradio**	38 Wh / heure d'écoute *Electricité produite par un moteur diesel*	ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission
A3 - écoute de la radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe	**Smartphone**	0,86 Wh / heure d'écoute	Mesure physique (Greenspector)

A4 - écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile	**Smartphone**	0,86 Wh / heure d'écoute	Mesure physique (Greenspector)
V1 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un accès TNT intégré au téléviseur	**Télévision classique**	130 Wh / heure de visionnage	Moyenne pondérée de données fournisseurs
V2 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur connecté à internet via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV géré)	**Télévision classique**	130 Wh / heure de visionnage	Moyenne pondérée de données fournisseurs
	Décodeur FAI	4,27 Wh / heure de visionnage	Donnée Orange
V3 - visionnage de télévision de rattrapage en HD sur une TV connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI	**Télévision classique**	130 Wh / heure de visionnage	Moyenne pondérée de données fournisseurs
	Décodeur FAI	4,27 Wh / heure de visionnage	Donnée Orange
V4 - visionnage de VàDA en HD sur un téléviseur connecté à internet via réseau fixe (Smart TV)	**Télévision connectée**	139,5 Wh / heure de visionnage	Moyenne pondérée de données fournisseurs
V5 - visionnage de vidéo en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile	**Smartphone**	4,76 Wh/ h de visionnage	Mesure physique (Greenspector)

Tableau 38 - Données sur les réseaux et centres de données utilisées pour la modélisation des scénarios de l'étude

Scénario	Réseaux	Serveurx	Consommation de données	Source
A1 - écoute de la radio en direct en FM sur un poste radio	**Réseau FM**	**Centres de données origine**	*Non applicable*	
A2 - écoute de la radio en direct en FM sur un autoradio	**Réseau FM**	**Centres de données origine**	*Non applicable*	
A3 - écoute de la radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe	**Réseau fixe**	**Centres de données origine & CDN audio**	61,5 Mo/h	Hypothèse I Care : Qualité MP3

A4 - écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile	**Réseau mobile**	**Centres de données origine & CDN audio**	88 Mo/h	Donnée Deezer
V1 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un accès TNT intégré au téléviseur	**Réseau TNT**	**Centres de données origine**	*Non applicable*	
V2 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV géré)	**Réseau IPTV géré**	**Centres de données origine & CDN vidéo**	2,25 Go/h	Donnée Orange
V3 - visionnage de télévision de rattrapage en HD sur une TV connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI	**Réseau fixe**	**Centres de données origine & CDN vidéo**	1,23 Go/h	Mesure physique (Greenspector)
V4 - visionnage de VàDA en HD sur un téléviseur connecté à internet via réseau fixe (Smart TV)	**Réseau fixe**	**Centres de données origine & CDN vidéo**	2,88 Go/h	Carbon impact of video streaming - Carbon Trust, 2021
V5 - visionnage de vidéo en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile	**Réseau mobile**	**Centres de données origine & CDN vidéo**	2,19 Go/h	Mesure physique (Greenspector)

Pour la plupart des scénarios une durée de publicité est à ajouter à la durée de consommation du contenu audiovisuel. Cependant pour une meilleure compréhension des impacts, cet ajout de temps n'est pas pris en compte dans la modélisation des scénarios mais est traité dans une analyse de sensibilité, partie *7.2.1 Inclusion des temps de publicité supplémentaires dans les scénarios d'usage audiovisuel*.

6.8 Analyses de sensibilité sur les scénarios d'usage audiovisuels

Considérant qu'une partie de la collecte de données est basée sur une revue de la littérature, le modèle est basé sur des données qui peuvent être incertaines. Afin de qualifier l'ordre de grandeur de la variation des résultats, des analyses de sensibilité (AS) doivent être effectuées.

En fonction des résultats obtenus (présentés dans la section *7.1 Evaluation environnementale comparative des scénarios d'usage audiovisuel*), les analyses de sensibilité proposées pour cette étude sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 39 - Liste des analyses de sensibilité

Scénario	Analyse de sensibilité
Pour l'ensemble des scénarios	Inclusion des temps de **publicité** supplémentaires et de l'impact associé
A1 - 1h d'écoute de radio en direct en FM sur un poste radio	AS sur le **réseau FM** (comparaison avec des scénarios bas et haut)
A2 - 1h d'écoute de radio en direct en FM sur un autoradio	AS sur l'utilisation du **réseau DAB+**
A3 - 1h d'écoute de radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe	AS avec l'utilisation d'un **smartphone reconditionné**
A4 - 1h d'écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile	AS avec l'utilisation d'une **enceinte connectée** au **réseau fixe**
V1 - 1h de visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un accès TNT intégré au téléviseur	AS en utilisant un **téléviseur de plus grande taille** et **de technologie différente**
V2 - 1h de visionnage d'une chaine de télévision en HD sur un téléviseur via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV géré)	*Pas d'analyse de sensibilité*
V3 – 1h de visionnage de télévision de rattrapage en HD sur une TV connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI	• AS en utilisant un **ordinateur** • AS en utilisant une nouvelle **allocation sur le réseau fixe**

V4 - 1h de visionnage de VàDA en HD sur un téléviseur connecté à internet via réseau fixe (Smart TV)	• AS en utilisant un **ordinateur** relié à un **vidéoprojecteur** • AS sur la résolution **UHD**
V5 - 1h de visionnage de vidéo en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile	• AS avec une **image fixe** • AS en faisant varier des **codecs** et la **définition**

Les détails des paramètres utilisés dans chaque analyse de sensibilité sont détaillés dans la partie *7.2 Analyses de sensibilité*.

6.9 Modélisation des usages à l'échelle France

6.9.1 Approche pour la quantification des usages à l'échelle France

La quantification des usages audio et vidéo à l'échelle de la France se fait par le calcul de données moyennées à l'échelle nationale et sur l'année 2022. Les données nécessaires pour l'évaluation environnementale sont :

- les volumes d'heures annuels d'utilisation des terminaux et de systèmes audiovisuels en France pour chaque usage. Ces volumes d'heures sont calculés à partir de durées d'écoute individuelle (DEI) fournies par Médiamétrie (cf. partie *6.9.2.3 Résultats des volumes d'heures d'usages audiovisuels au total en France*) ;
- des paramètres d'usages moyens définis par le périmètre de cette étude. Parmi les paramètres utilisés, la consommation d'énergie des terminaux et les débits moyens de chaque usage sont des paramètres déterminants (cf. partie *6.9.3 Paramètres du modèle*).

Les volumes d'heures d'utilisation des terminaux et de systèmes audiovisuels, ainsi que les paramètres d'usages sont ensuite associés aux impacts environnementaux des technologies de l'audiovisuel, pour obtenir des impacts environnementaux globaux à l'échelle France, sur une année entière.

A noter que la publicité et les temps de parcours des catalogues sont bien pris en compte dans le périmètre de l'analyse, puisque les DEI incluent directement ces temps. L'impact de la publicité programmatique pour les usages de vidéo à la demande et de visionnage sur plateformes de partage vidéo est également ajouté (cf. partie *6.9.3.4 Intégration de la publicité programmatique*).

La partie profilage utilisateur, c'est à dire le traitement des données des utilisateurs afin de personnaliser les pages d'accueil des applications et sites internet n'a pas été pris en compte.

6.9.2 Données d'usages

6.9.2.1 Données Médiamétrie et traitement

Les données d'usages à l'échelle de la France hexagonale reposent sur des données de durée d'écoute par individu (DEI) fournies par Médiamétrie.

Les DEI pour la vidéo proviennent de l'étude *Global Vidéo 2022*, exprimées en heure par individu par jour, sur une base France hexagonale. Des répartitions selon plusieurs terminaux sont également fournies.

Les données audio proviennent du communiqué de presse de l'étude *Global audio 2023.* Ce dernier précise les répartitions en pourcentages entre les différents usages. Les données d'usages sont extrapolées depuis la DEI de la radio, fournie par les études d'audience de la radio (EAR) nationales de Médiamétrie, exprimée en heure par individu de plus de 13 ans par jour.

Les temps de publicité sont considérés inclus dans les DEI de Médiamétrie.

Il est important de noter qu'une durée d'écoute individuelle est différente d'une durée d'utilisation d'un terminal, plusieurs individus pouvant utiliser simultanément le même terminal. Par exemple, le nombre d'auditeurs de la télévision à un instant donné est probablement plus important que le nombre de téléviseurs en fonctionnement, étant donné qu'il y a, en moyenne, plus d'un utilisateur par poste. Pour l'évaluation des impacts environnementaux de l'audiovisuel, c'est le nombre d'heures d'utilisation des terminaux qui est important, qu'on peut exprimer avec l'unité « heure.équipement » (correspondant à une heure d'utilisation d'un terminal). Les DEI de Médiamétrie sont donc converties en durée d'utilisation des terminaux (heure.équipement) grâce à des facteurs de conversion détaillés dans le tableau suivant.

Tableau 40 - facteurs de conversion en durée d'utilisation des terminaux

Nom	Donnée	Source/Commentaire
Nombre d'utilisateurs par téléviseur	1,35 personnes/ téléviseur	Calcul à partir de données de la littérature.[99]
Nombre d'utilisateurs par postes radio	1,35 personnes/ poste radio	*Hypothèse prise par manque de données : le nombre de personnes par postes radio est égal au nombre de personnes par téléviseur.*
Nombre d'utilisateurs par autoradio	1,43 personnes / voiture	*Taux d'occupation des véhicules en France en 2019.* Données Gouvernementales (Data Lab.2022)[100]
Nombre d'utilisateurs par smartphone/ordinateur/tablette	1 personne / terminal	*Hypothèse : 1 personne par terminal mobile*

Les DEI fournies pour l'année 2022, converties en nombre d'heure.équipement permettent d'obtenir les nombres d'heures d'utilisation des terminaux et technologies utilisées lors des usages audiovisuels en France. Ces durées annuelles sont ainsi utilisées dans l'ACV des usages audiovisuels à l'échelle de la France.

[99] L'étude *LoCaT. (2021). Quantitative study of the GHG emissions of delivering TV content,* fournit un nombre d'heure.équipement par type de foyer. *L'Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine. ARCOM. 2022*, fournit une répartition des foyers en France en fonction du nombre de personnes.
[100] Source : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DE_4p_covoiturage-v4-050722_SH_OK.pdf

6.9.2.2 Mix équipements

La majorité des mix équipements sont directement issus des données de Médiamétrie. Pour certains, des hypothèses supplémentaires ont dû être posées pour obtenir leurs mix et sont décrites dans ce paragraphe.

Téléviseur standard / Smart TV, décodeurs, boîtiers OTT

Les données d'usage de Médiamétrie permettent d'obtenir des heures d'utilisation par jour pour les différents terminaux, dont les téléviseurs. Ces données ne font pas la différence entre les téléviseurs standards et les smart TV, et ne précisent pas si un équipement périphérique (décodeur ou boîtier OTT) est utilisé.

Les décodeurs et boîtiers OTT ont été ajoutés en tant qu'équipement périphérique au téléviseur dans certains cas, selon les hypothèses suivantes :

- un décodeur est utilisé dans 69% des cas parmi les usages du téléviseur, d'après le taux d'équipement en décodeurs des foyers équipés en téléviseur et accédant à internet[101] ;
- un décodeur est utilisé dans 100% des cas parmi les usages en IPTV géré (par nature). D'après la répartition des usages IPTV géré/OTT du téléviseur obtenu dans cette étude[102], le décodeur est utilisé dans 58% des usages OTT sur téléviseur (les SMAD et les PPV)[103] ;
- un boîtier OTT est utilisé dans 30% des cas parmi les usages OTT sur téléviseur, d'après le taux d'équipement en boîtier OTT des foyers équipés en téléviseur connecté[101] ;
- pour les usages TV linéaire via TNT ou satellite, aucun équipement périphérique nécessaire (tuner intégré aux téléviseurs).

La répartition entre les téléviseurs standards et smart TV est considérée selon les hypothèses suivantes :

- pour les usages TV linéaire via TNT ou satellite, seules des téléviseurs standards sont considérés ;
- pour les usages en IPTV géré et OTT, une smart TV est utilisée 49% du temps, d'après le taux d'équipement en smart TV des foyers équipés en téléviseur connectés[101].

Equipements audio

Les répartitions des équipements utilisés pour les différents usages audio sont fournies dans le tableau suivant.

Tableau 41 – Répartition des équipements pour les usages audio

Répartition équipement	Usage radio FM	Usage radio DAB+	Usage radio en ligne	Usage podcast & streaming audio
Autoradio	44%	77%		
Chaine hi-fi	19%			
Radio réveil	13%			
Transistor	22%	23%		

[101] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, résultats des 1e et 2e trimestres 2022 pour la télévision.

[102] D'après les DEI sur écran TV de la TV linéaire, de la vidéo à la demande (VàDA, à l'acte et gratuit) et des vidéos sur PPV fournies dans Globale Vidéo 2022 (Médiametrie), la part de la réception IPTV géré sur les téléviseurs est de 61%, contre 13% pour l'OTT (le reste se réparti entre la TNT et la réception satellite).

[103] La part d'utilisation du décodeur pour les usages OTT est recalculée de manière à retrouver un taux d'équipement du décodeur à 69% pour les foyers équipés de TV.

Station d'accueil	2%			
Smartphone			57%	83%
Enceinte connectée			14%	4%
Ordinateur			13%	8%
TV			10%	2%
Tablette			6%	4%

Pour la radio FM, la répartition se base sur les taux de pénétration des équipements permettant d'écouter la radio, fournis dans *l'Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers du 3e et 4e trimestre 2022 (Arcom, 2023)*.

Pour la radio en ligne, la répartition est basée sur les données du communiqué de presse de l'étude *Global radio* (Médiamétrie), de janvier-Mars 2023.

Pour la radio DAB+, la répartition est issue d'hypothèses validées par des experts du secteur.

Pour les usages de streaming audio et podcast, la répartition est basée sur des données de Deezer.

Equipements annexes

L'impact des équipements annexes a été comptabilisé en calculant le volume d'équipements annexes en fonctionnement en 2022. Ce volume correspond aux ventes ayant eu lieu entre 2018 et 2022, en considérant que ces équipements ont une durée de vie de 5 ans. Pour 1 année, l'impact d'un cinquième de ce volume d'unités a été imputé à l'impact de l'audiovisuel en France en 2022. Ce parc d'équipements annexes est ensuite alloué à chaque usage utilisant des smartphones, tablettes et ordinateurs. La totalité du parc d'écouteurs et enceintes est alloué à ces usages, mais seulement 72% des casques audio sont alloués à l'audiovisuel, car 28% d'entre eux sont utilisés pour les jeux vidéo, et sortent donc du périmètre de cette étude[104].

Les ventes d'équipements annexes ont été estimées entre 2018 et 2022. Au total en 2019, 11,2 millions d'unités de casques et écouteurs ont été vendues en France. En considérant que l'évolution du chiffre d'affaires et les volumes de ventes sont proportionnels, les volumes de ventes des années antérieures et suivantes ont été estimés grâce aux données GFK[105], et sont présentés dans le tableau suivant. De la même manière, on estime que 2,8 millions d'enceintes audio portables ont été vendues en 2020[106], et l'évolution de leur chiffre d'affaires mondial[107] permet d'estimer les ventes entre 2018 et 2022.

Tableau 42 - Volumes de ventes annuels des casques, écouteurs et enceintes audio portables

Année	2018	2019	2020	2021	2022	Total sur 5 ans
Volume de ventes écouteurs et casques (millions d'unité)	8,3	11,2	14,1	17,0	20,0	**70,6**

[104] Répartition considérée identique aux heures d'usage par individu fournie par Global Vidéo 2022 de Médiamétrie.
[105] https://www.gfk.com/fr/insights/Electronique-grand-public-TV-casques-bluetooth-top-ventes-2020#:~:text=Autre%20foyer%20de%20croissance%20majeur,du%20CA%20de%20la%20cat%C3%A9gorie
[106] https://www.lesechos.fr/tech-medias/hightech/le-marche-des-enceintes-audio-portable-profite-du-retour-des-voyages-1876564
[107] https://www.mordorintelligence.com/fr/industry-reports/bluetooth-speaker-industry

Volume de ventes enceintes audio portables (millions d'unité)	2,0	2,2	2,3	2,6	2,8	**11,9**

En 2022, 2 millions d'écouteurs filaires et 2,2 millions d'écouteurs sans fil ont été vendus en France[108]. Ces données ont permis de prendre une hypothèse de répartition entre écouteurs filaires (20%), écouteurs sans fil (20%) et casques audio (60%). Cette répartition permet d'estimer les volumes vendus sur 5 ans pour chaque équipement annexe considérés. Seul un cinquième de l'impact de ces équipements est imputé à l'année 2022.

Tableau 43 - Estimation des volumes d'unités cumulés d'équipements annexes en France

Equipements annexes	Millions d'unité
Ecouteurs filaires	14,1
Ecouteurs sans fil	14,1
Casques	42,4
Enceintes portables	11,9

La répartition de ces parcs d'équipement selon les différents usages et selon les équipements annexes concernés (smartphones, tablettes, ordinateurs) est faite au prorata des heures équipements par an en France hexagonale de chaque équipement, présentés au paragraphe *6.9.2.3 Résultats des volumes d'heures d'usages audiovisuels au total en France*.

Mix réseau

Les données d'usages de Médiamétrie ne permettent pas de connaître les répartitions de ces usages selon les différents réseaux.

Pour la TV linéaire, l'étude *Global vidéo 2022* de Médiamétrie donne la répartition équipements suivante : 96% de la TV linéaire est visionnée sur écran TV et les 4% sont reçus sur écrans internet (ordinateurs, smartphone et tablette). Par simplification on fait l'hypothèse que les écrans TV reçoivent l'IPTV géré, la TNT et le satellite, et que les écrans internet réceptionnent le mode OTT. L'*Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine* (Arcom) fournit des données sur les parts de foyers recevant la TV selon les différents réseaux (IPTV, TNT et satellite). En considérant que l'IPTV est systématiquement utilisé si le foyer en est équipé (même si équipé TNT ou satellite également), et que la TNT est systématiquement utilisée pour les foyers équipés en TNT et satellite. La répartition suivante a ainsi été calculée.

Tableau 44 - Répartition du mode de réception de la TV linéaire par foyer pour l'ensemble des terminaux

Réseaux de diffusion	Répartition
% réception TV linéaire par TNT	22,2%
% réception TV linéaire par IPTV géré	67,9%
% réception TV linéaire par satellite	6,2%

[108] https://www.bfmtv.com/tech/son/non-les-ecouteurs-filaires-ne-sont-pas-encore-en-voie-de-disparition_AN-202308200027.html#:~:text=Mais%20il%20faut%20se%20pencher,par%20Fnac%2DDarty%20%C3%A0%20Tech%26Co.

% réception TV linéaire par OTT	3,7%

Les données de visionnage des chaînes fast (OTT) sur les smart TV sont très difficiles à obtenir, cet usage n'a donc pas été modélisé.

Pour la répartition entre les réseaux internet fixe et mobile, il a été considéré que seuls les smartphones se connectent au réseau mobile. Faute de données spécifiques, 50% des usages vidéo sur smartphone et 60% des usages audio sur smartphone sont supposés via réseau mobile. Les usages audio sont considérés comme ayant plus souvent lieu en mobilité (donc usager connecté au réseau mobile).

6.9.2.3 Résultats des volumes d'heures d'usages audiovisuels au total en France

Les deux figures suivantes présentent la répartition des usages audiovisuels (distingués entre usages vidéo et audio), ainsi que la répartition des réseaux et terminaux utilisateurs sollicités par ces usages.

Note : l'usage de « Musique vidéo » est inclus dans les usages audio, cependant il s'agit d'un sous-ensemble de l'usage « Plateformes de partage vidéo » inclus dans les usages vidéo. Ainsi, dans les résultats des impacts environnementaux, l'usage « Musique vidéo » n'est pas représenté, pour éviter un double comptage.

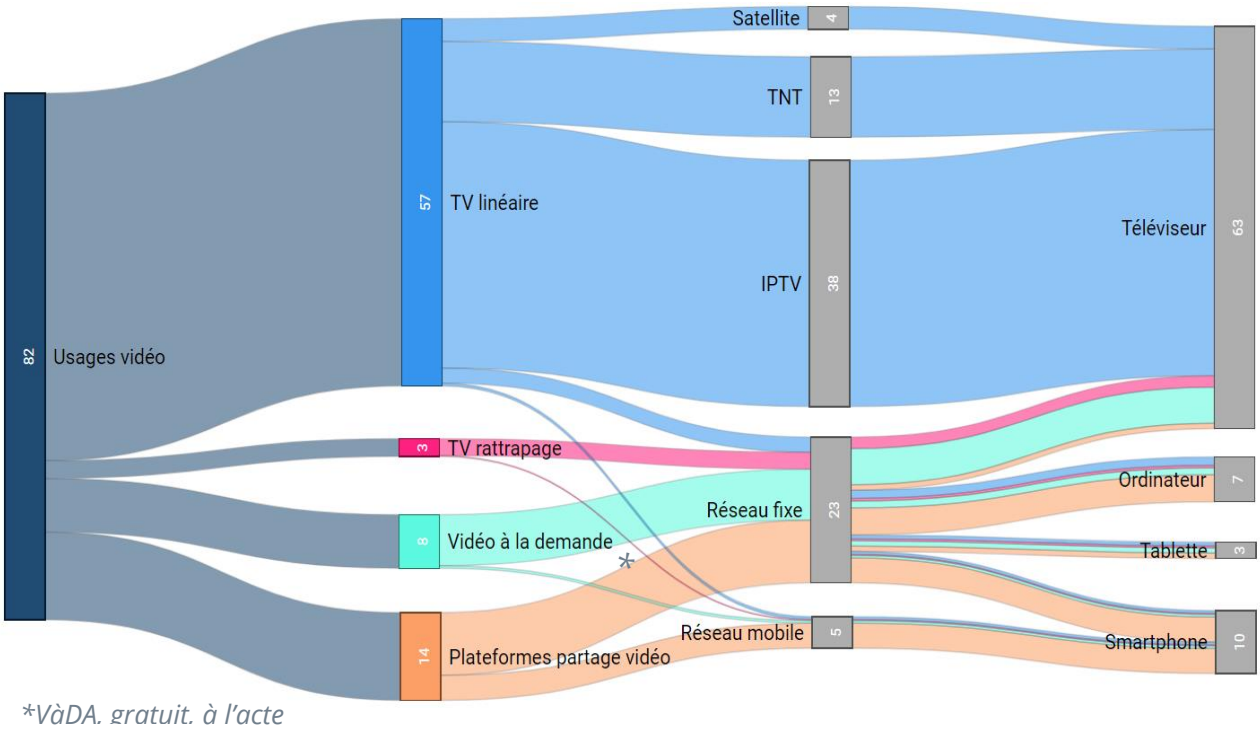


Figure 9 – Diagramme de Sankey des usages vidéo (en milliard d'heure.équipement)

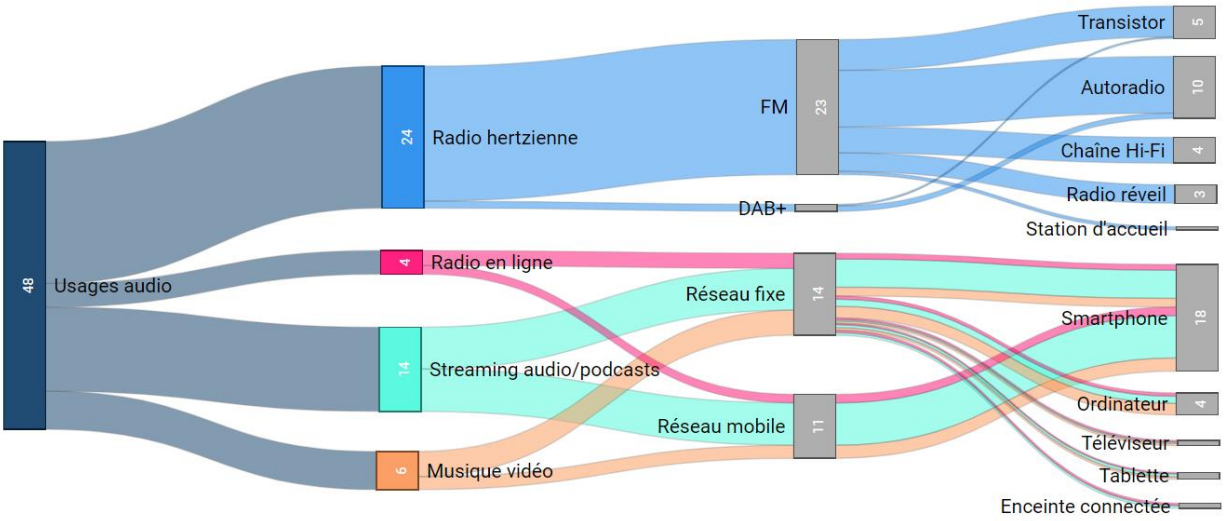


Figure 10 - Diagramme de Sankey des usages audio (en milliard d'heure.équipement)

Les données des volumes d'heures annuel d'utilisation de terminaux et de systèmes audiovisuel pour chaque usage sont fournies dans l'*ANNEXE K – Données d'usage : volumes d'heure équipement obtenus*.

Note de lecture pour les diagrammes de Sankey : la largeur des bandes est proportionnelle à la quantité d'usage. La quantité totale d'usage se séparent entre les différents types d'usages, puis les différents réseaux, puis les différents terminaux.

6.9.3 Paramètres du modèle

6.9.3.1 Consommation d'énergie des terminaux

Les différentes consommations d'énergie des terminaux sont rassemblées en *ANNEXE F - Inventaire des données* . Pour le smartphone, la consommation retenue diffère selon si ce terminal est utilisé pour visualiser un contenu vidéo ou écouter un contenu audio.

6.9.3.2 Débits de données moyens

Les débits de données moyens de chaque usage ont été utilisés pour estimer la quantité de données échangées sur le réseau pour les usages faisant appel aux réseaux fixe et mobile. Ces débits sont choisis pour être représentatifs des usages en France, c'est-à-dire qu'ils correspondent à une qualité de contenu (SD, HD, UHD ; images par seconde etc.) et un codec utilisé moyen. Ce débit peut différer pour un même usage selon le réseau utilisé.

Pour le débit de la vidéo à la demande, l'étude Carbon Trust[109] fournit des données robustes de répartitions de terminaux et débits associés pour le streaming vidéo. Ces données sont utilisées pour recalculer des débits moyens pour la vidéo à la demande sur réseau fixe et sur réseau mobile.

Aucune information n'a pu être collectée quant au débit moyen des plateformes de partage de vidéo. Les mesures physiques effectuées (cf. partie *6.6 Mesures en laboratoire*) varient entre 0,19 Go/h (définition : 144p) à 13,9 Go/h (définition : 2160p), avec un débit mesuré à 2,19 Go/h pour une vidéo en 1080p. La valeur du débit de données moyen via réseau fixe pour les plateformes de partage de vidéos a donc été hypothétiquement fixée à 2 Go/h.

Les débits moyens utilisés sont présentés dans le tableau suivant.

[109] Carbon Trust. (2021). *Carbon impact of video streaming*.

Tableau 45 - Débits de données moyens selon les usages

Débits moyens des usages	Valeur (Go/h)	Source
TV linéaire (IPTV géré)	2,25	*Données Orange*
TV linéaire (OTT réseau fixe)	1,23	*Hypothèse : identique TV rattrapage*
TV linéaire (OTT réseau mobile)	0,38	*Hypothèse : identique TV rattrapage*
TV rattrapage - réseau fixe	1,23	*Mesure physique - Greenspector*
TV rattrapage - réseau mobile	0,38	*Hypothèse : identique à la vidéo à la demande sur réseau mobile*
Vidéo à la demande - réseau fixe	2,96	*Carbon Trust*
Vidéo à la demande - réseau mobile	0,38	*Carbon Trust*
Plateforme partage vidéos - réseau fixe	2	*Hypothèse I Care*
Plateforme partage vidéos - réseau mobile	0,38	*Hypothèse : identique à la vidéo à la demande sur réseau mobile*
Radio hertzienne	*non applicable*	
Radio en ligne	0,058	*Hypothèse : Qualité MP3 128 kbps, utilisée sur les applis de musique*
Streaming audio/podcasts	0,088	*Données Deezer*
Musique vidéo	2	*Hypothèse I Care*

6.9.3.3 Centres de données à l'étranger

Les serveurs cache des CDN (Content delivery network) sont des serveurs de proximité, utilisés pour optimiser la transmission des contenus aux utilisateurs finaux en stockant les contenus à la périphérie du réseau en différents points géographiques. Dans cette étude, les utilisateurs sont localisés en France, donc les serveurs CDN sont considérés comme étant systématiquement localisés en France.

Les centres de données dit « origine » sont des centres de données utilisés par les fournisseurs de services audiovisuels de façon plus centralisés. Ils permettent l'encodage des signaux, l'hébergement des contenus et le traitement des données utilisateur. Pour des consommations de contenus audiovisuels en France, les fournisseurs de service peuvent parfois solliciter des centres de données à l'étranger, notamment pour les entreprises étrangères.

Par ailleurs, une partie des besoins en centre de données sont assurés par des centres de données de type cloud. Le cloud désigne l'accès via un réseau de télécommunications à des ressources informatiques partagées et configurables, hébergées en colocation ou dans un centre de données d'un opérateur cloud. En France, 75% des besoins en centre de données étaient hébergés sur un cloud en 2020[110].

Une partie de ces centres de données cloud sont situés à l'étranger. Toujours d'après les données de l'étude ADEME-Arcep 2022, il est estimé qu'au moins 70% du cloud est hébergé à l'étranger, car la surface de cloud disponible en France permet de couvrir seulement 30% des besoins français.

La répartition entre les différents types de centre de données « origine » est détaillée dans le tableau suivant :

Tableau 46 - Répartition entre différents types de centres de données origine et leur localisation

Type de centre de données	Répartition
Centres de donnée classique	25%
Dont français	*100%*
Dont étranger	*0%*
Centre de donnée « cloud »	75%
Dont français	*30%*
Dont étranger	*70%*

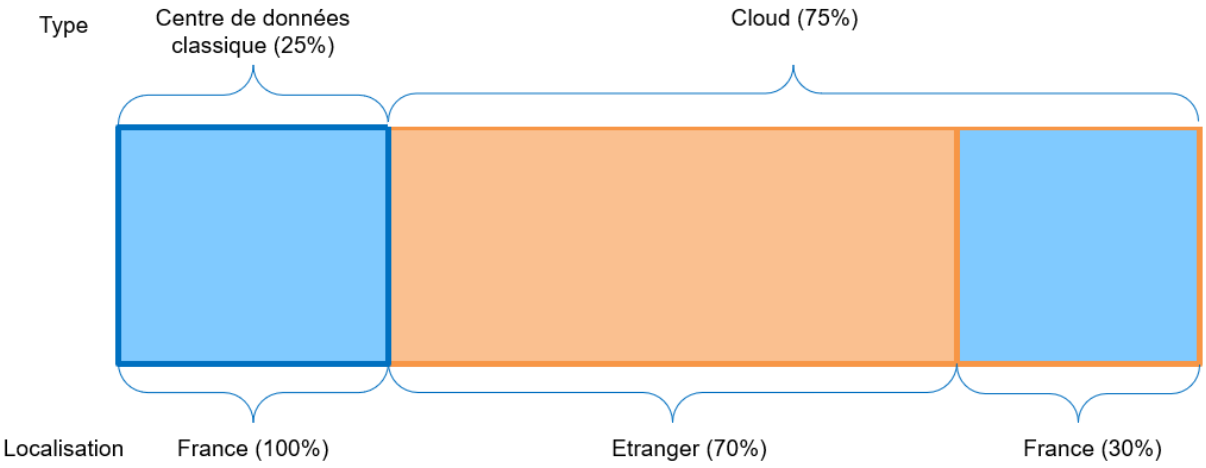


Figure 11 : Diagramme de répartition par type et localisation des centres de données

Les phases de fabrication, transport et fin de vie de ces centres de données origine sont identiques, seul le mix électrique à l'utilisation diffère. Pour les centres de données origine à l'étranger, une moyenne entre les mix énergétiques européens et étasuniens a été utilisée.

[110] ADEME & Arcep. (2022). Evaluation environnementale du numérique en France—2/3 Equipements et infrastructures

Les données NégaOctet associées sont : « CODDE-2537 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; Europe, EU-27 » et « CODDE-2574 : Electricity Mix; Production mix; Low voltage; United States, US »

6.9.3.4 Intégration de la publicité programmatique

Les durées de publicités sont considérées incluses dans les DEI des usages audio et vidéo. Le temps de publicité est ainsi bien pris en compte dans le calcul du nombre d'heures d'utilisation des terminaux pour chaque usage. Cependant, pour certains usages (le visionnage de vidéo à la demande et de vidéo sur des plateformes de partage de vidéos) la publicité utilisée est de type programmatique. La publicité programmatique implique l'utilisation de nouveaux serveurs et de davantage de temps réseau. Les données utilisées pour la publicité programmatique sont renseignées partie *6.5 Inventaire de la publicité programmatique*.

Le nombre de publicités programmatiques considéré par heure de visionnage est de 12 pour la TV de rattrapage, et 10 pour les plateformes de partage de vidéos[111].

Par ailleurs, pour les plateformes de partage de vidéos, l'impact de la publicité téléchargée et non-visionnée est ajouté. En effet, les plateformes de partage de vidéos permettent de passer les publicités au bout d'une certaine durée, la publicité qui a été entièrement téléchargée n'est donc pas forcément visionnée. On considère que 91,7% des publicités téléchargées sur les plateformes de partage de vidéos ne sont pas visionnées en entier. Pour une heure de consommation de contenu vidéo sur ces plateformes, cela représente 9,16 minutes de vidéo supplémentaire à prendre en compte.

6.10 Qualité des données

La fiabilité des résultats de l'ACV et des conclusions qui en découlent dépendent directement des données utilisées pour la modélisation. Ces données qui proviennent d'études scientifiques, de rapports ou directement d'acteurs du secteur de l'audiovisuel, doivent être représentatives des caractéristiques des services audiovisuels. La disponibilité des données pour certains des usages encore peu étudiés a été un véritable enjeu dans le cadre de cette étude, notamment pour les réseaux de la radio hertzienne (les réseaux FM et DAB+).

Les recommandations pour la qualité des données sont spécifiées dans la norme ISO 14044. La représentativité couvre les trois premiers critères suivant la norme ISO 14044, à savoir la représentativité temporelle (TiR), la représentativité géographique (GR) et la représentativité technologique (TeR). Les données qualifiées comme représentatives sont celles décrivant correctement la situation étudiée, selon les choix des procédés utilisés pour modéliser le système.

La précision et la fiabilité (P) concernent les sources de données, les moyens de collectes et la vérification des procédés.

Chaque critère de qualité des données auquel une note doit être attribuée (TiR, GR, TeR et P) est noté conformément aux cinq niveaux énumérés dans le Tableau 47 suivant :

[111] Données basées sur des observations d'I Care by BearingPoint

Tableau 47 - Note de qualité des données (DQR) pour les critères de qualité des données

Note de qualité des données des critères de qualité des données	Niveau de qualité des données
1	Excellente
2	Très bonne
3	Bonne
4	Acceptable
5	Médiocre

La méthodologie d'attribution des notes pour chaque critère est détaillée en *ANNEXE H – Analyse de la qualité des données* ainsi que le tableau détaillé d'évaluation de la qualité des données. Le tableau suivant résume la qualité des données pour chaque brique technologique étudiée.

Tableau 48 - Résultats de l'évaluation de la qualité des données pour l'étude

Etape de la chaîne de valeur	Représentativité technologique	Représentativité géographique	Représentativité temporelle	Précision / Incertitude	Total
Smartphone	1,25	1,50	1,25	1,75	1,44
Ordinateur portable	1,00	2,00	1,75	2,00	1,69
Tablette	1,05	2,20	1,45	2,00	1,68
Téléviseur standard	1,25	2,00	1,25	2,00	1,63
Smart TV	1,50	2,00	1,25	2,25	1,75
Décodeur TV	1,25	1,50	1,25	1,25	1,31
Boîtier OTT	2,00	1,50	1,25	2,75	1,88
Transistor	2,25	2,25	1,75	3,00	2,31
Autoradio	2,00	2,50	1,75	3,50	2,44
Chaîne Hi-Fi	2,00	2,25	1,75	2,25	2,06
Radio-réveil	4,00	2,00	2,00	4,00	3,00
Station d'accueil	4,00	2,00	2,00	4,00	3,00
Enceinte connectée	1,00	2,25	1,50	2,00	1,69
Equipements annexes	3,00	1,50	1,50	3,00	2,25
Réseau fixe	1,00	1,00	1,00	2,00	1,25
Réseau Mobile	1,00	1,00	1,00	2,00	1,25
Réseau IPTV	1,25	1,00	1,00	1,75	1,25
Réseau TNT	2,00	1,50	1,00	2,50	1,75
Réseau satellite	4,00	2,00	2,00	4,00	3,00
Réseau FM	2,33	1,67	1,00	2,67	1,92

Réseau DAB+	2,33	1,67	1,00	2,67	1,92
Centre de données origine pour la vidéo	2,00	2,00	1,00	2,00	1,75
CDN pour la vidéo	1,50	2,00	1,00	2,00	1,63
Centre de données origine pour l'audio	1,50	2,00	1,00	2,00	1,63
CDN pour l'audio	1,50	2,00	1,00	2,00	1,63
Publicité programmatique	1,67	1,33	1,00	2,33	1,58

Au total, en faisant la moyenne de chaque étape de la chaîne de valeur, le score de qualité de l'étude est égal à **1,87**, soit de très bonne qualité. Les données sont considérées comme fiables.

7

Résultats

7 RESULTATS

7.1 Evaluation environnementale comparative des scénarios d'usage audiovisuel

Dans cette section les résultats d'impact sont d'abord présentés scénario par scénario, détaillés par tiers technologique. Pour rappel, les tiers technologiques utilisés dans la modélisation de services numériques, sont les suivants :

- **Tier 1** - Terminaux ;
- **Tier 2** – Réseaux ;
- **Tier 3** - Centres de données.

Les impacts sont également détaillés en deux catégories pour chaque tier :

- l'infrastructure, qui prend en compte trois étapes du cycle de vie : la fabrication, le transport et la fin de vie.
- l'utilisation des technologies.

La partie *7.1.10 Comparaison et analyse des résultats des scénarios étudiés*, présente ensuite une comparaison détaillée des résultats des scénarios, accompagnée par des analyses, explications et interprétations.

Tous les résultats sont présentés pour les unités fonctionnelles telles que définies dans la partie *5.3 Unités fonctionnelles*, c'est-à-dire « Une heure de consommation d'un contenu audio ou vidéo en France en 2022 ». Il est important de noter que les résultats présentés dans cette partie n'incluent pas l'impact des temps de publicité supplémentaires, cela est étudié en analyse de sensibilité (cf. partie 7.2.1).

Les résultats de cette étude sont également comparés avec d'autres études dans la partie *7.1.11 Comparaison des résultats avec les autres études*.

7.1.1 Scénario A1- écoute de la radio en direct en FM sur un poste radio

Le scénario de radio FM sur poste radio prend en compte les technologies suivantes :

- un transistor (ou poste radio) ;
- le réseau FM ;
- un centre de données origine.

Le tableau ci-dessous présente les impacts environnementaux associés au scénario de radio FM sur poste radio, en détaillant les six indicateurs étudiés.

Tableau 49 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de radio FM sur poste radio

Catégorie d'impact	Unité	Terminal	Réseau	Centres de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	5,76E-03	2,40E-04	7,68E-04	**6,76E-03**

Acidification	mol H+ eq	3,54E-05	1,43E-06	4,31E-06	**4,11E-05**
Particules fines	Disease incidence	2,53E-10	3,23E-11	3,01E-11	**3,15E-10**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,96E-07	2,72E-08	8,23E-09	**5,31E-07**
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,50E-01	2,80E-02	1,17E-02	**1,89E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	4,80E-03	1,91E-03	7,35E-04	**7,44E-03**

La figure suivante présente la décomposition des impacts du scénario de radio FM sur poste radio, par étape du cycle de vie de chaque tier technologique.

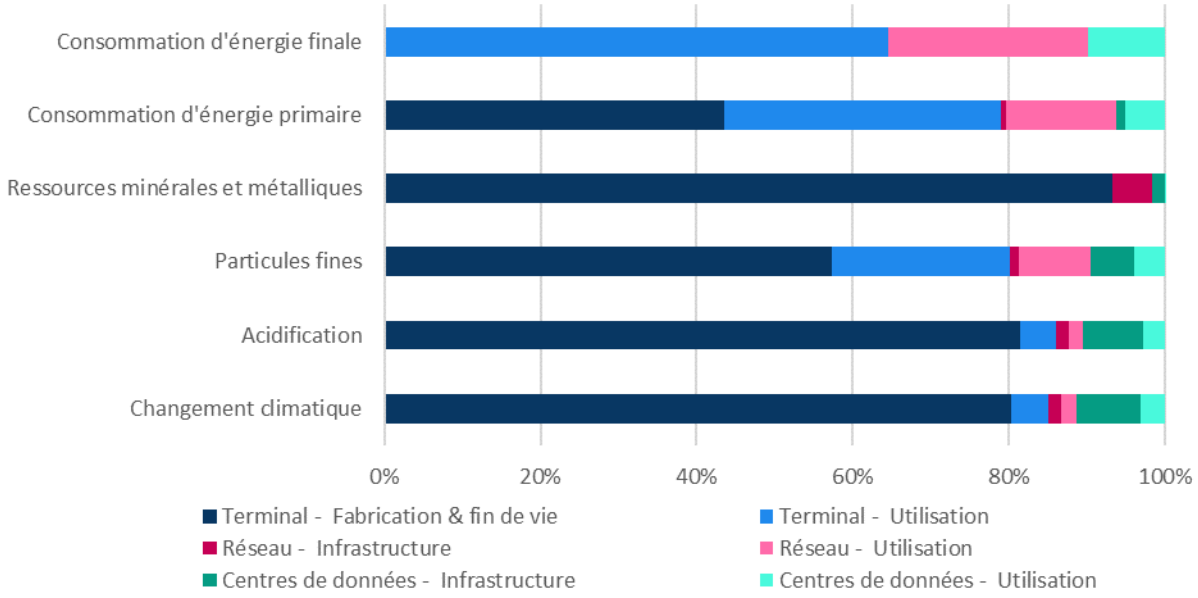


Figure 12 - Décomposition des impacts du scénario de radio FM sur poste radio

L'impact sur le changement climatique de l'écoute d'une heure de radio en FM sur un poste radio est de **6,8 gCO_2eq.** La majorité de cet impact (85%) provient du poste radio, 4% de l'impact provient du réseau FM et 11% restant provient des centres de données.

L'impact de ce scénario sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques est de **0,5 mg Sb eq.** et provient à 93% du terminal.

Il est à noter que la modélisation du réseau FM repose sur de nombreuses hypothèses. Les données utilisées pour la modélisation des infrastructures sont peu robustes, ce qui induit une

forte incertitude sur les résultats. Une analyse de sensibilité est effectuée sur la modélisation du réseau FM (cf. partie *7.2.2 Scénario A1 - analyse de sensibilité sur le réseau FM*).

Par ailleurs, un transistor moyen a été pris en compte ici, mais ce type d'appareil peut fortement varier en taille et en consommation électrique selon les modèles, ainsi que les impacts environnementaux associés.

7.1.2 Scénario A2 - écoute de la radio en direct en FM sur un autoradio

Le scénario de radio FM sur autoradio prend en compte les technologies suivantes :

- un autoradio (alimenté par un véhicule à moteur thermique) ;
- le réseau FM
- un centre de données origine.

Le tableau ci-dessous présente les impacts environnementaux associés au scénario de radio FM sur autoradio, en détaillant les six indicateurs étudiés.

Tableau 50 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de radio FM sur autoradio

Catégorie d'impact	Unité	Terminal	Réseau	Centres de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	5,58E-02	2,40E-04	7,68E-04	**5,68E-02**
Acidification	mol H+ eq	5,19E-04	1,43E-06	4,31E-06	**5,24E-04**
Particules fines	Disease incidence	1,64E-09	3,23E-11	3,01E-11	**1,71E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,29E-06	2,72E-08	8,23E-09	**1,33E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,33E-01	2,80E-02	1,17E-02	**2,73E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	3,80E-02	1,91E-03	7,35E-04	**4,06E-02**

La Figure 13 suivante présente la décomposition des impacts du scénario de radio FM sur autoradio, par étape du cycle de vie de chaque tier technologique.

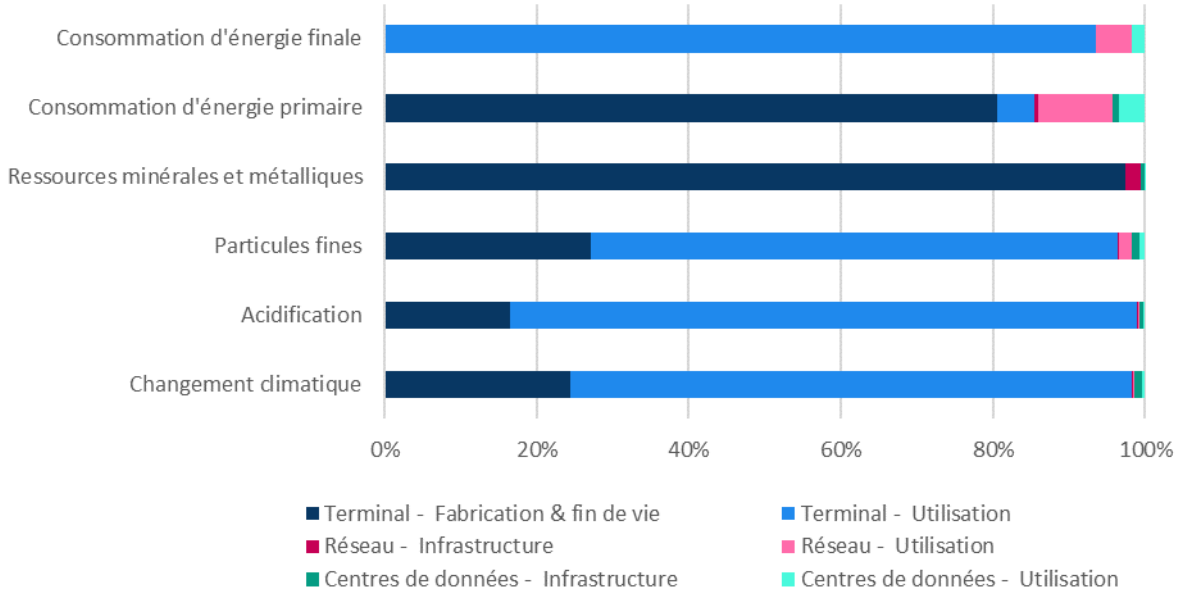


Figure 13 – Décomposition des impacts du scénario de radio FM sur autoradio

L'impact sur le changement climatique de l'écoute d'une heure de radio en FM sur un autoradio est de **56,8 gCO_2eq.** La majorité de cet impact (98%) provient de l'autoradio, 0,4% de l'impact provient du réseau FM et 1,4% restant provient des centres de données.

L'impact de l'autoradio est non seulement dû à sa fabrication (y compris les haut-parleurs), mais surtout à son utilisation. Cela vient du fait qu'il est **indirectement alimenté par le moteur du véhicule, associé à des émissions importantes de GES et autres polluants** (particules fines, oxydes de soufre et oxydes d'azote). **Bien que l'autoradio consomme peu d'énergie relativement au reste du véhicule, l'utilisation de l'autoradio a donc des impacts bien plus importants par rapport aux autres terminaux d'écoute (c**f partie *7.1.10 Comparaison et analyse des résultats des scénarios étudiés* sur la comparaison des scénarios).

L'impact de ce scénario sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques est de **1,3 mg Sb eq.** et provient à 97% du terminal utilisé.

Il est à noter que la modélisation du réseau FM repose sur de nombreuses hypothèses. Les données utilisées pour la modélisation des infrastructures sont peu robustes, ce qui induit une forte incertitude sur les résultats. Une analyse de sensibilité est effectuée sur la modélisation du réseau FM (cf. partie *7.2.2 Scénario A1 - analyse de sensibilité sur le réseau FM*).

7.1.3 Scénario A3 - écoute de la radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe

Le scénario de radio sur internet via réseau fixe sur smartphone prend en compte les technologies suivantes :

- un smartphone ;
- le réseau internet fixe ;
- un centre de données origine, ainsi qu'un réseau de serveurs cache (CDN).

Les mesures physiques de consommation sur les terminaux réalisées pour cette étude sont utilisées pour ce scénario, soit une consommation énergétique du smartphone de 0,86 Wh/h.

Le tableau ci-dessous présente les impacts environnementaux associés au scénario de radio via internet sur smartphone connecté au réseau fixe, en détaillant les six indicateurs étudiés.

Tableau 51 - Résultats des impacts environnementaux par tiers du scénario de radio via internet sur smartphone

Catégorie d'impact	Unité	Terminal	Réseau	Centres de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	2,24E-02	5,17E-03	8,03E-04	**2,84E-02**
Acidification	mol H+ eq	1,33E-04	4,33E-05	4,51E-06	**1,80E-04**
Particules fines	Disease incidence	7,49E-10	7,30E-10	3,16E-11	**1,51E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	7,95E-07	4,05E-07	9,10E-09	**1,21E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	3,15E-01	5,81E-01	1,23E-02	**9,08E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	8,63E-04	3,33E-02	7,60E-04	**3,49E-02**

La figure suivante présente la décomposition des impacts du scénario radio via internet sur smartphone connecté au réseau fixe, par étape du cycle de vie de chaque tiers technologique.

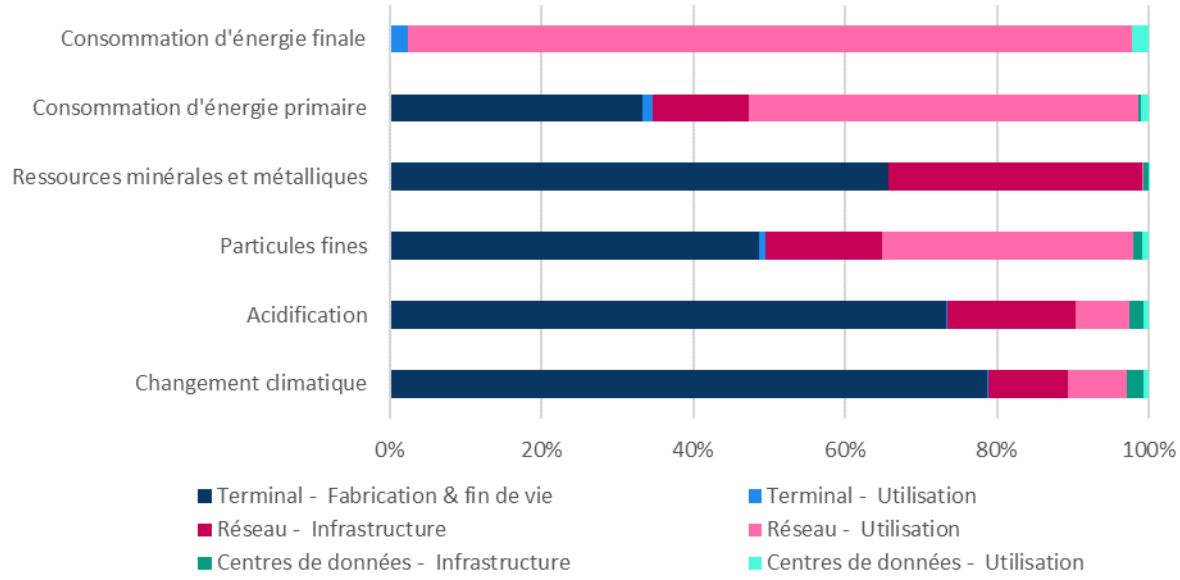


Figure 14 - Décomposition des impacts du scénario de radio via internet sur smartphone

L'impact sur le changement climatique de l'écoute d'une heure de radio en direct via internet (réseau fixe) sur un smartphone est de **28,4 gCO_2eq.** La majorité de cet impact (79%) provient du smartphone, 18% de l'impact provient du réseau fixe et 3% restant provient des centres de données.

L'impact de ce scénario sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques est de **0,8 mg Sb eq.** Cet impact provient à 66% du terminal et 33% des infrastructures réseau.

La fabrication du terminal (le smartphone) représente la majeure partie des impacts. Une analyse de sensibilité a été effectuée sur l'utilisation d'un smartphone reconditionné au lieu d'un smartphone classique, afin d'étudier ce potentiel levier de réduction des impacts (cf. partie *7.1.3 Scénario A3 - écoute de la radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe*).

7.1.4 Scénario A4 - écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile

Le scénario des streaming audio via réseau mobile sur smartphone prend en compte les technologies suivantes :

- un smartphone ;
- le réseau internet mobile ;
- un centre de données origine ainsi qu'un réseau de serveurs cache (CDN).

Les mesures physiques de consommation sur les terminaux réalisées pour cette étude sont utilisées pour ce scénario, soit une consommation énergétique du smartphone de 0,86 Wh/h.

Le tableau ci-dessous présente les impacts environnementaux associés au scénario de streaming audio via réseau mobile sur smartphone, en détaillant les six indicateurs étudiés.

Tableau 52 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de streaming audio sur smartphone

Catégorie d'impact	Unité	Terminal	Réseau	Centres de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	2,24E-02	7,87E-03	8,22E-04	**3,11E-02**
Acidification	mol H+ eq	1,33E-04	4,21E-05	4,62E-06	**1,79E-04**
Particules fines	Disease incidence	7,49E-10	8,68E-10	3,23E-11	**1,65E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	7,95E-07	1,93E-07	9,55E-09	**9,98E-07**
Consommation d'énergie primaire	MJ	3,15E-01	6,57E-01	1,26E-02	**9,85E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	8,63E-04	3,97E-02	7,73E-04	**4,13E-02**

La figure suivante présente la décomposition des impacts du scénario de streaming audio via réseau mobile sur smartphone, par étape du cycle de vie de chaque tier technologique.

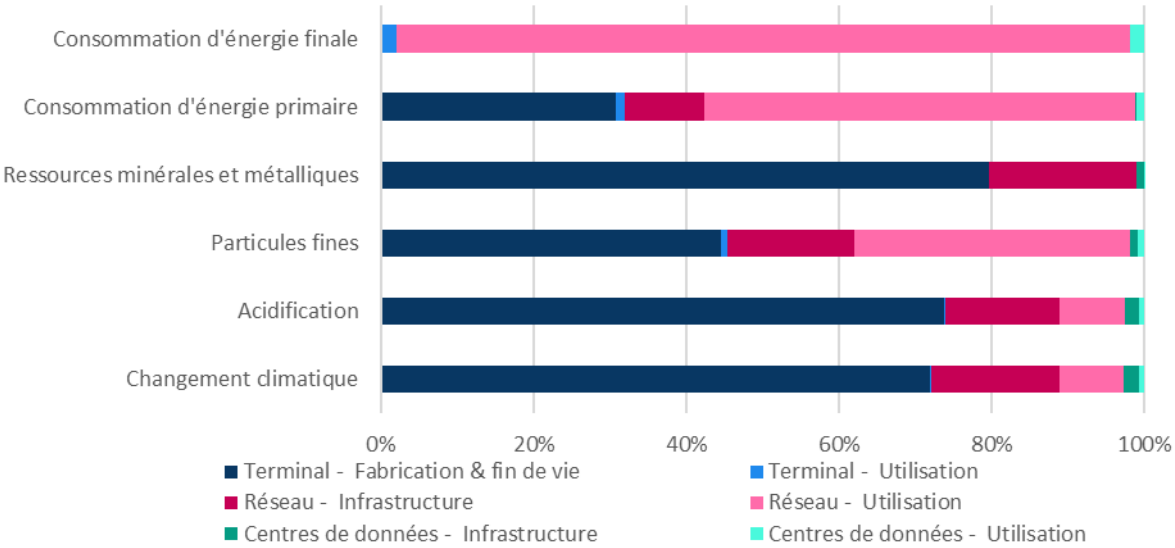


Figure 15 – Décomposition des impacts du scénario de streaming audio sur smartphone

L'impact sur le changement climatique de l'écoute d'une heure de musique/podcast sur une plateforme de streaming sur un smartphone est de **31,1 gCO_2eq.** La majorité de cet impact (72%) provient du smartphone, 25% de l'impact provient du réseau mobile et 3% restant provient des centres de données.

L'impact de ce scénario sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques est de **1,0 mg Sb eq.** Cet impact provient à 80% du terminal et 19% des infrastructures réseau.

Une analyse de sensibilité a été effectuée sur ce scénario, afin d'étudier les impacts de l'utilisation d'une enceinte à commande vocale connectée au réseau fixe (cf. partie *7.2.5 Scénario A4 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'une enceinte connectée au réseau fixe)*.

7.1.5 Scénario V1 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un accès TNT intégré au téléviseur

Le scénario de TV linéaire via TNT sur téléviseur prend en compte les technologies suivantes :

- un téléviseur HD ;
- le réseau TNT
- un centre de données origine.

Le tableau ci-dessous présente les impacts environnementaux associés au scénario de TV linéaire via TNT sur téléviseur, en détaillant les 6 indicateurs étudiés.

Tableau 53 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de TV linéaire via TNT sur téléviseur

Catégorie d'impact	Unité	Terminal	Réseau	Centres de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	3,79E-02	1,32E-03	3,19E-04	**3,95E-02**
Acidification	mol H+ eq	2,17E-04	8,05E-06	1,83E-06	**2,27E-04**
Particules fines	Disease incidence	2,90E-09	1,54E-10	1,60E-11	**3,07E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	3,41E-06	1,92E-07	7,62E-09	**3,61E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,34E+00	1,29E-01	1,27E-02	**2,48E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	1,30E-01	8,55E-03	6,79E-04	**1,39E-01**

La figure suivante présente la décomposition des impacts du scénario de TV linéaire via TNT sur téléviseur, par étape du cycle de vie de chaque tier technologique.

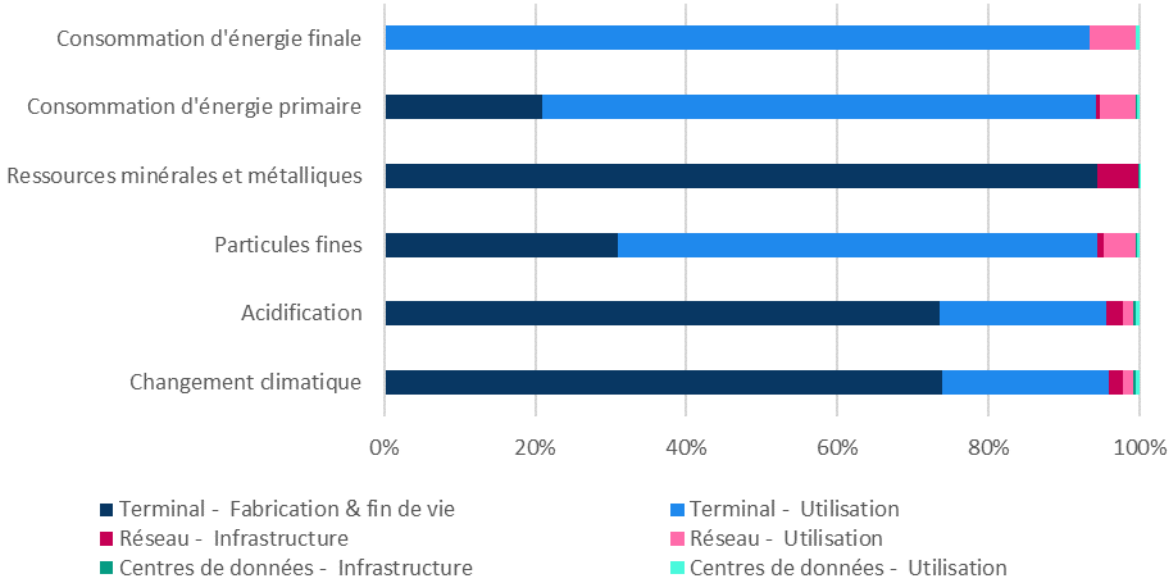


Figure 16 – Décomposition des impacts du scénario de TV linéaire via TNT sur téléviseur

L'impact sur le changement climatique du visionnage d'une heure de TV linéaire via TNT sur un téléviseur est de **39,5 gCO_2eq.** La majorité de cet impact (96%) provient du téléviseur, 3% de l'impact provient du réseau TNT et 1% restant provient des centres de données.

L'impact de ce scénario sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques est de **3,6 mg Sb eq.** Cet impact provient à 94% du terminal.

Il est à noter que la modélisation des infrastructures du réseau TNT repose sur plusieurs hypothèses, ce qui induit une incertitude importante sur cette partie. Cependant, cela ne concerne qu'une faible part des impacts de ce scénario.

Le téléviseur (fabrication et utilisation) représente la majeure partie des impacts. Une analyse de sensibilité a été effectuée sur l'utilisation d'un téléviseur de plus grande taille, afin d'étudier l'impact de l'agrandissement de la taille des téléviseurs (cf. partie *7.2.6 Scénario V1 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un téléviseur de plus grande taille et de technologie différente*).

7.1.6 Scénario V2 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV géré)

Le scénario de TV linéaire via IPTV géré sur téléviseur connecté à un décodeur prend en compte les technologies suivantes :

- un téléviseur HD et un décodeur TV FAI ;
- le réseau IPTV ;
- un centre de données origine, ainsi qu'un réseau de serveurs cache (CDN).

Le tableau ci-dessous présente les impacts environnementaux associés au scénario de TV linéaire via IPTV géré sur téléviseur connecté à un décodeur, en détaillant les six indicateurs étudiés.

Tableau 54 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de TV linéaire via IPTV sur téléviseur connecté à un décodeur

Catégorie d'impact	Unité	Terminaux	Réseau	Centres de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	4,68E-02	4,19E-03	1,70E-03	**5,27E-02**
Acidification	mol H+ eq	2,81E-04	2,71E-05	9,81E-06	**3,18E-04**
Particules fines	Disease incidence	3,30E-09	5,49E-10	7,29E-11	**3,93E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,79E-06	2,34E-07	4,15E-08	**5,07E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,53E+00	4,65E-01	3,59E-02	**3,03E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	1,34E-01	3,10E-02	1,65E-03	**1,67E-01**

La figure suivante présente la décomposition des impacts du scénario de TV linéaire via IPTV géré sur téléviseur connecté à un décodeur, par étape du cycle de vie de chaque tiers technologique.

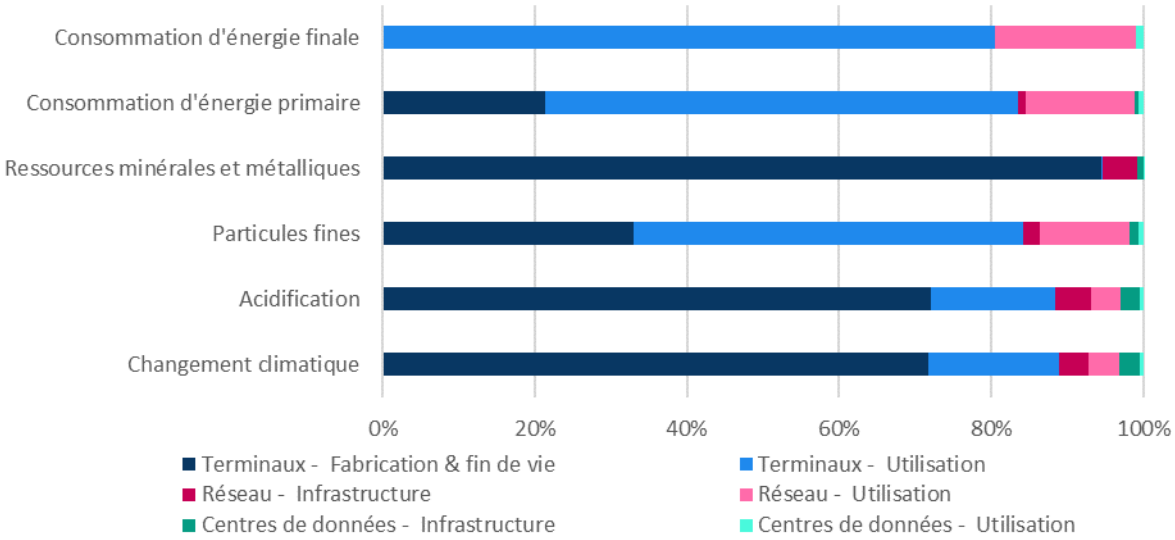


Figure 17 – Décomposition des impacts du scénario de TV linéaire via IPTV sur téléviseur connecté à un décodeur

L'impact sur le changement climatique du visionnage d'une heure de TV linéaire via IPTV géré sur un téléviseur connecté à un décodeur FAI est de **52,7 gCO_2eq.** La majorité de cet impact (89%)

provient du téléviseur, 8% de l'impact provient du réseau IPTV géré et 3% restant provient des centres de données.

L'impact sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques est de **5,1 mg Sb eq.** Cet impact provient à 95% du terminal.

7.1.7 Scénario V3 – visionnage de télévision de rattrapage en HD sur une TV connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI

Le scénario de TVR via réseau fixe sur téléviseur connecté à un décodeur prend en compte les technologies suivantes :

- Un téléviseur HD et un décodeur TV FAI ;
- le réseau internet fixe ;
- un centre de données origine, ainsi qu'un réseau de serveurs cache (CDN).

Les mesures physiques de débit réalisés pour cette étude sont utilisées pour ce scénario. Une valeur de 20,5 Mo/min a été relevée, soit 1,23 Go/h. Il s'agit d'une estimation plus faible que le débit associé à la télévision en direct via IPTV géré (2,25 Go/h). Cela peut s'expliquer par le fait que les contenus en replay sont parfois en moins bonne qualité.

Le tableau ci-dessous présente les impacts environnementaux associés au scénario de TVR via réseau fixe sur téléviseur connecté à un décodeur, en détaillant les six indicateurs étudiés.

Tableau 55 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de TVR via réseau fixe sur téléviseur connecté à un décodeur

Catégorie d'impact	Unité	Terminaux	Réseau	Centres de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	4,68E-02	6,29E-03	1,07E-03	**5,42E-02**
Acidification	mol H+ eq	2,81E-04	5,08E-05	6,19E-06	**3,38E-04**
Particules fines	Disease incidence	3,30E-09	8,54E-10	4,71E-11	**4,21E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,79E-06	5,88E-07	2,61E-08	**5,41E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,53E+00	6,86E-01	2,54E-02	**3,24E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	1,34E-01	3,90E-02	1,21E-03	**1,74E-01**

La figure suivante présente la décomposition des impacts du scénario de TVR via réseau fixe sur téléviseur connecté à un décodeur, par étape du cycle de vie de chaque tier technologique.

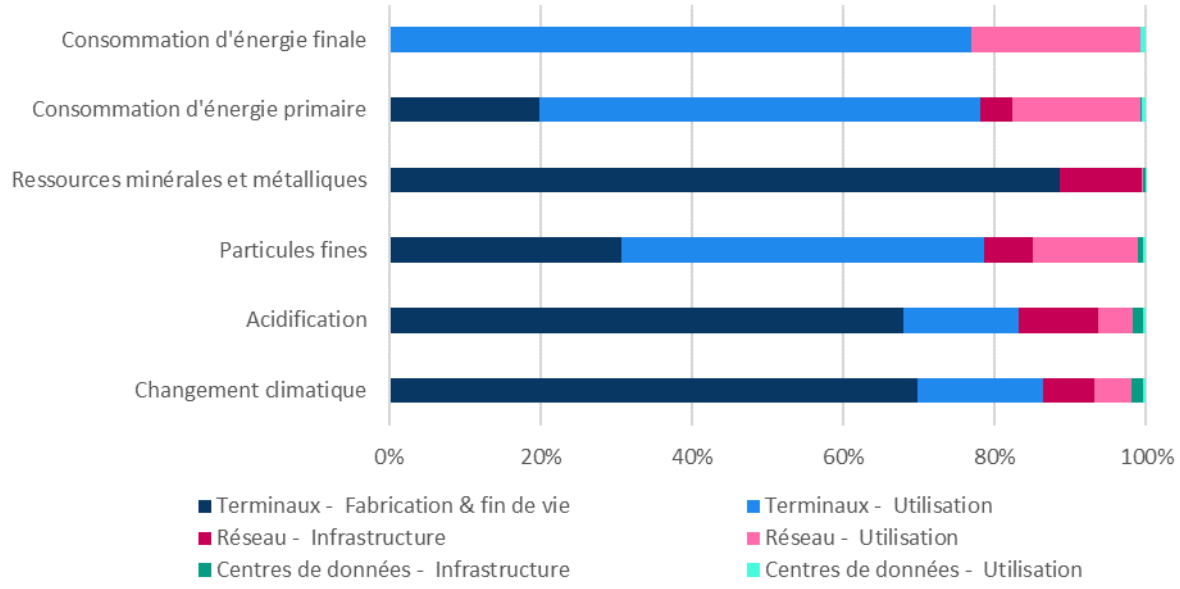


Figure 18 – Décomposition des impacts du scénario de TVR via réseau fixe sur téléviseur connecté à un décodeur

L'impact sur le changement climatique du visionnage d'une heure de TVR via réseau fixe sur une TV connectée à un décodeur FAI est de **54,2 gCO_2eq.** La majorité de cet impact (86%) provient du téléviseur connecté au décodeur TV FAI, 12% de l'impact provient du réseau fixe, et 2% restant provient des centres de données.

L'impact de ce scénario sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques est de **5,4 mg Sb eq.** Cet impact provient à 89% du terminal et 11% des infrastructures réseau.

La télévision de rattrapage peut également être visionnée sur d'autres terminaux numériques. Une analyse de sensibilité sur ce scénario a été effectuée sur l'utilisation d'un ordinateur connecté au réseau fixe. Une autre analyse de sensibilité a été effectuée sur l'allocation du réseau fixe considérée par défaut (cf. partie *7.2.7 Scénario V3 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un ordinateur, et sur l'allocation du réseau fixe*).

7.1.8 Scénario V4 - visionnage de VàDA en HD sur un téléviseur connecté à internet (Smart TV)

Le scénario de VàDA via réseau fixe sur Smart TV prend en compte les technologies suivantes :

- une Smart TV connectée HD ;
- le réseau internet fixe ;
- un centre de données origine, ainsi qu'un réseau de serveurs cache (CDN).

Le tableau ci-dessous présente les impacts environnementaux associés au scénario de VàDA via réseau fixe sur Smart TV, en détaillant les 6 indicateurs étudiés.

Tableau 56 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de VàDA via réseau fixe sur smart TV

Catégorie d'impact	Unité	Terminal	Réseau	Centres de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	4,25E-02	7,87E-03	2,08E-03	**5,24E-02**
Acidification	mol H+ eq	2,37E-04	6,12E-05	1,20E-05	**3,10E-04**
Particules fines	Disease incidence	3,12E-09	1,03E-09	8,88E-11	**4,24E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	3,32E-06	8,46E-07	5,10E-08	**4,22E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,55E+00	8,34E-01	4,23E-02	**3,43E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	1,40E-01	4,69E-02	1,92E-03	**1,88E-01**

La figure suivante présente la décomposition des impacts du scénario de VàDA via réseau fixe sur Smart TV, par étape du cycle de vie de chaque tier technologique.

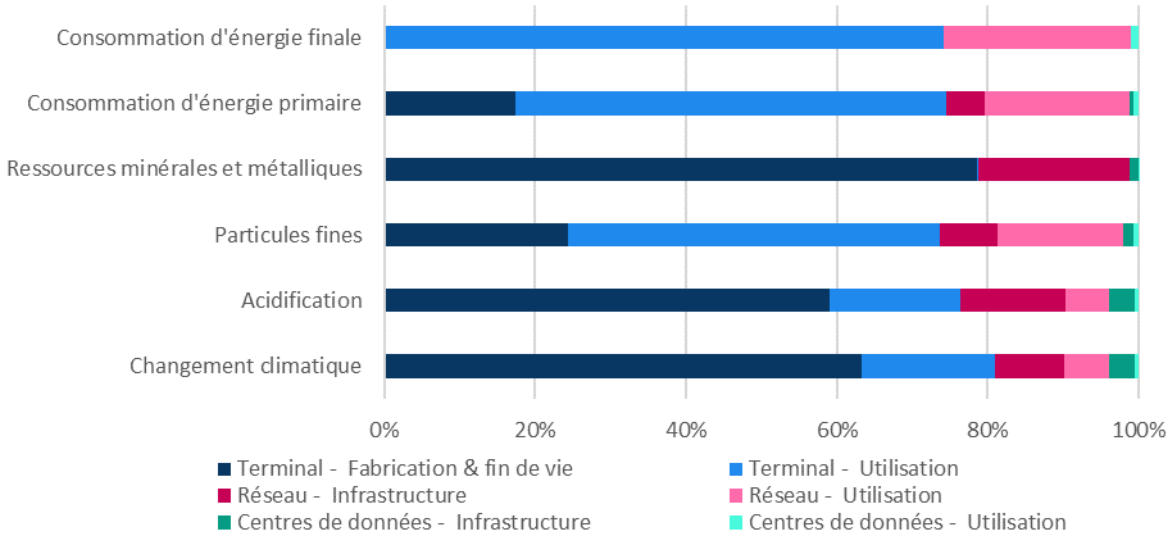


Figure 19 - Décomposition des impacts du scénario de VàDA via réseau fixe sur smart TV

L'impact sur le changement climatique du visionnage d'une heure de VàDA via réseau fixe sur une Smart TV est de **52,4 gCO_2eq.** La majorité de cet impact (81%) provient de la Smart TV, 15% de l'impact provient du réseau fixe et 4% restant provient des centres de données.

L'impact de ce scénario sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques, qu'utilisent les terminaux, est de **4,2 mg Sb eq.** Cet impact provient à 79% du terminal et 20% de l'infrastructure réseau.

Le téléviseur (fabrication et utilisation) représente la majeure partie des impacts de ce scénario. L'utilisation d'un vidéoprojecteur est parfois envisagée par les utilisateurs pour remplacer l'usage d'un téléviseur. Une analyse de sensibilité sur ce scénario a été effectuée sur l'utilisation d'un ordinateur connecté à un vidéoprojecteur, pour remplacer le téléviseur (cf. partie *7.2.8 La mutualisation des abonnements internet (qui se traduit matériellement par une box internet) permet de faire diminuer les impacts du réseau.*).

7.1.9 Scénario V5 - visionnage de vidéo en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté à internet via réseau mobile

Le scénario de PPV via réseau mobile sur smartphone prend en compte les technologies suivantes :

- un smartphone ;
- le réseau internet mobile ;
- un centre de données origine, ainsi qu'un réseau de serveurs cache (CDN).

Les mesures physiques de consommation sur les terminaux réalisées pour cette étude sont utilisées pour ce scénario, soit une consommation énergétique du smartphone de 4,76 Wh/h.

Le tableau ci-dessous présente les impacts environnementaux associés au scénario de PPV via réseau mobile sur smartphone, en détaillant les six indicateurs étudiés.

Tableau 57 - Résultats des impacts environnementaux par tier du scénario de PPV via réseau mobile sur smartphone

Catégorie d'impact	Unité	Terminal	Réseau	Centres de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	2,27E-02	2,80E-02	1,66E-03	**5,23E-02**
Acidification	mol H+ eq	1,34E-04	1,70E-04	9,60E-06	**3,13E-04**
Particules fines	Disease incidence	8,07E-10	4,37E-09	7,14E-11	**5,25E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	7,95E-07	9,13E-07	4,06E-08	**1,75E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	3,70E-01	3,80E+00	3,52E-02	**4,20E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	4,76E-03	2,56E-01	1,62E-03	**2,62E-01**

La figure suivante présente la décomposition des impacts du scénario de PPV via réseau mobile sur smartphone, par étape du cycle de vie de chaque tier technologique.

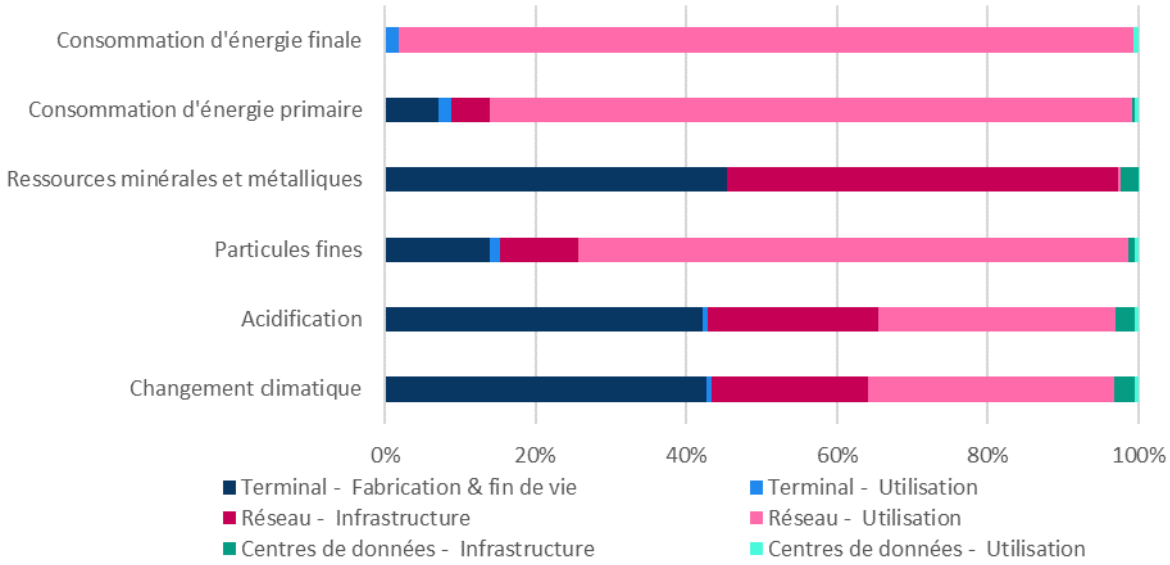


Figure 20 – Décomposition des impacts du scénario de PPV via réseau mobile sur smartphone

L'impact sur le changement climatique du visionnage d'une heure de PPV via réseau mobile sur un smartphone est de **52,3 gCO_2eq.** La majorité de cet impact (53%) provient du réseau mobile, 43% de l'impact provient du smartphone et 3% restant provient des centres de données.

L'impact de ce scénario sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques est de **1,8 mg Sb eq.** Cet impact provient à 52% du réseau mobile et 45% du smartphone.

Le tier réseau (fabrication et utilisation) représente la majeure partie des impacts de ce scénario. Le changement de codecs, géré par le fournisseur de service, et de définition d'image, parfois envisagé par les utilisateurs, pour regarder des contenus sur PPV, ce qui engendre un changement de quantité de données à transmettre sur le réseau. Deux analyses de sensibilité sur ce scénario ont été effectuées sur la variation des codecs et le visionnage de vidéo avec image fixe (cf. partie *7.2.9 Scénario V5 – analyse de sensibilité sur les codecs et définitions utilisées, ainsi que sur le visionnage de vidéo avec image fixe*).

7.1.10 Comparaison et analyse des résultats des scénarios étudiés

Les résultats de tous les scénarios audiovisuels sont comparés et analysés dans cette partie. Il est important de noter que les scénarios analysés représentent des usages audiovisuels très différents (regarder la télévision et écouter la radio par exemple), avec des variations à différents niveaux (terminaux, réseaux, etc.), et ne sont donc pas directement « comparables ». La comparaison des résultats d'impacts environnementaux permet simplement de mieux comprendre ce qui joue dans l'impact d'un usage audiovisuel.

Les résultats sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale sont notamment détaillés. Ces trois indicateurs constituent des enjeux importants du numérique (donc des usages audiovisuels), et ne suivent pas les mêmes tendances.

Il est important de rappeler que les résultats présentés dans cette partie n'incluent pas l'impact des temps de publicité supplémentaires. En effet, sur certains usages, le visionnage ou l'écoute des

contenus audiovisuels est automatiquement accompagné de contenus publicitaires. Ainsi, on peut considérer que pour visionner des contenus audiovisuels, il faut également utiliser des terminaux, réseaux, et centres de données pour visionner des contenus publicitaires pendant un certain temps additionnel, qui est associé à des impacts environnementaux supplémentaires. Cependant, les temps de publicité par heure d'usage sont très variables entre et au sein des usages, et peu de données sont disponibles dans la littérature, il est donc difficile d'avoir une bonne estimation de ces temps de publicité. En conséquence, l'impact des temps de publicité supplémentaires pour chaque usage a été calculé en analyse de sensibilité (cf. partie *7.2.1 Inclusion des temps de publicité supplémentaires dans les scénarios d'usage audiovisuel*).

D'autres analyses de sensibilité ont été effectuées et sont présentées partie *7.2 Analyses de sensibilité.*

La comparaison générale des impacts de tous les scénarios selon tous les indicateurs étudiés est présentée en *ANNEXE J – Comparaison générale de tous les scénarios*.

7.1.10.1 Comparaison des scénarios sur l'indicateur changement climatique

La figure suivante présente une comparaison des résultats des scénarios sur l'indicateur changement climatique. Cela correspond à l'impact carbone des différents scénarios, exprimé en gCO_2eq. Les résultats sont également décomposés par tier technologique et par étape du cycle de vie.

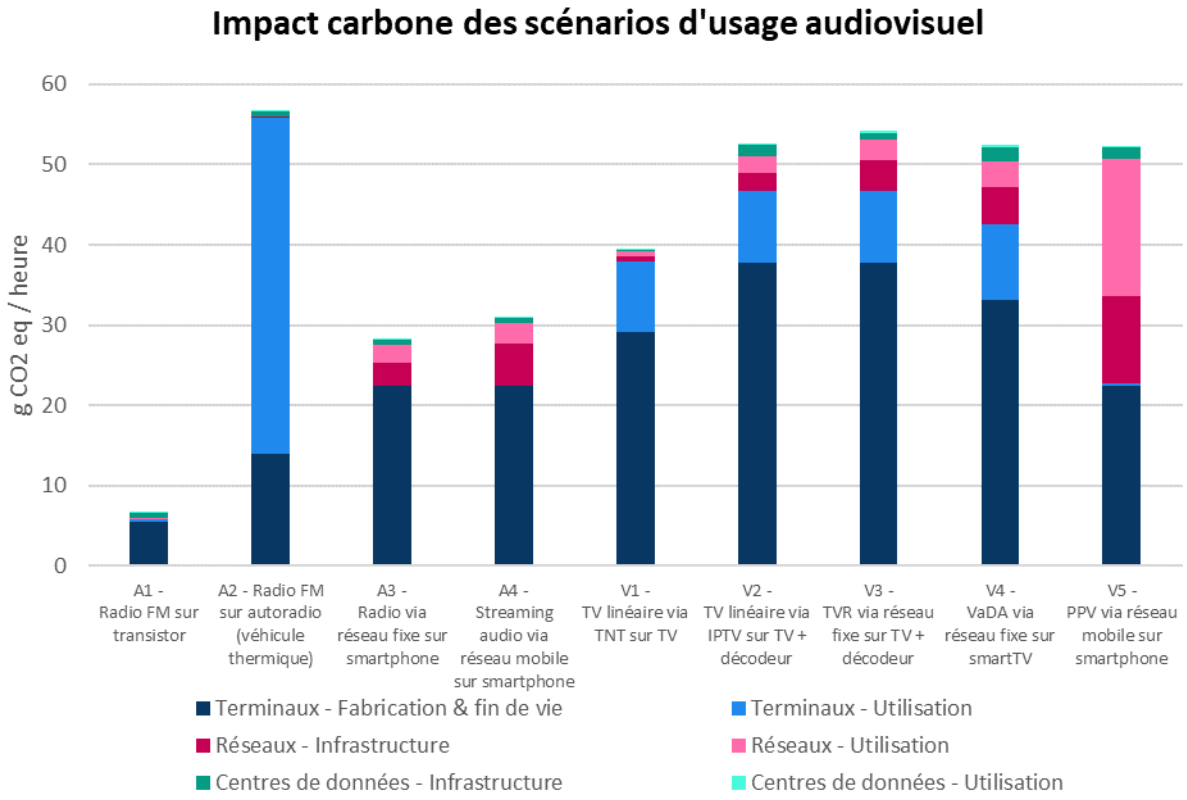


Figure 21 - Comparaison des scénarios sur l'indicateur changement climatique

L'impact carbone des scénarios se situe entre **6 et 57 gCO_2eq / heure**. Afin de comparer ces résultats avec des valeurs tangibles, on peut considérer qu'ils sont équivalents aux émissions directes d'un véhicule roulant sur 50 à 500 m (en considérant en moyenne 112 gCO_2eq/km[112]).

Les scénarios vidéo étudiés ont un impact carbone plus important que les scénarios audio, à l'exception du scénario d'écoute radio en FM sur autoradio. Cela s'explique par le fait qu'il s'agit du **seul cas d'usage dont le terminal (autoradio) est alimenté par un moteur thermique (le moteur du véhicule). L'utilisation de ce terminal est donc associée à des émissions importantes de GES.**

La fabrication des terminaux représente une part significative de l'impact carbone sur tous les scénarios : entre 43% et 80%. L'utilisation du terminal contribue également à l'impact de façon significative sur les scénarios avec téléviseurs (entre 17% et 22%), qui consomment plus de 130 W d'électricité, ou autoradio (74%, dû aux émissions GES du moteur thermique). Sur les scénarios avec smartphone ou transistor, la consommation d'électricité du terminal est très faible (de 1W à 5W), l'impact est donc négligeable. Cela vient également du fait que l'électricité française est particulièrement peu carbonée. Au total, le terminal utilisé pour chaque usage est déterminant dans l'impact : les scénarios avec téléviseurs ont un impact plus élevé que les scénarios avec smartphone ou transistor. Les scénarios V2 (IPTV géré) et V3 (TVR), qui utilisent en plus du téléviseur un décodeur TV ont un impact plus important que le scénario V1 (TNT). Le scénario V4 (VàDA) est modélisé avec une smart TV, dont l'impact est plus important que le téléviseur standard, mais il ne nécessite pas de décodeur.

[112] https://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/r/evolutionTauxCo2

Les réseaux représentent entre 0,4% et 54% de l'impact des scénarios sur le changement climatique (cf. partie *7.1.10.4 Focus sur le tier réseau* pour plus de détails sur l'impact des réseaux).

Les centres de données représentent entre 0,8% et 4% de l'impact des scénarios sur le changement climatique (cf. partie *7.1.10.5 Focus sur le tier centre de données* pour plus de détails sur l'impact des centres de données).

7.1.10.2 Comparaison des scénarios sur l'indicateur ressources minérales et métalliques

La figure suivante présente une comparaison des résultats des scénarios sur l'indicateur ressources minérales et métalliques, exprimé en mg Sb eq. Les résultats sont également décomposés par tier technologique et par étape du cycle de vie. Cet indicateur évalue la quantité de ressources minérales et métalliques extraites de la nature, au cours du cycle de vie des terminaux, réseaux et centres de données. Les quantités des différentes ressources utilisées (exemple : cuivre, chrome, or, argent, tungstène, indium, cobalt, lithium, etc.) sont pondérées par le niveau de criticité de ces ressources, et sont ensuite ramenées en équivalent antimoine.[113]

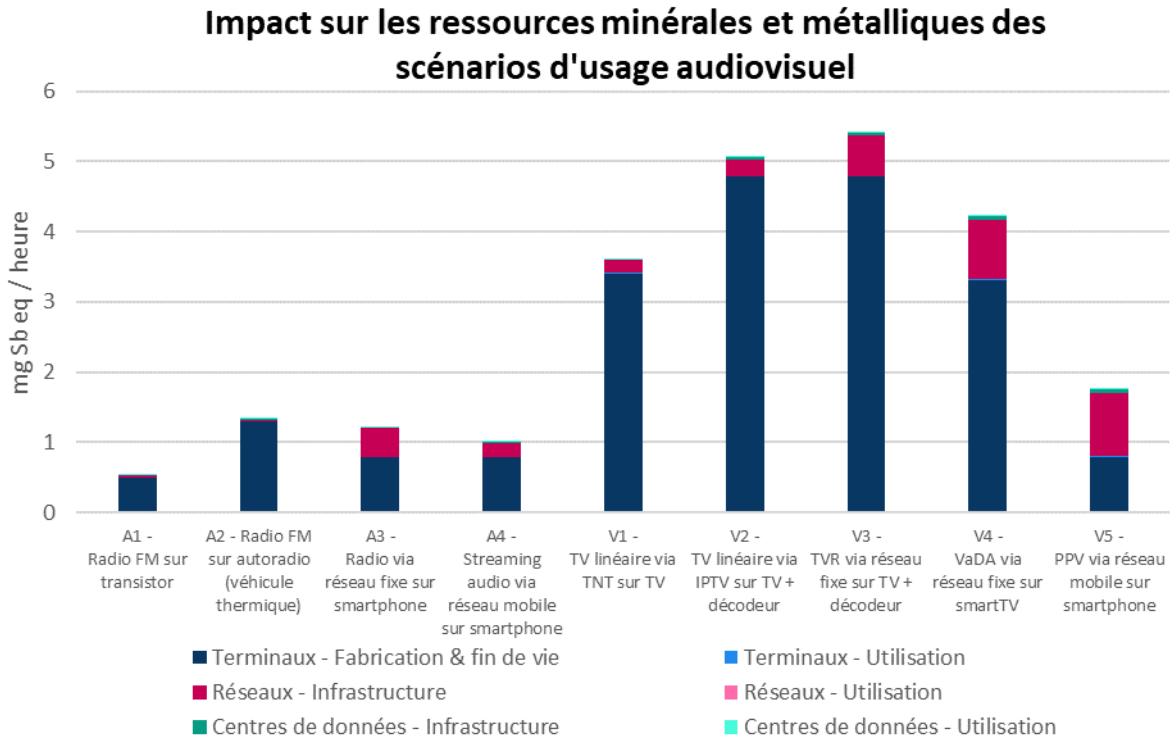


Figure 22 - Comparaison des scénarios sur l'indicateur ressources minérales et métalliques

L'impact des scénarios sur les ressources minérales et métalliques se situe entre **0,5 et 5,4 mg Sb eq / heure**.

Sur cet indicateur, la fabrication des terminaux représente le premier contributeur aux impacts : entre 45% et 96% du total. L'impact sur les ressources minérales et métalliques de la fabrication des terminaux dépend avant tout des matériaux qui les composent et de la taille des terminaux, ainsi que de la durée de vie sur laquelle l'impact est amorti. Ainsi, un téléviseur de plus grande taille aura généralement besoin de plus de ressources pour être fabriqué. Cependant, la

[113] L'antimoine est un élément rare avec des réserves limitées servant de référence, couramment utilisé dans diverses industries, notamment pour les retardateurs de flamme, les batteries et les alliages.

« miniaturisation » des terminaux peut aussi s'accompagner d'une consommation accrue de ressources, relativement au poids final du terminal. A titre d'exemple, le « sac à dos écologique » (la quantité totale de matière extraite) d'un téléviseur LCD de 45 pouces (poids : 9 kg) est de 1 570 kg, tandis que celui d'un smartphone LCD de 6,7 pouces (poids : 204 g) est de 295 kg. Le ratio poids matières extraites sur poids final est donc bien plus élevé pour le smartphone : environ 1450 pour le smartphone contre 170 pour le téléviseur.

Au global, ramené par heure d'usage, l'impact de la fabrication d'un smartphone (scénario A3 radio en ligne, A4 streaming audio, et V5 PPV) est plus faible que l'impact de la fabrication d'un téléviseur (scénarios V1 TNT et V4 OTT via smart TV). Les scénarios V2 (IPTV géré) et V3 (TVR) sont modélisés avec un décodeur TV en plus du téléviseur, dont la fabrication est également associée à un impact sur les ressources minérales et métalliques.

Concernant l'autoradio (scénario A2) et le transistor (scénario A1), l'autoradio est un terminal composé d'enceintes généralement plus grandes et plus puissantes qu'un transistor radio standard. La consommation de ressources pour sa fabrication est plus importante que pour le transistor.

Les réseaux représentent entre 3% et 52% de l'impact sur les ressources minérales et métalliques des scénarios (cf. partie *7.1.10.4 Focus sur le tier réseau* pour plus de détails).

Les centres de données représentent entre 0,2% et 2,3% de l'impact sur les ressources minérales et métalliques des scénarios (cf. partie *7.1.10.5 Focus sur le tier centre de données* pour plus de détails).

7.1.10.3 Comparaison des scénarios sur l'indicateur consommation d'énergie finale

La figure suivante présente une comparaison des résultats des scénarios sur l'indicateur de consommation d'énergie finale, exprimé en Wh, et décomposés par tier technologique et par étape du cycle de vie. Cet indicateur n'est pas directement un indicateur d'impact sur l'environnement mais il renseigne sur la consommation d'électricité directe des usages. Seule l'étape d'utilisation des terminaux, réseaux et centres de données est donc concernée ici (la consommation d'électricité amont pour la phase de fabrication n'est pas traitée par cet indicateur).

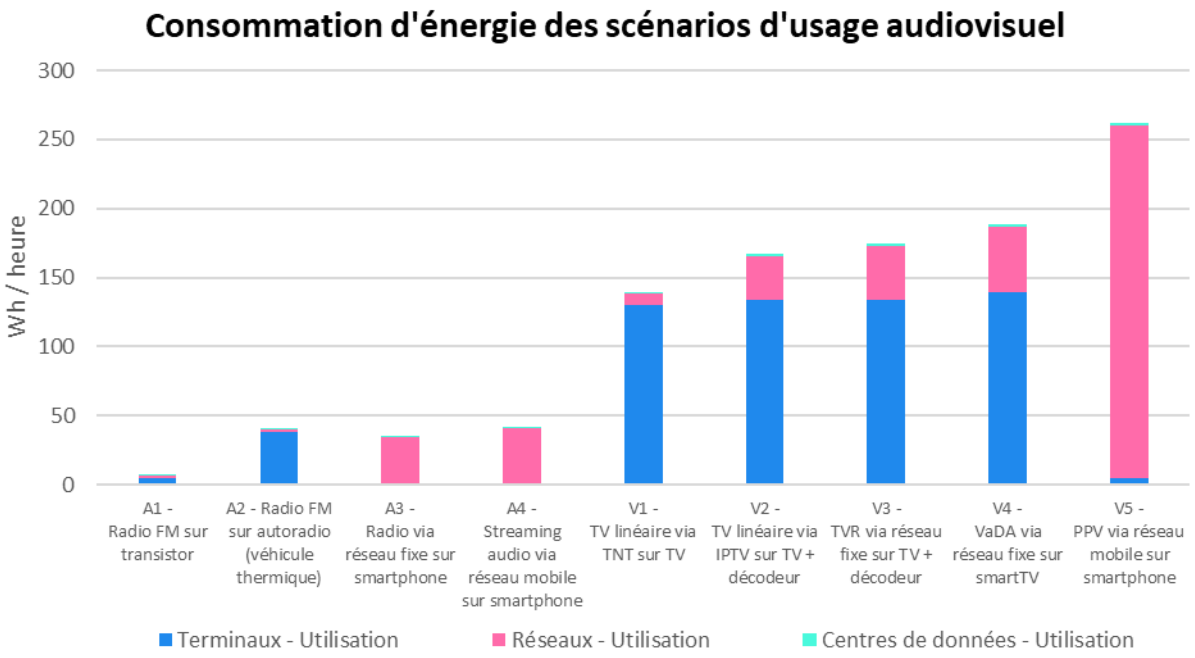


Figure 23 - Comparaison des scénarios sur l'indicateur de consommation d'énergie finale

Les terminaux utilisés par les usages vidéo sont dans l'ensemble plus énergivore que les usages audio (la consommation des téléviseurs considérée est de 130W à 140W, tandis que le transistor et le smartphone consomme entre 1W et 5W). La consommation électrique du smartphone est un peu plus importante pour un visionnage de vidéo en ligne sur PPV que pour l'écoute de streaming audio : d'après les mesures en laboratoire, respectivement 0,9 et 4,7 Wh/heure (en considérant le rendement de la recharge du smartphone, ainsi que la consommation en veille, cf partie *6.2*Inventaires des). Dans les deux cas, la consommation du smartphone reste faible par rapport à la consommation d'autres terminaux et celle des réseaux fixe et mobile. Cette différence est particulièrement visible sur le scénario V5 – PPV via réseau mobile sur smartphone. La consommation du smartphone est plus importante que pour les autres scénarios sur smartphone, car le contenu est visuel et non juste audio. La consommation forte du réseau s'explique par le débit important de ce scénario et la consommation plus importante du réseau mobile par rapport au réseau fixe.

La consommation du décodeur TV (estimée à 4 Wh/heure, en incluant la consommation en veille) est faible par rapport à la consommation du téléviseur. La Smart TV possède une consommation électrique généralement plus importante qu'un téléviseur classique (respectivement 140W versus 130W considérés dans cette étude).

Les réseaux représentent entre 6% et 98% de la consommation d'électricité totale des scénarios (cf. partie *7.1.10.4 Focus sur le tier réseau* pour plus de détails).

Les centres de données représentent entre 0,5% et 12% de la consommation d'électricité totale des scénarios (cf. partie *7.1.10.5 Focus sur le tier centre de données* pour plus de détails).

7.1.10.4 Focus sur le tier réseau

Les impacts environnementaux provenant du tier réseau dans les différents scénarios sont analysés ici. La figure suivante présente la comparaison de l'impact du tier réseau des différents scénarios sur l'indicateur de changement climatique.

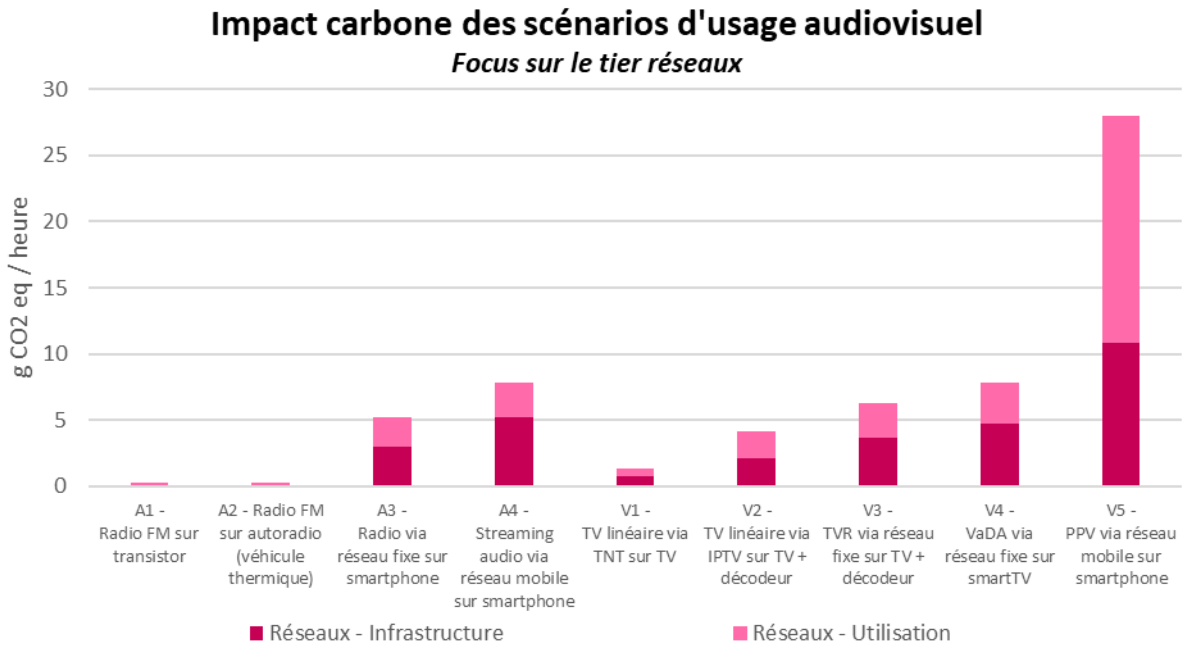


Figure 24 – Comparaison des scénarios sur le tier réseau et sur l'indicateur changement climatique

L'impact des réseaux sur le changement climatique provient d'abord de la fabrication, la maintenance et la fin de vie de l'infrastructure, ainsi que de la phase d'utilisation (consommation d'électricité).

Ramené par heure d'usage, les réseaux de type « broadcast » (FM, DAB+, TNT) ont l'impact carbone le plus faible. Pour ces réseaux, la quantité d'infrastructures et la consommation électrique ne dépend pas de la demande sur ces réseaux mais du taux de couverture du territoire atteint par le déploiement. Une fois déployés, ces réseaux diffusent les signaux (multiplex TV et radios) en continu, et ces signaux peuvent être réceptionnés par un grand nombre d'auditeurs à la fois. Les infrastructures peuvent donc être amorties par de nombreuses heures d'écoutes sur ces réseaux. Cela est valable pour tous les impacts environnementaux de ces réseaux. Une comparaison de la consommation électrique des réseaux par heure d'usage est présentée dans le tableau suivant.

L'impact du scénario V5 s'explique encore une fois par le débit important de ce scénario, ainsi que l'utilisation du réseau mobile.

Tableau 58 - Comparaison des consommations d'énergie des réseaux par heure d'usage

Réseaux	FM*	**DAB+***	**TNT**	**IPTV**	**Réseau fixe*** **	**Réseau mobile*** **
Consommation d'énergie (Wh / heure)	1,9	36,2**	8,6	31,0	37,9	133,4

** Ces résultats possèdent des incertitudes importantes, une analyse de sensibilité est effectuée sur le réseau FM, cf. partie 7.2.2.1 Analyse de sensibilité sur le réseau FM.*

*** Le réseau DAB+ est encore en cours de déploiement. Ainsi, sa consommation totale ramenée au nombre d'utilisateurs (plus faible que pour la FM) est importante. Une fois le déploiement terminé, son utilisation augmentant, sa consommation par heure d'usage devrait diminuer.*

**** En considérant un débit de 1 Go/h*

Les contenus diffusés en OTT via les réseaux fixe et mobile (scénarios A3 radio en ligne, A4 streaming audio, V3 TVR, V4 VàDA et V5 PPV) sont associés à un impact plus important côté réseau. La diffusion des contenus audiovisuels en OTT se fait par un signal unicast, qui se traduit par une sollicitation spécifique du réseau par terminal connecté, associée à une consommation électrique. Une part significative de la consommation électrique des réseaux fixe et mobile est cependant indépendante du trafic (cf. Référentiel méthodologique d'évaluation environnementale de la fourniture d'accès à internet, publié par l'ADEME en 2023).

L'impact du réseau mobile est généralement plus important que le réseau fixe, mais la différence dépend du débit. Dans cette étude, la modélisation des réseaux fixes et mobiles dans les scénarios considère les impacts dépendants du trafic (donc de la consommation de données de l'usage) ainsi que des impacts indépendants du trafic, alloués par heure d'utilisation du réseau. Pour cette raison, **les résultats obtenus ne sont pas linéaires avec la consommation de données**. La Figure 25 présente une comparaison de l'impact des réseaux fixes et mobiles pour une heure d'usage, selon le débit de données.

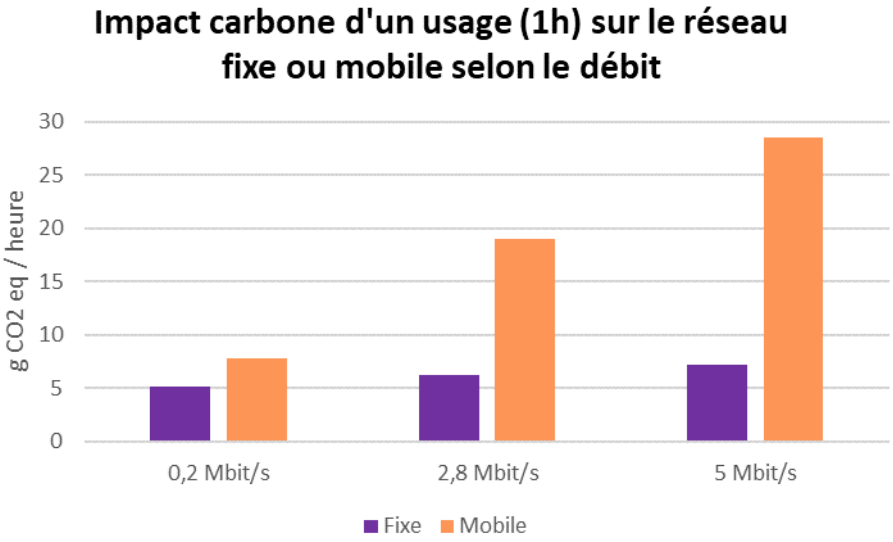


Figure 25 - Comparaison de l'impact sur le changement climatique d'un usage d'une heure du réseau fixe ou mobile selon le débit

Pour illustrer la différence entre le réseau fixe et mobile, trois débits sont comparés sur ce graphique : 0,2 Mbit/s (qui correspond au débit du streaming audio), 2,8 Mbit/s (qui correspond au débit de la TVR), et 5 Mbit/s (qui correspond au débit de la VàD en HD). On remarque que l'impact du réseau mobile est plus sensible au débit que le réseau fixe. Cela vient notamment du fait qu'une partie significative de l'impact du réseau fixe provient de la box internet, dont la consommation électrique varie très peu avec le débit appelé. On peut considérer pour les usages audiovisuels que le réseau mobile est associé à un impact carbone 1,5 à 4 fois plus élevé que le réseau fixe, selon le débit de l'usage.

L'impact du réseau sur le scénario V5 (PPV sur réseau mobile), pour lequel un débit de 2 Go/h est considéré, est 3,5 fois plus élevé que l'impact du réseau fixe sur le scénario V4 (VàDA sur réseau fixe).

L'impact du réseau IPTV géré (scénario V2) est plus faible que le réseau fixe et mobile. La diffusion via IPTV géré est modélisée dans cette étude de manière simplifiée en considérant uniquement l'impact d'une partie de l'infrastructure du réseau fixe (la box internet), le reste de l'infrastructure étant négligée car diffusée en multicast (cf. partie *6.3.1.3 Inventaire du cycle de vie du réseau IPTV*). Il est cependant plus élevé que l'impact du réseau TNT.

Il est important de noter que les résultats obtenus sont issus d'un calcul de type « attributionnel », qui alloue des impacts, parfois indépendants des usages, à l'unité fonctionnelle étudiée (cf. partie *8.2. Limites de l'évaluation des scénarios d'usage et de l'audiovisuel à l'échelle France en 2022* pour plus de détails).

7.1.10.5 Focus sur le tier centre de données

Les impacts environnementaux provenant du tier centres de données dans les différents scénarios sont analysés dans cette partie. La figure suivante présente la comparaison de l'impact du tier centres de données des différents scénarios sur l'indicateur de changement climatique.

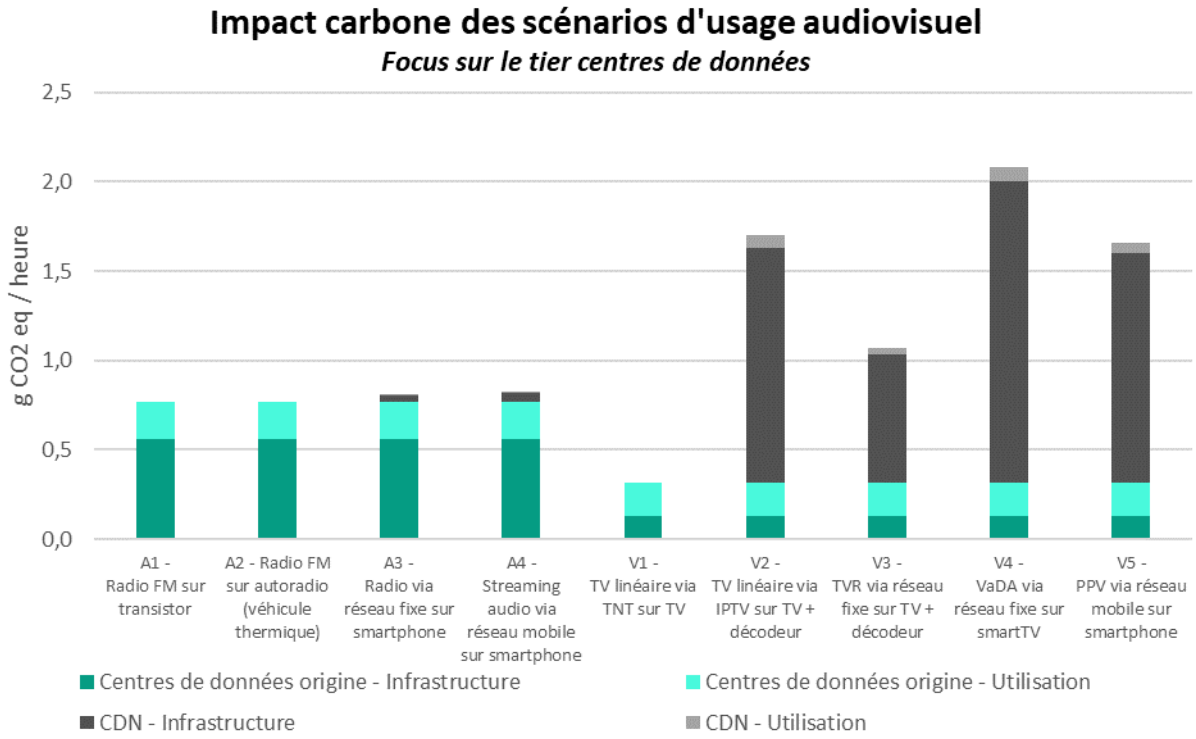


Figure 26 - Comparaison des scénarios sur le tier centre de données et sur l'indicateur changement climatique

L'impact des centres de données sur le changement climatique provient de la fabrication, la maintenance et la fin de vie de l'infrastructure, ainsi que de la phase d'utilisation (consommation d'électricité). La consommation électrique prend à la fois en compte la consommation des serveurs ainsi que la consommation des éléments alentours (autres équipements, système de refroidissement, etc.).

L'ensemble des scénarios utilise des centres de données origine, permettant principalement d'héberger les contenus (parmi de nombreuses autres fonctions d'hébergement, gestion, et traitement de données). Dans cette étude, les centres de données origine ont été modélisés par une allocation par heure, à partir de données Deezer extrapolées sur le reste des scénarios, par manque de données. Entre le streaming audio et le streaming vidéo, des baies de stockage supplémentaires ont été considérées sur le streaming audio, dont le catalogue est généralement bien plus grand selon certains experts. Les centres de données origine sont ensuite supposés identiques pour tous les usages audio, et pour tous les usages vidéo (par manque de données). C'est pour cela que l'impact des centres de données origine est donc identique entre tous les usages vidéo et audio, et légèrement plus élevé pour les usages audio.

Les CDN sont des réseaux de serveurs cache permettant de diffuser plus efficacement les contenus aux utilisateurs. Ils ne sont considérés que pour les usages à la demande, pour la TV en direct via IPTV géré ainsi que pour la radio en direct via internet (cf. *partie 6.4 Inventaires des centres de données* pour plus de détails). Dans cette étude, les CDN ont été modélisés par une allocation par Go transmis. L'impact des CDN est donc directement lié à la quantité de données transmise pour un usage audiovisuel. Les usages vidéo, qui consomment des quantités de données plus importantes, sollicitent davantage les CDN que les usages audio. Le scénario V4 (VàDA) est le scénario qui consomme le plus de données (2,88 Go/h), donc celui qui sollicite le plus les CDN. Plusieurs analyses de sensibilité sont effectuées pour tester des résolutions vidéo plus importante sur la VàDA et le PPV (cf. parties *7.2.8.2 Analyse de sensibilité sur le visionnage en UHD* et *7.2.9 Scénario V5 – analyse de sensibilité sur les codecs et définitions utilisées, ainsi que sur le visionnage de vidéo avec image fixe*).

Il est important de noter que les résultats présentés dans cette partie n'incluent pas l'impact des temps de publicité supplémentaire, qui sollicitent également les centres de données origine et les CDN pour diffuser les contenus publicitaires. De plus, les scénarios de TVR et de PPV font appel à de la publicité programmatique, qui nécessite l'utilisation de serveurs performants pour la création d'algorithmes d'enchères de l'emplacement publicitaire. Ces serveurs, ainsi que la sollicitation des centres de données origine et des CDN supplémentaires est prise en compte dans la partie *7.2.1 Inclusion des temps de publicité supplémentaires dans les scénarios d'usage audiovisuel*.

7.1.11 Comparaison des résultats avec les autres études

Les résultats de cette étude sont comparés avec les études suivantes :

- The LoCaT Project (2021) – "Quantitative study of the GHG emissions of delivering TV content"[114] ;
- Carbon Trust. (2021) – "Carbon impact of video streaming"[115] ;
- Article de l'Agence Internationale de l'Energie (IEA) « The carbon footprint of streaming video: fact-checking the headlines »[116] ;
- ADEME (2022) – « Evaluation de l'impact environnemental de la digitalisation des services culturels »[117] .

Selon les études, les scénarios les plus pertinents de ce rapport sont utilisés pour la comparaison. Les résultats sont principalement comparés sur la consommation d'électricité et sur l'indicateur changement climatique, ces études étant monocritères (à l'exception de l'étude ADEME).

7.1.11.1 Comparaison des résultats avec l'étude LoCaT - Quantitative study of the GHG emissions of delivering TV content

L'étude LoCaT publiée en 2021 se concentre sur le visionnage de TV linéaire via TNT, IPTV et OTT, dans différents pays européens. Les données et résultats présentés pour la France sont analysés dans cette partie.

Focus diffusion TNT

L'estimation de l'étude LoCaT sur la consommation d'électricité totale du réseau TNT en France a été utilisée dans cette présente étude : 107 GWh/an (cf. partie 6.3.1.4). Cependant, l'estimation sur le nombre d'heures total de visionnage de TV via TNT a été revue à la baisse : 21,9 milliards d'heures

[114] https://thelocatproject.org/wp-content/uploads/2021/11/LoCaT-Final_Report-v1.2-Annex-B.pdf
[115] https://www.carbontrust.com/our-work-and-impact/guides-reports-and-tools/carbon-impact-of-video-streaming
[116] https://www.iea.org/commentaries/the-carbon-footprint-of-streaming-video-fact-checking-the-headlines
[117] https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/5942-evaluation-de-l-impact-environnemental-de-la-digitalisation-des-services-culturels.html

équipement pour LoCaT, contre 1,25 milliards d'heures équipement dans ce rapport. En conséquence, l'intensité énergétique du réseau (allouée par heure de visionnage en TNT) est plus importante : 4,9 Wh/heure dans l'étude LoCaT contre 8,5 Wh/heure dans cette étude.

En ce qui concerne la consommation des terminaux utilisateurs, l'étude LoCaT a considéré 3,2 Wh/heure pour le boîtier TNT et 57 Wh/heure pour le téléviseur. Ici, le tuner TNT a été considéré comme systématiquement intégré au téléviseur (aucun boitier annexe), et la consommation du téléviseur est de 130 Wh/heure.

A cela s'ajoute la consommation électrique des centres de données, estimée ici à 0,7 Wh/heure.

L'impact carbone de la consommation d'électricité est calculé avec des facteurs d'émission légèrement différents (issus de bases de données différentes) entre l'étude LoCaT et cette présente étude : respectivement 50 gCO2e/kWh et 67 gCO2e/kWh.

Enfin, l'estimation de l'impact des infrastructures est très différente entre le rapport LoCaT et cette étude, et est difficilement explicable, par manque d'information.

La figure suivante présente une décomposition de la différence d'impact entre l'étude LoCaT et cette étude (scénario V1 – TV en direct via TNT), en se concentrant uniquement sur la partie réseau.

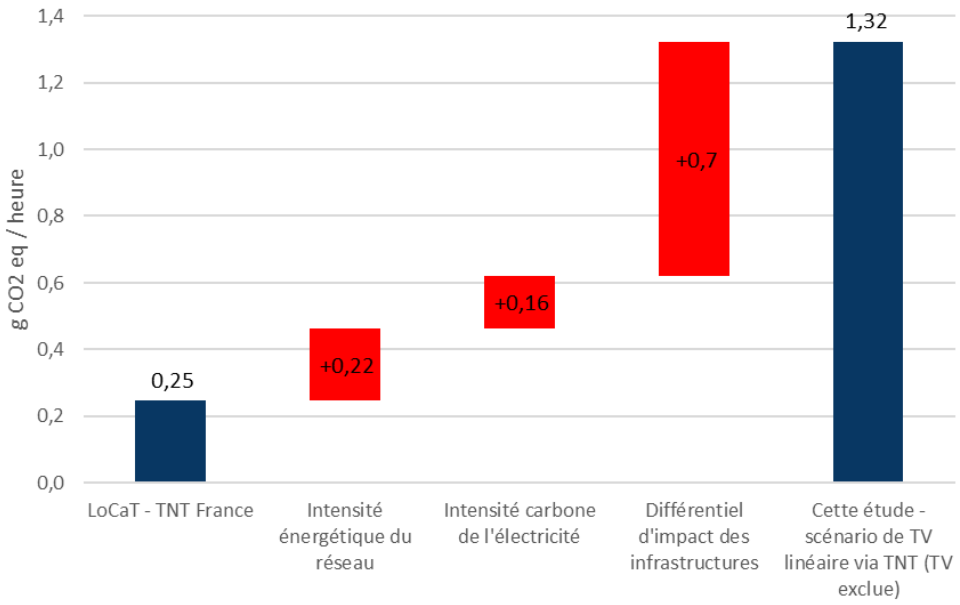


Figure 27 - Comparaison des résultats sur le visionnage de TV en direct via TNT entre l'étude LoCaT et cette étude (scénario V1) – Focus sur la partie réseau uniquement

Focus diffusion IPTV

Concernant l'IPTV, les données LoCaT n'ont pas été utilisées dans la présente étude, où le modèle du réseau IPTV est basé sur le modèle du réseau fixe. Dans les travaux menés par LoCaT, l'intensité énergétique du réseau IPTV est obtenue à partir d'une allocation par Go de la consommation du réseau d'agrégation et d'accès (y compris box). Tandis que dans cette étude, il s'agit d'une allocation en partie par heure et en partie par Go, et incluant uniquement la partie box (cf. partie 6.3.1.3). Le débit de données considéré est identique entre ces deux études (5 Mbit/s). La consommation électrique obtenue par LoCaT par heure de visionnage d'IPTV est de 83 Wh/heure, contre 31 Wh/heure dans cette étude. Ensuite, la consommation du décodeur TV est également différente : 26,5 Wh/heure pour LoCat, contre 4 Wh/heure ici.

La consommation d'électricité côté centres de données origine et CDN est proche : 1,3 Wh/heure pour le rapport LoCaT, contre 1,6 Wh/heure dans cette étude.

L'impact carbone de la consommation d'électricité est calculé avec des facteurs d'émission légèrement différents (issus de bases de données différentes) entre l'étude LoCaT et cette présente étude : 50 gCO2e/kWh et 67 gCO2e/kWh respectivement.

Enfin, l'estimation de l'impact des infrastructures est très différente entre l'étude LoCaT et cette étude, et est difficilement explicable, par manque d'information publiques dans l'étude LoCaT.

La figure suivante présente une décomposition de la différence d'impact entre l'étude LoCaT et cette étude (scénario V2 – TV en direct via IPTV géré), en se concentrant sur la partie réseau uniquement. **L'impact par heure de visionnage de TV en direct en IPTV géré en France est de 5,8 gCO_2e/heure dans l'étude LoCaT, contre 14,8 gCO_2e/heure dans cette étude (TV exclue).**

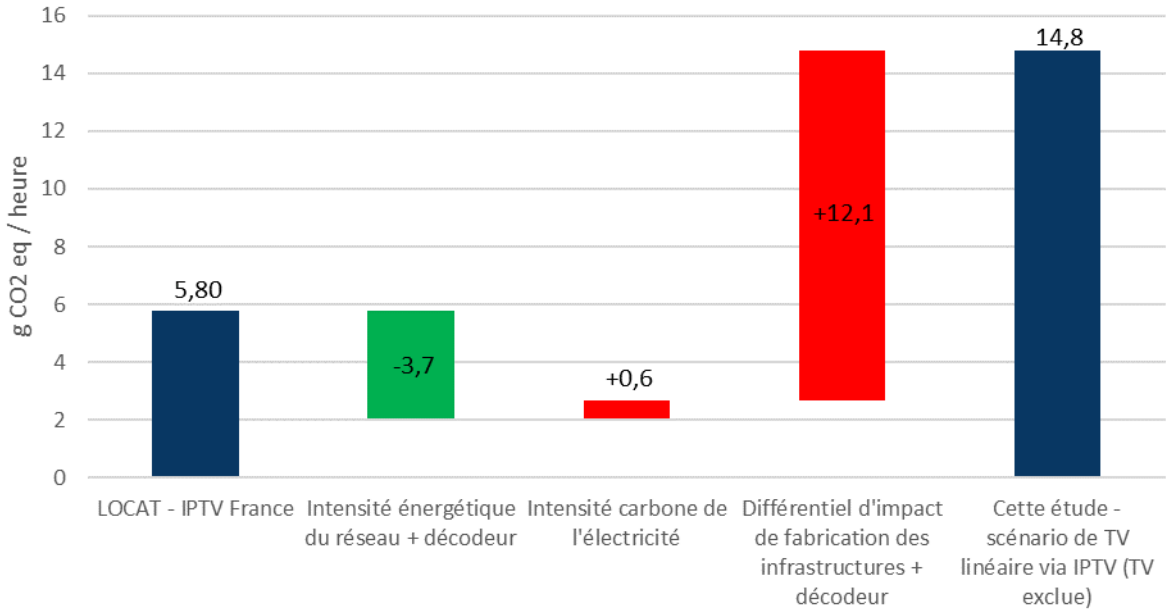


Figure 28 - Comparaison des résultats sur le visionnage de TV en direct via IPTV entre l'étude LoCaT et cette étude (scénario V2) – Focus sur la partie réseau uniquement

7.1.11.2 Comparaison des résultats avec l'étude Carbon Trust – Carbon impact of video streaming

L'étude de Carbon Trust publiée en 2021 a estimé l'impact du streaming vidéo en France (parmi d'autres pays européens). Les résultats sont donc comparés avec le scénario V4 – VàDA sur SmartTV.

Dans l'étude Carbon Trust, l'intensité énergétique du réseau fixe est estimée à partir d'une allocation par Go, tandis qu'il s'agit d'une allocation en partie par heure et en partie par Go dans cette étude (cf. partie 6.3.1.1). Le débit de données considéré par défaut est identique entre ces deux études (2,88 Go/h). Ramenée par Go, la consommation électrique obtenue dans l'étude Carbon Trust est de 25 Wh/Go côté routeur et 6,5 Wh/Go sur le reste du réseau, contre 43 Wh/Go côté routeur et 13,3 Wh/Go sur le reste du réseau dans cette étude.

Ensuite, la consommation du téléviseur est également différente : 96 Wh/heure dans l'étude Carbon Trust, contre 140 Wh/heure dans cette étude (SmartTV). L'étude Carbon Trust considère

également un boitier TV, avec une consommation de 18 Wh/heure, tandis que dans le scénario V4 de cette étude, la SmartTV permet de se passer d'un boitier TV pour la connexion au réseau.

La consommation d'électricité côté centres de données origine et CDN est cohérente entre ces deux études : 1,3 Wh/heure.

L'impact carbone de la consommation d'électricité est calculé avec des facteurs d'émission légèrement différents (issus de bases de données différentes) entre l'étude Carbon Trust et cette présente étude : 50 gCO2e/kWh et 67 gCO2e/kWh respectivement.

Enfin, l'étude Carbon Trust n'a pas pris en compte l'impact de la fabrication des infrastructures et des terminaux, ce qui induit une sous-estimation importante de l'étude Carbon Trust par rapport au résultat de cette présente : +32 gCO2e/heure au total.

La figure suivante présente une décomposition de la différence d'impact entre l'étude Carbon Trust et cette étude (scénario V4 – VàDA sur SmartTV). L'impact par heure de visionnage de streaming vidéo en France est de 10 gCO_2e/heure dans l'étude Carbon Trust, contre 52,4 gCO_2e/heure dans cette étude.

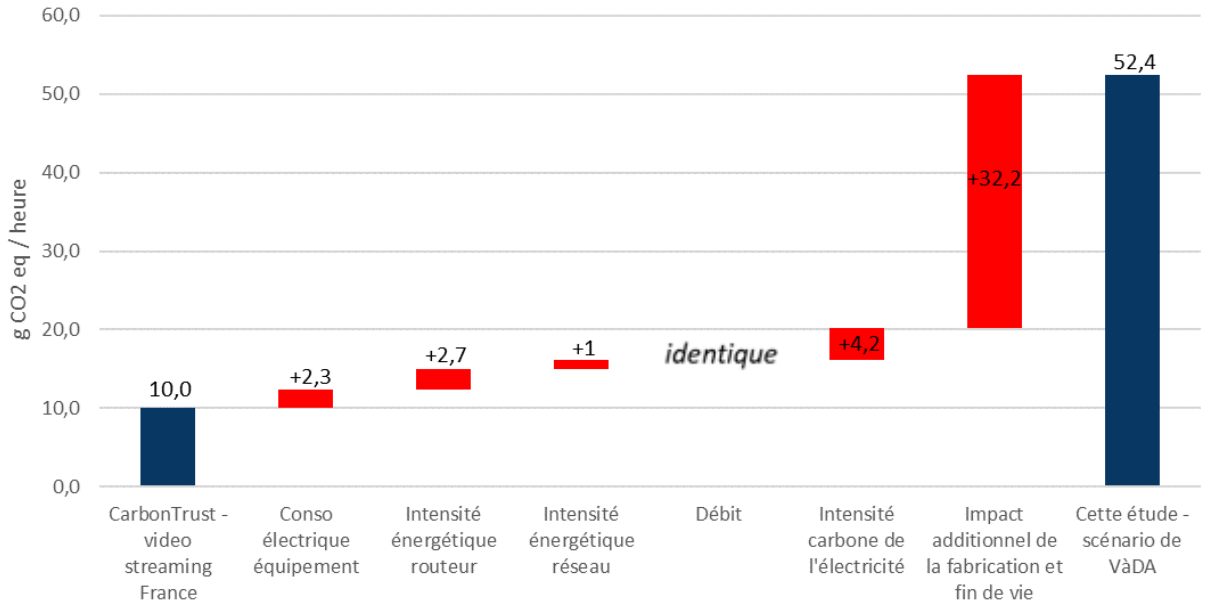


Figure 29 - Comparaison des résultats de l'étude Carbon Trust et de cette étude sur le visionnage de streaming vidéo (scénario V4)

7.1.11.3 Comparaison des résultats avec l'article de l'IEA – The carbon footprint of streaming video : fact checking the headlines

L'article de l'IEA publiée en décembre 2020 se concentre sur les consommations électriques utilisées par les terminaux utilisateur, les réseaux et les centres de données, sollicités pour le streaming vidéo.

La consommation d'électricité moyenne du streaming vidéo est estimée dans cet article à 78 Wh par heure de streaming, en prenant des consommations moyennes sur les terminaux et sur les réseaux. Ces consommations sont comparées avec celle utilisées dans cette étude, regroupées en deux scénarios :

- le premier scénario prend en compte la consommation d'une TV, la consommation du réseau fixe et des centres de données pour des usages vidéo ;
- le second scénario prend en compte la consommation d'un smartphone, la consommation du réseau mobile et des centres de données pour usages vidéo.

La comparaison du scénario de l'IEA et des deux scénarios de cette présente étude détaillés ci-dessus est représentée dans la figure suivante :

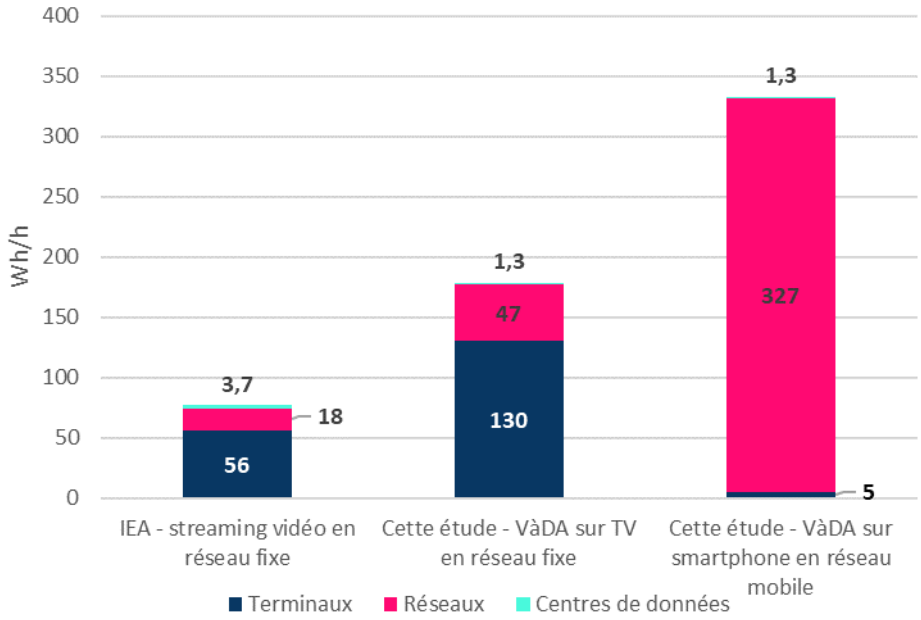


Figure 30 – Comparaison des résultats de l'article de l'IEA et de cette étude sur la consommation électrique du streaming vidéo

La consommation électrique moyenne des terminaux (mix entre TV, smartphone, ordinateur et tablette) considérée pour l'étude de l'IEA est cohérente avec les données considérées pour cette étude : 56 Wh/h en moyenne, contre des consommations qui varient de 130 Wh/h (téléviseurs) à 5Wh/h (smartphone) dans cette étude.

La consommation électrique du réseau considérée par l'IEA est de 18 Wh/heure, et provient du modèle de Malmodin (2020)[118]. Cette donnée semble assez faible par rapport aux valeurs de consommations obtenues dans l'étude ADEME « évaluation de l'empreinte environnementale de la fourniture d'accès à internet en France » publiée en 2024[119]. Dans cette étude, pour un débit moyen en streaming vidéo de 2,88 Go/h (basé sur l'étude Carbon Trust), la consommation électrique du réseau considérée est de 47 Wh/heure (réseau fixe) ou 330 Wh/heure (réseau mobile).

Concernant les centres de données, la consommation électrique des centres de données de l'IEA est basée sur la consommation électrique totale de Netflix (directe et indirecte) divisée par une estimation du nombre d'heure de streaming total. Cette consommation semble légèrement surestimée puisque la consommation totale de Netflix prend en compte d'autres consommations électriques que celles des centres de données, tel que la consommation des bureaux et des studios par exemple, qui n'est généralement pas considérée dans les ACV. De plus, l'estimation du volume d'heure de streaming totale possède des incertitudes importantes (basée sur un chiffre de 2h/jour

[118] Malmodin (2020). *The power consumption of mobile and fixed network data services - The case of streaming video and downloading large files*
[119] ADEME. (2024). *Empreinte environnementale de la fourniture d'accès internet en France.*

par abonné issu d'une interview). La consommation électrique des centres de données considérée pour cette étude est basée sur plusieurs données plus récentes, publiées par Akamai en 2022, et publiées par Carbon Trust en 2020. Cette consommation est 3 fois moins importante que celle de l'IEA mais reste dans le même ordre de grandeur.

7.1.11.4 Comparaison des résultats avec l'étude ADEME – Evaluation de l'impact environnemental de la digitalisation des services culturels

L'étude de l'ADEME sur l'impact environnemental de la digitalisation des services culturels, publiée en 2022, a estimé l'impact de l'écoute de musique en streaming ainsi que l'impact du visionnage d'un film en streaming, sur plusieurs indicateurs environnementaux. Les résultats sont comparés avec cette étude sur l'indicateur changement climatique, mais les différences de paramètres observés induisent des différences similaires sur tous les indicateurs.

Focus streaming audio

Les résultats de l'étude ADEME services culturels sur l'écoute de musique en streaming sont comparés avec le scénario A4 – streaming audio sur smartphone via réseau mobile.

Dans l'étude ADEME services culturels, l'impact du réseau fixe est estimé à partir d'une allocation par Go (basé sur NegaOctet), tandis qu'il s'agit d'une allocation en partie par heure et en partie par Go dans cette étude, basé sur des données plus récentes (cf. partie 6.3.1.1). Le débit de données considéré par défaut est identique entre ces deux études (0,088 Go/h). Ramenée par heure de streaming audio, la consommation électrique obtenue dans l'étude ADEME services culturels est de 6 Wh/heure pour le réseau fixe, et 21 Wh/heure pour le réseau mobile, contre 33 Wh/heure pour le réseau fixe et 40 Wh/heure pour le réseau mobile dans cette étude.

Ensuite, l'impact de fabrication du smartphone est identique mais l'intensité d'usage est différente : 1,62 h/jour dans l'étude ADEME services culturels contre 3,9 h/jour dans cette étude, d'après des données plus récentes (cf. partie 6.2.1). Cela induit une réduction de l'impact du smartphone par heure, puisqu'il est amorti par un plus grand nombre d'heures.

L'estimation de l'impact des centres de données (fabrication et utilisation) avait une incertitude importante dans l'étude ADEME services culturels, par manque de données. Cette estimation est plus robuste dans cette présente étude, basée sur des données confidentielles collectés auprès de Deezer.

L'impact carbone de la consommation d'électricité est calculé avec des facteurs d'émission légèrement identique entre ces deux études : 67 gCO2e/kWh.

La figure suivante présente une décomposition de la différence d'impact entre l'étude ADEME services culturels et cette étude (scénario A4 – streaming audio sur smartphone via réseau mobile). L'impact par heure d'écoute de streaming audio sur un smartphone via un réseau fixe en France a été estimé à 40 gCO_2e/heure dans l'étude ADEME services culturels, contre 31 gCO_2e/heure dans cette étude (avec connexion réseau mobile).

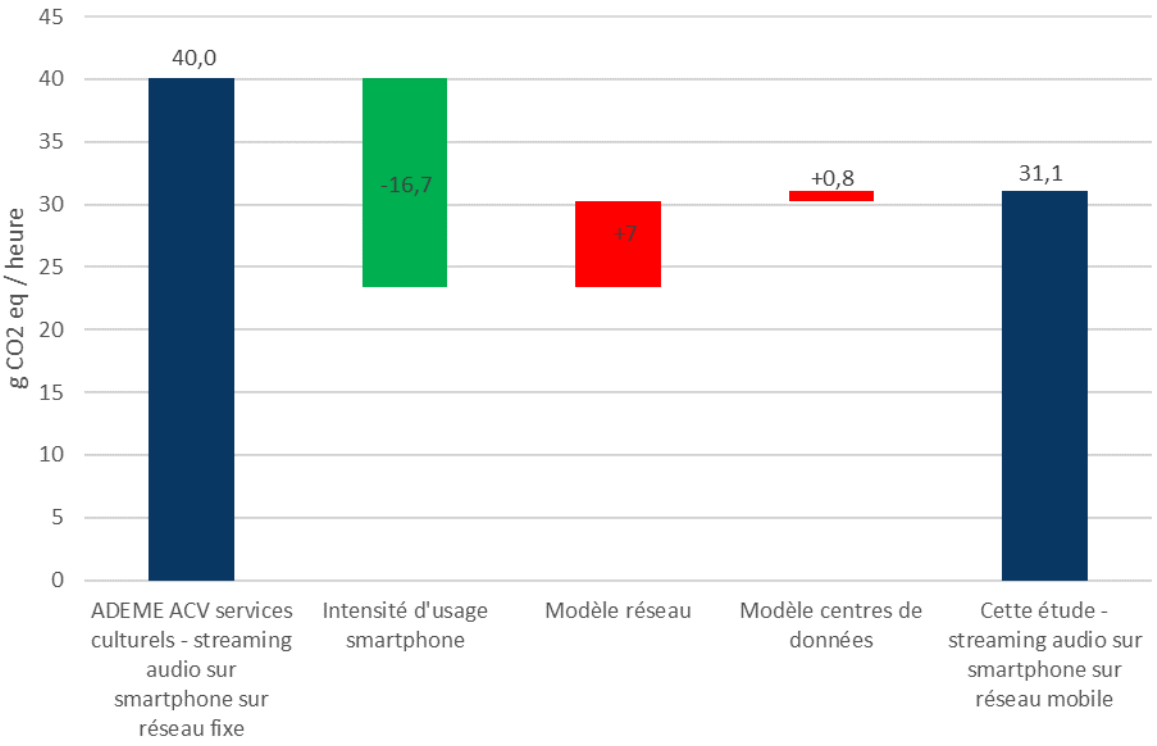


Figure 31 - Comparaison de l'étude ACV des services culturels de l'ADEME avec cette étude - streaming audio

Focus streaming vidéo

Les résultats de l'étude ADEME services culturels sur le visionnage d'un film en streaming sont comparés avec le scénario V4 – VàDA sur smartTV via réseau fixe.

Le débit de données considéré par défaut est identique entre ces deux études (2,88 Go/h). Les différences d'estimation sur l'impact du réseau sont énoncées dans le paragraphe précédent.

Ensuite, l'impact de fabrication du téléviseur a été revu à la hausse dans cette étude, à partir de données plus récentes de mix technologique. L'intensité d'usage est également différente : 2,86 h/jour dans l'étude ADEME services culturels contre 4 h/jour dans cette étude, d'après des données plus récentes (cf. partie 6.2.5). Cependant, le scénario V4 de cette étude ne nécessite pas de box TV, contrairement au scénario de l'étude ADEME services culturels. Cela induit, au total, une estimation plus faible de l'impact côté terminaux par heure de streaming vidéo dans cette étude.

L'estimation de l'impact des centres de données (fabrication et utilisation) avait une incertitude importante dans l'étude ADEME services culturels, par manque de données. Cette estimation est plus robuste dans cette présente étude (cf. *partie 6.4 92Inventaires des centres de données*).

L'impact carbone de la consommation d'électricité est calculé avec des facteurs d'émission identique entre ces deux études : 67 gCO2e/kWh.

La figure suivante présente une décomposition de la différence d'impact entre l'étude ADEME services culturels et cette étude (scénario V4 – VàDA sur SmartTV). L'impact par heure d'écoute de streaming audio sur un smartphone via un réseau fixe en France a été estimé à 77 gCO_2e/heure dans l'étude ADEME services culturels, contre 52 gCO_2e/heure dans cette étude

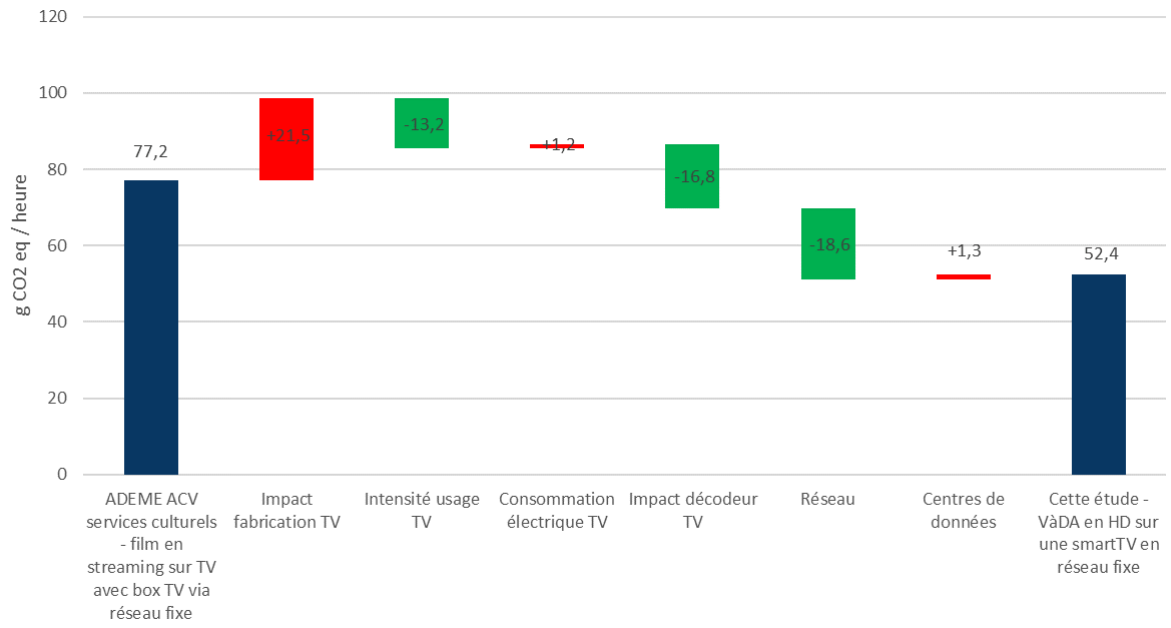


Figure 32 - Comparaison de l'étude ACV des services culturels de l'ADEME avec cette étude - streaming audio

7.2 Analyses de sensibilité

7.2.1 Inclusion des temps de publicité supplémentaires dans les scénarios d'usage audiovisuel

Certains usages audiovisuels sont automatiquement accompagnés de contenus publicitaires. Ainsi, on peut considérer que pour visionner des contenus audiovisuels, il faut également utiliser des terminaux, réseaux, et centres de données pour visionner des contenus publicitaires pendant un certain temps additionnel, ce qui est associé à des impacts environnementaux supplémentaires. Cependant, les temps de publicité par heure d'usage sont très variables entre et au sein des usages, et peu de données sont disponibles dans la littérature, il est donc difficile d'avoir une bonne estimation de ces temps de publicité. En conséquence, les résultats présentés dans la partie *7.1 Evaluation environnementale comparative des scénarios d'usage audiovisuel* n'incluent pas l'impact des temps de publicité supplémentaires, et celui-ci a été calculé en analyse de sensibilité présentée dans cette partie.

Le tableau ci-dessous présente les temps de publicité moyens pris en compte pour chaque scénario.

Tableau 59 – Temps de publicité pris en compte pour les scénarios de l'étude par UF

Scénario	Temps de publicité	Données transmises pour la publicité	Source / commentaires
A1 - écoute de la radio en direct en FM sur un poste radio	4,1 min par heure	*Non applicable*	Donnée Kantar
A2 - écoute de la radio en direct en FM sur un autoradio	4,1 min par heure	*Non applicable*	Donnée Kantar
A3 - écoute de la radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe	4,1 min par heure	3,94 Mo	Donnée Kantar
A4 - écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté au réseau mobile	4,4 min par heure	*Données transmises pour la publicité Deezer* Confidentiel	Mesure sur la plateforme Deezer pour un compte gratuit
V1 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un accès TNT intégré au téléviseur	6,1 min par heure	*Non applicable*	Donnée Kantar
V2 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV)	6,1 min par heure	0,23 Go	Donnée Kantar
V3 - visionnage de télévision de rattrapage en HD sur une TV	18,1 min par heure	0,68 Go	*Hypothèse*

connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI			
V4 - visionnage de VàDA en HD sur un téléviseur connecté à internet (Smart TV)	*Pas de temps de publicité pris en compte*		
V5 - visionnage de vidéo en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté au réseau mobile	10 min par heure	0,04 Go	*Hypothèse*

Pour le scénario de streaming audio, la mesure du temps de publicité a été faite sur un compte Deezer gratuit. Cependant, les comptes gratuits ne représentent qu'une faible partie des utilisateurs de plateformes de streaming audio. La durée de publicité utilisée dans la modélisation prend en compte une répartition gratuit/premium fournie par Deezer.

Pour le scénario de PPV, le contenu publicitaire peut parfois être ignoré après quelques secondes. Cependant, tout le contenu publicitaire est systématiquement transmis et téléchargé sur le terminal utilisateur, même si ignoré en partie. Ainsi, le temps de publicité téléchargé et le temps de publicité visionné est différent. Le temps de publicité téléchargé a été estimé à 10 min par heure de contenu (5x2 publicités de 60 secondes), et le temps de publicité visionné à 0,8 min (chaque publicité ignorée au bout de 5 secondes). Par manque de données, ces estimations sont basées sur des hypothèses issues d'observations sur la plateforme Youtube. Cependant, le nombre et la durée des contenus publicitaires varient beaucoup en fonction de nombreux paramètres (monétisation, popularité des vidéos, profils utilisateurs, etc.). Ces estimations possèdent donc des incertitudes importantes.

Pour le scénario de TVR, le temps de publicité a été estimé à 18 min par heure de contenu, en supposant 12 min supplémentaires aux 6 min de publicité de la télévision en direct. Par manque de données, cette estimation est basée sur des hypothèses issues d'observations sur plusieurs plateformes de télévision de rattrapage. Le nombre et la durée des contenus publicitaires varient en fonction des plateformes et des contenus visionnés en replay. Ces estimations possèdent donc des incertitudes importantes.

La quantité de données associées aux contenus publicitaires (lorsqu'applicable) est estimée à partir des débits considérés pour les contenus audiovisuels associés.

Les plateformes de TVR et PPV font appel à de la publicité de type programmatique (cf. inventaire des données pour la publicité programmatique partie *6.5 Inventaire de la publicité programmatique*). Le nombre d'impressions et le nombre de chemins actifs pris en compte pour chaque scénario est détaillé ci-dessous.

Tableau 60 – Données pour la modélisation de la publicité programmatique par UF

Scénario	Nombre d'impression	Nombre de chemins actifs	Source / commentaires
V3 - visionnage de télévision de rattrapage en HD sur une TV connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI	12	600	Moyenne de mesures sur plusieurs plateformes de replay. *Les publicités en TV sont des types d'enchères privées.*
V5 - visionnage de vidéo en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté au réseau mobile	10	1000	Hypothèse prise pour 1h de lecture de vidéo sur YouTube.

L'impact des temps de publicité supplémentaires se traduit par une sollicitation des centres de données, réseaux et terminaux supplémentaires pour diffuser et visionner ou écouter les contenus publicitaires. L'impact des éléments dont la modélisation repose sur une allocation par heure (terminaux, réseaux broadcast ainsi qu'une partie des réseaux fixe et mobile, et centres de données origine) est multiplié par le temps de publicité, tandis que l'impact des éléments dont la modélisation repose sur une allocation par Go (CDN, une partie des réseaux fixe et mobile) est multiplié par la quantité de donnés associées aux contenus publicitaires. A cela s'ajoute, dans le cas des scénarios TVR et PPV, la sollicitation de serveurs pour la partie programmatique.

La figure suivante présente une comparaison des résultats des scénarios sur l'indicateur changement climatique, incluant l'impact des temps de publicité supplémentaires. La partie « impact additionnel de la publicité » correspond à l'impact de la sollicitation des terminaux, réseaux et centres de données pour la diffusion et l'écoute ou le visionnage de contenus publicitaires. Le reste du graphique est identique à la *Figure 21*.

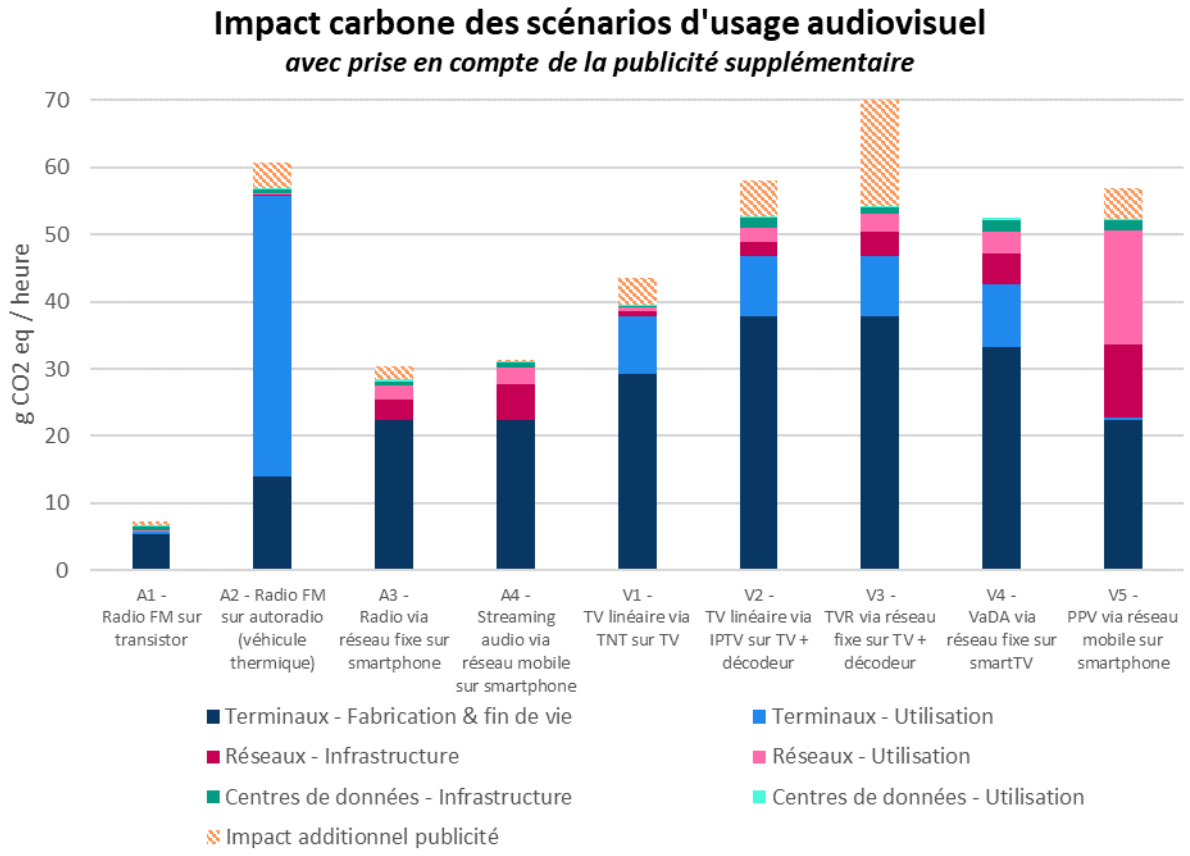


Figure 33 - Comparaison des scénarios sur l'indicateur changement climatique, avec inclusion de la publicité supplémentaire

L'impact additionnel de la publicité dépend du temps de publicité, ainsi que de l'impact des terminaux, réseaux et centres de données considéré pour le scénario. A titre d'exemple, entre le scénario A1 (radio FM sur transistor) et A2 (radio FM sur autoradio), l'impact additionnel de la publicité représente une augmentation de 7% de l'impact initial de chaque scénario. Etant donné que le scénario A2 représente un usage sur autoradio, associé à un impact 9 fois plus important que l'usage sur transistor (dû principalement au moteur thermique du véhicule), l'impact additionnel de la publicité dans ce scénario A2 est 9 fois plus important que celui sur le scénario A1.

En dehors de l'impact de la publicité programmatique, l'impact additionnel de la publicité est égal à l'impact initial des scénarios multiplié par le ratio entre le temps de publicité et la durée du contenu (1h), et ce pour tous les indicateurs.

Pour le scénario V5 (PPV), à cela s'ajoute le téléchargement de la publicité non visionnée (ignorée), qui représente 3,8 gCO2eq, ainsi que l'impact de la partie programmatique. C'est également le cas pour le scénario V3 (TVR). La *Figure 34* présente un focus sur le tier centre de données, avec prise en compte de la publicité, sur l'indicateur changement climatique. La partie programmatique représente environ 0,2 gCO2eq sur le scénario TVR et 0,3 gCO2eq sur le scénario PPV.

Au total, lorsqu'on inclut les temps de publicité supplémentaires, l'impact des scénarios sur le changement climatique se situe entre **7** et **57 gCO2eq** par heure de contenus audiovisuels. Le scénario TVR sur TV via un décodeur TV relié à une box FAI devient le scénario avec l'impact le plus élevé, puisqu'il s'agit du scénario pour lequel le temps de publicité considéré est le plus long.

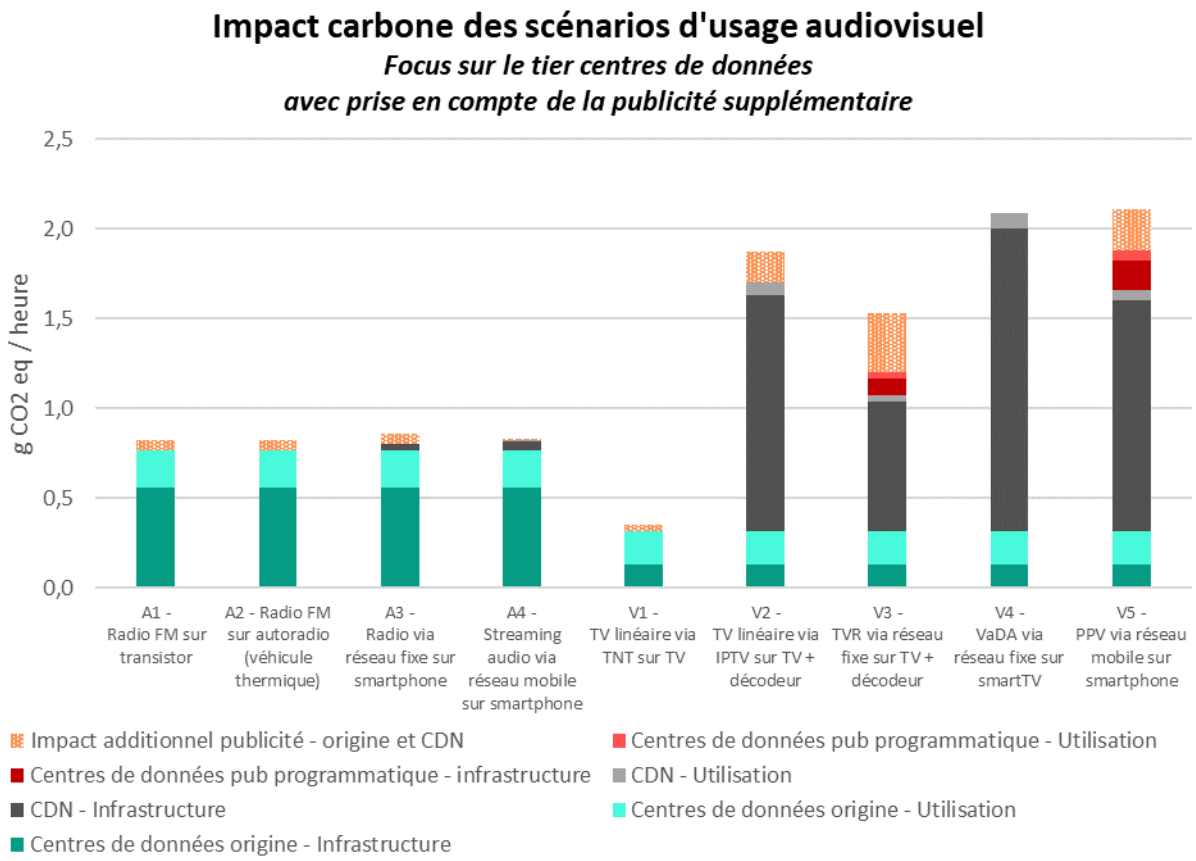


Figure 34 - Comparaison des scénarios sur le tier centre de données et sur l'indicateur changement climatique, avec inclusion de la publicité supplémentaire

7.2.2 Scénario A1 - analyse de sensibilité sur le réseau FM

7.2.2.1 Analyse de sensibilité sur le réseau FM

Comme annoncé dans la partie *6.3.1.6 Inventaire du cycle de vie du réseau FM*, ce scénario est sujet à de fortes incertitudes, en particulier sur l'impact du réseau FM. C'est pourquoi une analyse de sensibilité a été menée sur ces paramètres, en étudiant des scénarios haut et bas en plus du scénario de référence. Le scénario haut prend en compte tous les paramètres induisant l'impact le plus élevé sur le réseau, tandis que le scénario bas prend en compte ceux qui induisent l'impact le plus faible. Les paramètres variants entre les trois scénarios sont explicités dans le tableau suivant.

Tableau 61 - Paramètres utilisés pour l'analyse de sensibilité du scénario de radio FM sur poste-radio

Paramètre	Scénario bas	Scénario de référence	Scénario haut
Gain d'antenne	15	8	2
Rendement émetteur	70%	50%	30%

Répartition DAB+/FM	2%	5%	10%
Allocation des infrastructures	25%	35%	45%

Les résultats obtenus avec ces paramètres sont présentés dans les tableaux suivants. Seuls les résultats pour le réseau sont indiqués, car le terminal et les centres de données sont identiques au scénario de radio FM sur poste radio.

Tableau 62 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie de chaque tier du scénario de radio FM 'haut'

Catégorie d'impact	Unité	Réseau		TOTAL
		Infrastructure	Utilisation	
Changement climatique	kg CO_2 eq	1,21E-04	8,94E-04	**7,54E-03**
Acidification	mol H+ eq	7,40E-07	5,14E-06	**4,56E-05**
Particules fines	Disease incidence	4,01E-12	2,00E-10	**4,87E-10**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	2,87E-08	4,22E-10	**5,33E-07**
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,32E-03	1,87E-01	**3,50E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	1,34E-02	**1,89E-02**

Tableau 63 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie de chaque tier du scénario de radio FM de référence

Catégorie d'impact	Unité	Réseau		TOTAL
		Infrastructure	Utilisation	
Changement climatique	kg CO_2 eq	1,13E-04	1,28E-04	**6,76E-03**
Acidification	mol H+ eq	6,95E-07	7,35E-07	**4,11E-05**
Particules fines	Disease incidence	3,77E-12	2,86E-11	**3,15E-10**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	2,72E-08	6,03E-11	**5,31E-07**
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,25E-03	2,67E-02	**1,89E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	1,91E-03	**7,44E-03**

Tableau 64 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie de chaque tier du scénario de radio FM 'bas'

Catégorie d'impact	Unité	Réseau		TOTAL
		Infrastructure	Utilisation	
Changement climatique	kg CO_2 eq	1,07E-04	4,75E-05	**6,68E-03**

Acidification	mol H+ eq	6,68E-07	2,73E-07	**4,06E-05**
Particules fines	Disease incidence	3,63E-12	1,06E-11	**2,97E-10**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	2,63E-08	2,24E-11	**5,31E-07**
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,22E-03	9,93E-03	**1,72E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	7,09E-04	**6,24E-03**

Les écarts entre les trois scénarios selon tous les indicateurs et sur tout le cycle de vie sont présentés sur la figure suivante.

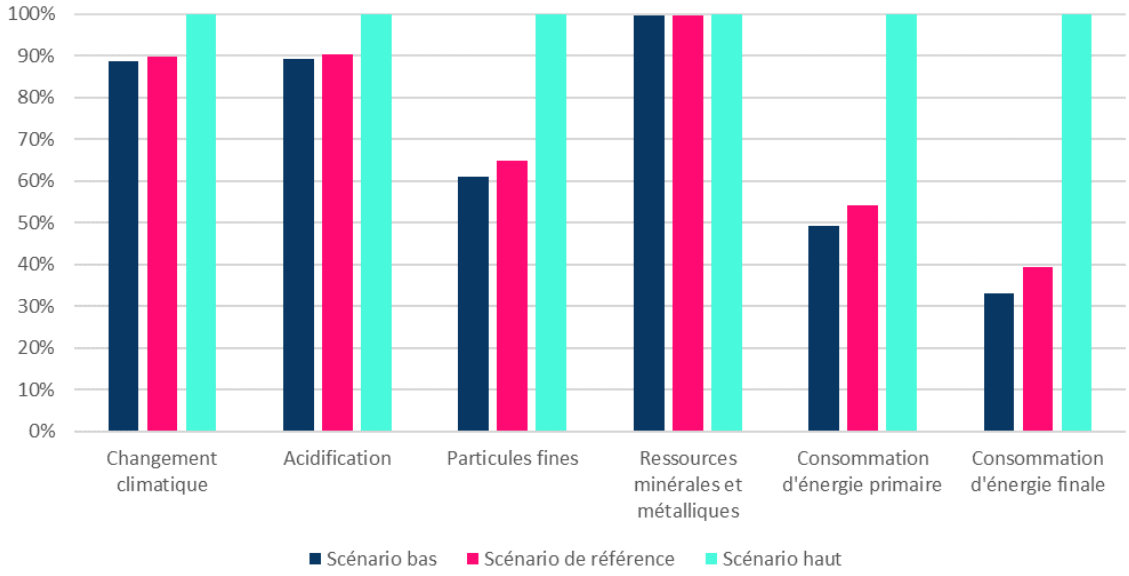


Figure 35 - Comparaison des scénarios bas, de référence et haut pour la radio FM

Pour la plupart des indicateurs (excepté l'indicateur des ressources minérales et métalliques) la tendance reste la même : le scénario haut est largement plus impactant que le scénario de référence, qui est légèrement plus impactant que le scénario bas. Ces écarts proviennent principalement de la différence de consommation énergétique engendrée par la variation du gain d'antenne appliquée.

L'indicateur sur les ressources naturelles renseigne davantage sur la partie infrastructure et indique que peu de changements sont opérés de ce côté. En effet, la seule hypothèse influant sur l'impact de l'infrastructure est la répartition FM/DAB+. Le passage de 90% à 98% de FM a donc un impact peu significatif pour le réseau FM.

En définitif l'impact du réseau FM, même en prenant des hypothèses conservatrices, reste très en dessous des impacts des autres réseaux étudiés dans cette étude.

7.2.3 Scénario A2 - analyse de sensibilité sur le réseau DAB+

7.2.3.1 Analyse de sensibilité sur l'utilisation du réseau DAB+

Le réseau DAB+ est un réseau en cours de déploiement en France. Comme le réseau FM, il permet de diffuser des programmes radiophoniques (musique, information, divertissement, etc.) à destination du grand public. Les radios peuvent être diffusées l'échelle nationale, ou à des échelles locales. Le réseau DAB+ est décrit en détail dans l'*ANNEXE B – Description des éléments de l'état des lieux des différentes technologies de diffusion et consommation audiovisuelle en France*, et son inventaire de cycle de vie est présenté dans la partie *6.3.1.7 Inventaire du cycle de vie du réseau DAB+.*

Les résultats obtenus avec le réseau DAB+ sont présentés dans le tableau suivant. Seuls les résultats pour le réseau sont indiqués, car le terminal et les centres de données sont supposés identiques au scénario de radio FM sur un autoradio.

Tableau 65 - Résultats des impacts environnementaux du tier réseau du scénario de radio DAB+ sur un autoradio

Catégorie d'impact	Unité	Réseau		TOTAL
		Infrastructure	Utilisation	
Changement climatique	kg CO_2 eq	1,91E-04	1,77E-04	**5,69E-02**
Acidification	mol H+ eq	1,19E-06	1,02E-06	**5,25E-04**
Particules fines	Disease incidence	6,45E-12	3,96E-11	**1,72E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,69E-08	8,36E-11	**1,35E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,16E-03	3,71E-02	**2,84E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	2,65E-03	**4,14E-02**

La figure suivante montre la comparaison du scénario radio FM sur un poste radio avec le scénario radio DAB+ sur un poste radio. Cette figure compare des scénarios entre eux, et inclut donc l'impact des trois tiers (terminaux, réseau et centre de données).

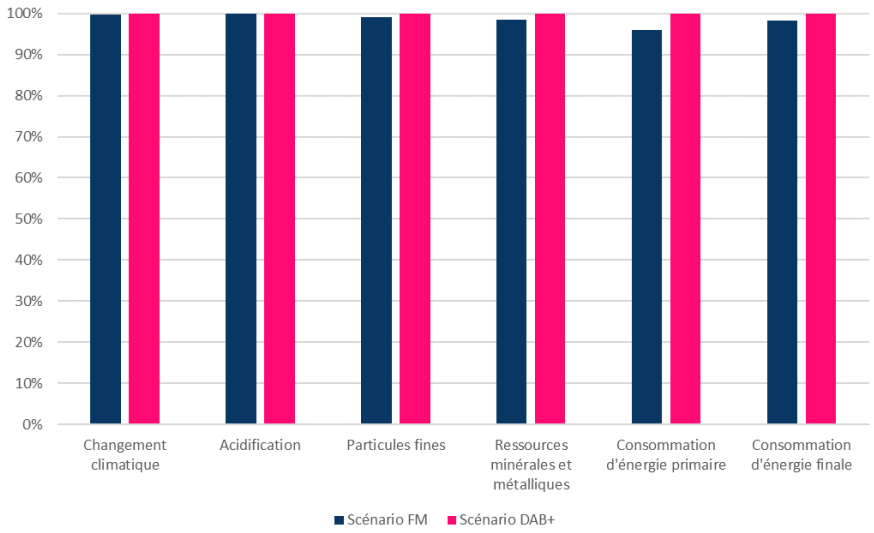


Figure 36 - Comparaison des scénarios FM et DAB+ sur poste radio

Cette comparaison montre que pour l'écoute de radio sur un poste radio, le réseau DAB+ est légèrement plus impactant que le réseau FM. La différence est peu marquée car la majeure partie de l'impact vient de l'autoradio utilisée. **Le léger écart s'explique par le fait que le réseau DAB+ est en cours de déploiement.** Ainsi, son taux de couverture est plus faible que le réseau FM, et le parc équipement radio n'est pas encore suffisamment renouvelé pour permettre aux utilisateurs d'utiliser ce nouveau réseau. **En ramenant l'impact total du réseau DAB+ au nombre d'audiences plus faibles, on obtient donc un impact par heure d'écoute plus important.**

L'impact individuel des émetteurs DAB+ est plus important que celui des émetteurs FM, car ils sont en moyenne plus puissants, et permettent d'émettre jusqu'à 13 radios dans un même signal multiplexé. Pour émettre 13 radios différentes, un seul émetteur DAB+ est nécessaire, contre 13 émetteurs FM.

7.2.3.2 Analyse de sensibilité sur le réseau DAB+

Comme annoncé dans la partie *6.3.1.7 Inventaire du cycle de vie du réseau DAB+*, la modélisation du réseau DAB+ est sujet à de fortes incertitudes. C'est pourquoi une analyse de sensibilité a été menée sur ces paramètres, en étudiant des scénarios haut et bas en plus du scénario de référence. Le scénario haut prend en compte tous les paramètres induisant l'impact le plus élevé sur le réseau, tandis que le scénario bas ceux qui induisent l'impact le plus faible. Les paramètres variants entre les trois scénarios sont explicités dans le tableau suivant.

Tableau 66 - Paramètres utilisés pour l'analyse de sensibilité du scénario de radio DAB+ sur autoradio

Paramètre	Scénario bas	Scénario de référence	Scénario haut
Gain d'antenne	15	8	2
Rendement émetteur	70%	50%	30%
Répartition DAB+/FM	10%	5%	2%
Allocation des infrastructures	20%	50%	79%

Les résultats obtenus avec ces paramètres sont présentés dans les tableaux suivants. Seuls les résultats pour le réseau sont indiqués, car le terminal et les centres de données sont supposés identiques au scénario de radio FM sur autoradio.

Tableau 67 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie du réseau DAB+ 'haut'

Catégorie d'impact	Unité	Réseau	
		Infrastructure	Utilisation
Changement climatique	kg CO_2 eq	4,92E-04	2,94E-03
Acidification	mol H+ eq	3,01E-06	1,69E-05
Particules fines	Disease incidence	1,63E-11	6,58E-10
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,17E-07	1,39E-09
Consommation d'énergie primaire	MJ	5,41E-03	6,15E-01
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	4,39E-02

Tableau 68 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie du réseau DAB+ de référence

Catégorie d'impact	Unité	Réseau	
		Infrastructure	Utilisation
Changement climatique	kg CO_2 eq	1,91E-04	1,77E-04
Acidification	mol H+ eq	1,19E-06	1,02E-06
Particules fines	Disease incidence	6,45E-12	3,96E-11
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,69E-08	8,36E-11
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,16E-03	3,71E-02
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	2,65E-03

Tableau 69 - Résultats des impacts environnementaux selon les étapes de cycle de vie du réseau DAB+ 'bas'

Catégorie d'impact	Unité	Réseau	
		Infrastructure	Utilisation
Changement climatique	kg CO_2 eq	9,27E-05	3,39E-05
Acidification	mol H+ eq	5,85E-07	1,95E-07
Particules fines	Disease incidence	3,19E-12	7,58E-12

Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	2,34E-08	1,60E-11
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,08E-03	7,09E-03
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	5,06E-04

Les écarts entre les trois scénarios selon tous les indicateurs et sur tout le cycle de vie sont présentés sur la figure suivante.

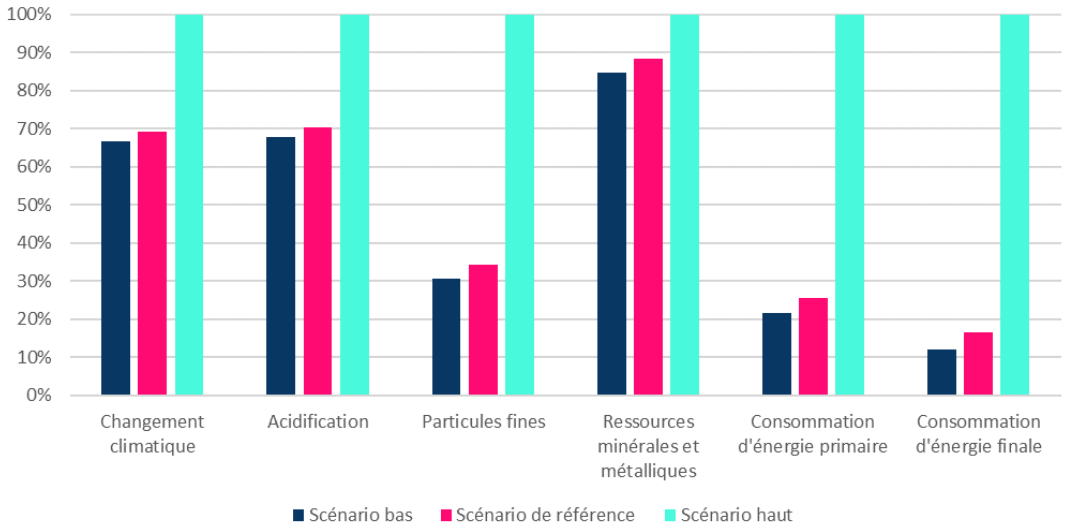


Figure 37 - Comparaison des scénario bas, de référence et haut pour le réseau DAB+

Comme la FM, pour la plupart des indicateurs (excepté l'indicateur des ressources minérales et métalliques) la tendance reste la même : le scénario haut est largement plus impactant que le scénario de référence, qui est légèrement plus impactant que le scénario bas. Ces écarts proviennent principalement de la différence de consommation énergétique engendrée par la variation du gain d'antenne appliqué.

7.2.4 Scénario A3 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un smartphone reconditionné

L'analyse de sensibilité sur le scénario de radio via internet (réseau fixe) porte sur l'utilisation d'un smartphone reconditionné à la place du smartphone standard utilisé dans le scénario de base. L'étude de l'ADEME sur l'évaluation de l'impact environnemental d'un ensemble de produits reconditionnés fournit les gains d'impact par an d'un smartphone reconditionné par rapport à un smartphone neuf. Le smartphone reconditionné utilisé dans cette étude fait 5,6 pouces. Les réductions dans cette étude ont été appliquées au smartphone de plus petite taille disponible dans NégaOctet, c'est-à-dire de 6'59 pouces.

La durée de vie du smartphone reconditionné est plus faible, 2 ans, mais son intensité d'usage et sa consommation d'énergie sont supposées identiques au smartphone neuf, décrit dans la partie *6.2.1 Inventaire du cycle de vie d'un smartphone.*

Les impacts de la fabrication et de la distribution sont tirés de l'étude de l'ADEME, et sont disponibles selon seulement sept indicateurs. L'impact de la phase d'utilisation est identique au smartphone neuf, et l'impact de fin de vie est tirée de NégaOctet, pour le plus petit smartphone

disponible : NEGA-0493 & NEGA-0516 : Smartphone; 6.59 inches display LCD, 1 CPU 101.66 mm² 12 nm lithography, 6 GB RAM, 128 GB SSD.

Les résultats du remplacement du smartphone neuf par un smartphone reconditionné sont présentés dans le tableau suivant. Seul le tier terminal ainsi que le total des trois tiers est indiqué, car les tiers réseau et centre de données sont identiques au scénario A3.

Tableau 70 - Impact du scénario de radio via internet avec un smartphone reconditionné

Catégorie d'impact	Unité	Terminal		TOTAL
		Infrastructure	*Utilisation*	
Changement climatique	kg CO_2 eq	2,54E-03	5,78E-05	**8,57E-03**
Particules fines	Disease incidence	1,39E-10	1,29E-11	**9,13E-10**
Acidification	mol H+ eq	1,47E-05	3,03E-06	**6,56E-05**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	3,27E-07	8,64E-11	**7,41E-07**
Matières premières	kg	9,24E-03	3,79E-04	**5,05E-02**

La comparaison entre les deux scénarios est présentée à la figure suivante.

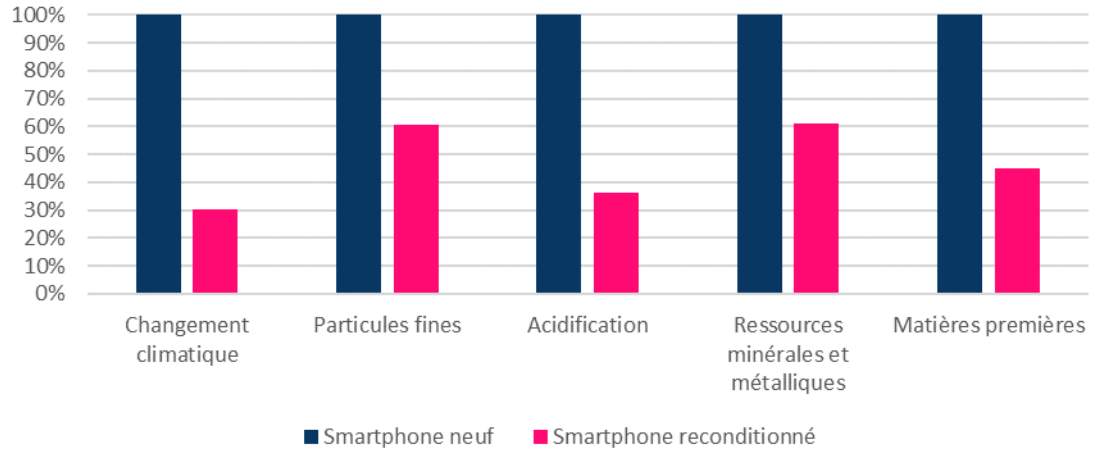


Figure 38 - Comparaison du scénario de radio via internet avec un smartphone neuf et reconditionné

L'utilisation d'un smartphone reconditionné permet d'avoir des gains importants sur la plupart des indicateurs. Le reconditionnement du smartphone a permis d'augmenter la durée de vie de ce dernier, ce qui constitue un bénéfice environnemental par rapport à l'achat d'un smartphone neuf. En effet un terminal neuf nécessite de nouvelles matières premières et consommations d'énergie pour sa fabrication.

7.2.5 Scénario A4 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'une enceinte connectée au réseau fixe

L'analyse de sensibilité sur le scénario de streaming audio porte sur l'utilisation d'une enceinte connectée (aussi appelée « enceinte à commande vocale ») à la place du smartphone utilisé dans le scénario de base. L'inventaire du cycle de vie d'une enceinte connectée est détaillé dans la partie

6.2.12 Inventaire du cycle de vie d'une enceinte connectée. L'utilisation d'une enceinte connectée requiert un paramétrage via un smartphone (ou tout autre équipement permettant d'accéder à internet) à l'installation de l'enceinte, puis l'enceinte fonctionne en autonomie. Ainsi, aucun impact de smartphone n'est considéré dans cette analyse de sensibilité.

Les enceintes connectées fonctionnent via le réseau fixe, contrairement au réseau mobile utilisé initialement dans le scénario de streaming audio. Ce réseau fixe a donc été pris en compte pour cette analyse de sensibilité, et est détaillé dans la partie *6.3.1.1 Inventaire du cycle de vie du réseau fixe*.

L'hypothèse a été prise de considérer le même débit pour l'écoute de musique sur smartphone et sur une enceinte connectée.

Les résultats de ce remplacement sont présentés dans le tableau suivant. Seuls les tiers terminal et réseau ainsi que le total des trois tiers sont indiqués, car le tiers centre de données est identique au scénario de streaming audio.

Tableau 71 - Impact du scénario de streaming audio avec une enceinte connectée reliée au réseau fixe

Catégorie d'impact	Unité	Terminal		Réseau	TOTAL
		Fabrication et fin de vie	Utilisation		
Changement climatique	kg CO_2 eq	2,81E-03	1,05E-03	5,20E-03	**9,88E-03**
Acidification	mol H+ eq	1,94E-05	6,05E-06	4,35E-05	**7,36E-05**
Particules fines	Disease incidence	1,06E-10	2,35E-10	7,33E-10	**1,11E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	3,74E-07	4,96E-10	4,10E-07	**7,94E-07**
Consommation d'énergie primaire	MJ	4,38E-02	2,20E-01	5,84E-01	**8,60E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	1,57E-02	3,35E-02	**4,99E-02**

La comparaison entre le scénario de base, avec un smartphone en réseau mobile, et celui avec une enceinte connectée en réseau fixe est présentée à la figure suivante.

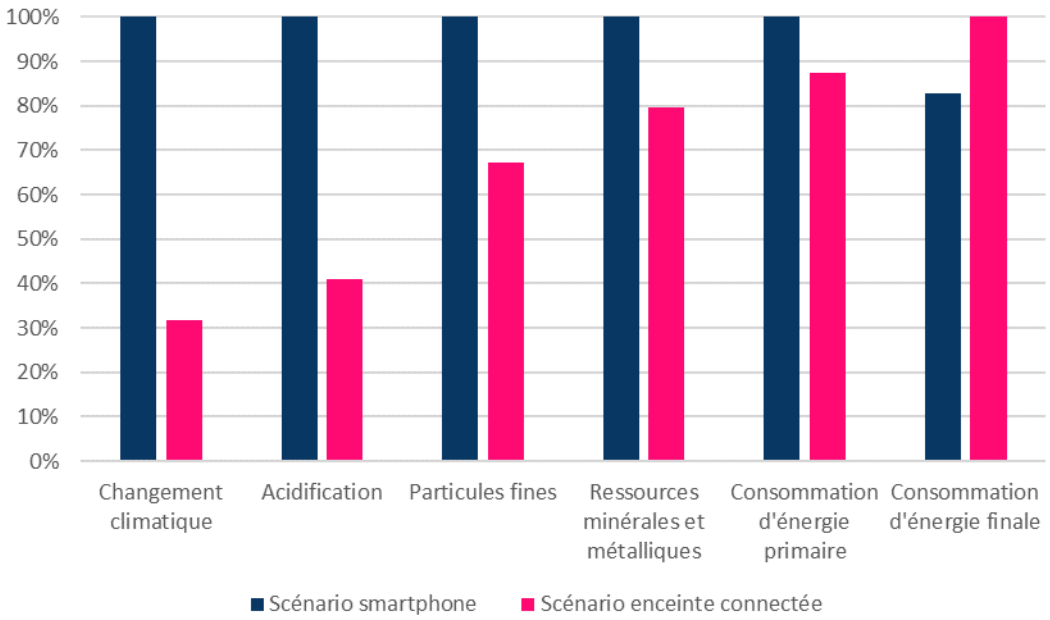


Figure 39 - Comparaison du scénario de streaming audio avec un smartphone et une enceinte connectée

L'utilisation d'une enceinte connectée pour écouter de la musique en streaming ou des podcasts est donc moins impactante qu'avec un smartphone. Cela s'explique par le fait que l'enceinte connectée ne comporte pas d'écran ni de batterie, et sa durée de vie est deux fois plus grande que celle d'un smartphone, pour des intensités d'usage comparables.

Il est tout de même à noter que l'enceinte connectée consomme nettement plus que le smartphone : 15,7Wh/h pour l'enceinte connectée et 0,9Wh/h pour le smartphone.

De plus, il semble important de souligner que les utilisateurs d'enceintes connectées possèdent généralement déjà un smartphone. L'achat d'une enceinte connectée ne peut donc se justifier par l'impact moindre qu'elle présente par rapport au smartphone dans cette étude.

7.2.6 Scénario V1 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un téléviseur de plus grande taille et de technologie différente

L'analyse de sensibilité sur le scénario de TV linéaire via TNT porte sur le changement de la taille de la télévision utilisée dans le scénario de référence. Ce changement de taille entraine également un changement de technologie, le mix de télévision explicité au *Tableau 14* utilisé dans le scénario de référence amenant à une TV classique de 48 pouces, bascule sur une seule télévision de 68 pouces en technologie OLED. Pour se rendre compte de la différence d'impact seulement sur le changement de taille, une autre TV OLED de 53 pouces a également été ajoutée dans l'analyse.

Les données d'impact de ces deux TV sont disponibles dans la base Negaoctet[120]. La consommation d'énergie pour la TV OLED de 68 pouces est de 100 Wh/h[121] et celle de la TV OLED de 53 pouces est

[120] Les données utilisées pour cette analyse de sensibilité sont : *NEGA-0506 & 0529: Television; 68 inches, OLED* et *NEGA-0505 & 0528 : Television; 53 inches, OLED.*
[121] Moyenne pondérée des données fournisseurs (LG et Samsung)

de 84 Wh/h[122]. L'intensité d'usage et la durée de vie des télévisions n'ont pas été modifiées entre le scénario de référence et ceux de comparaison.

Les résultats de ces remplacements sont présentés dans les tableaux suivants. Seuls le tier terminaux ainsi que le total des trois tiers sont indiqués, car les tiers réseau et centre de données restent identiques au scénario de TV linéaire via TNT.

Tableau 72 - Impact du scénario TV linéaire via TNT avec une télévision OLED de taille 68 pouces

Catégorie d'impact	Unité	Terminal		TOTAL
		Fabrication et fin de vie	*Utilisation*	
Changement climatique	kg CO_2 eq	1,12E-01	6,70E-03	**1,20E-01**
Acidification	mol H+ eq	5,08E-04	3,85E-05	**5,57E-04**
Particules fines	Disease incidence	2,71E-09	1,50E-09	**4,37E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,65E-06	3,16E-09	**1,85E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,15E+00	1,40E+00	**3,70E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	1,00E-01	**1,09E-01**

Tableau 73 - Impact du scénario TV linéaire via TNT avec une télévision OLED de taille 53 pouces

Catégorie d'impact	Unité	Terminal		TOTAL
		Fabrication et fin de vie	*Utilisation*	
Changement climatique	kg CO_2 eq	7,12E-02	5,62E-03	**7,68E-02**
Acidification	mol H+ eq	3,34E-04	3,24E-05	**3,66E-04**
Particules fines	Disease incidence	1,80E-09	1,26E-09	**3,06E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,64E-06	2,66E-09	**1,64E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,36E+00	1,18E+00	**2,53E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	8,40E-02	**8,40E-02**

La comparaison entre le scénario de base, avec une TV de 48 pouces, et ceux avec des TV de 68 pouces et de 53 pouces, est présentée à la figure suivante.

[122] Moyenne pondérée des données fournisseurs (LG et Samsung)

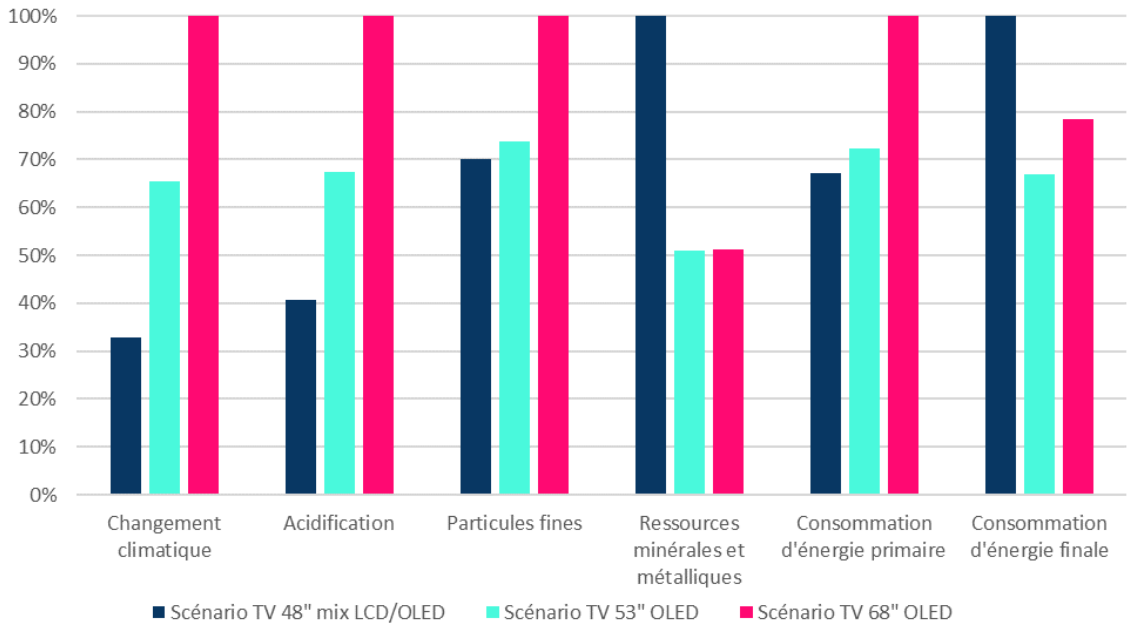


Figure 40 - Comparaison du scénario TV linéaire via TNT avec des télévisions OLED de 68 pouces et 53 pouces

L'utilisation d'une télévision de plus grande taille et de technologie OLED augmente les impacts pour la majorité des indicateurs excepté sur les ressources minérales et métalliques et la consommation d'énergie finale. Ces différences s'expliquent par :

- la nécessité d'utiliser davantage de minéraux et métaux par la technologie LCD par rapport à l'OLED ;
- le fait que les télévisions LCD sont plus énergivores que les télévisions OLED car ce sont généralement des télévisions plus anciennes.

En comparant deux télévisions de même technologie (OLED) mais de tailles différentes, on observe que la télévision aux plus petites dimensions est moins impactante sur l'ensemble des indicateurs environnementaux.

7.2.7 Scénario V3 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un ordinateur, et sur l'allocation du réseau fixe

7.2.7.1 Analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un ordinateur

La première analyse de sensibilité sur le scénario de TVR porte sur le recours à un ordinateur à la place d'une TV HD, utilisée dans le scénario de référence. L'unité fonctionnelle de l'analyse de sensibilité du scénario de TVR correspond à : *1h de visionnage de télévision de rattrapage en HD sur un ordinateur connecté à internet via réseau fixe*.

L'inventaire de cycle de vie de l'ordinateur est détaillé dans la partie *6.2.2 Inventaire de cycle de vie d'un ordinateur portable*. Un débit équivalent a été considéré pour le visionnage de la TVR sur une TV et sur un ordinateur.

Les résultats de l'analyse de sensibilité sont présentés dans le tableau suivant. Seuls les résultats du tier terminaux de l'AS changent par rapport au scénario de référence.

Tableau 74 - Résultats des impacts environnementaux pour le scénario de TVR avec un ordinateur

Catégorie d'impact	Unité	Terminal		TOTAL
		Fabrication et fin de vie	Utilisation	
Changement climatique	kg CO_2 eq	4,20E-02	6,39E-04	**5,00E-02**
Acidification	mol H+ eq	2,57E-04	3,67E-06	**3,18E-04**
Particules fines	Disease incidence	1,46E-09	1,43E-10	**2,50E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	2,15E-06	3,02E-10	**2,77E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	5,78E-01	1,34E-01	**1,42E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	9,54E-03	**4,97E-02**

La figure ci-dessous montre la comparaison du scénario de référence de TVR avec une TV et du scénario avec un ordinateur.

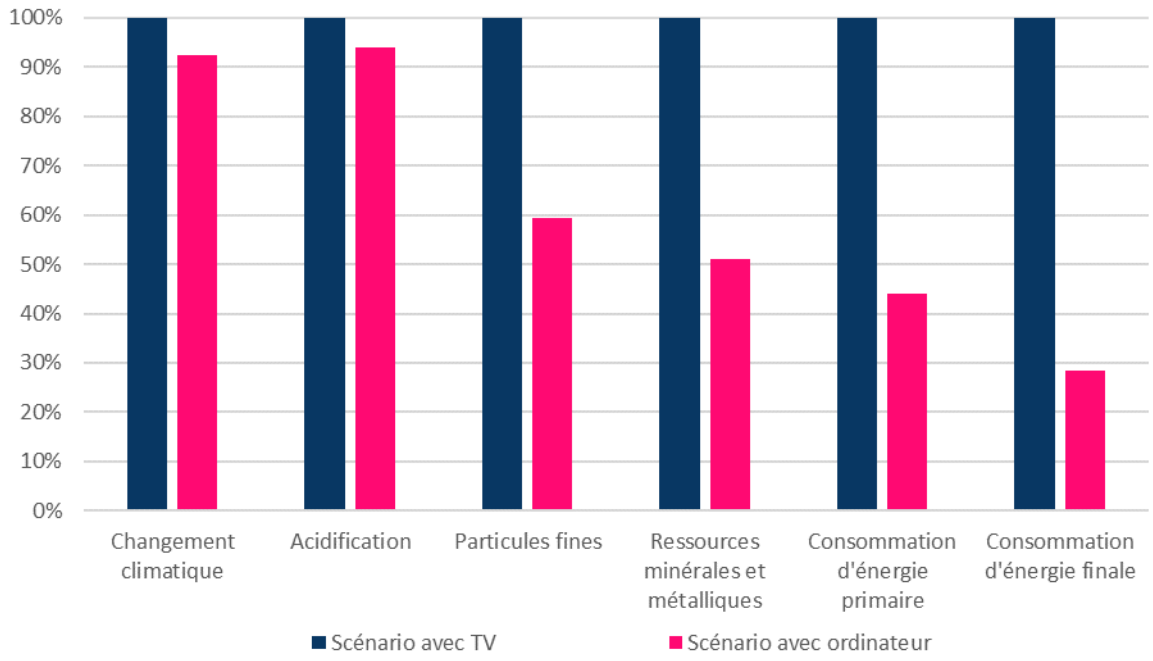


Figure 41 – Comparaison scénario de TVR avec TV vs. avec un ordinateur

La comparaison montre que l'utilisation d'un ordinateur portable diminue l'impact de la TVR par rapport à l'utilisation d'une TV reliée à un décodeur FAI, sur l'ensemble des indicateurs environnementaux.

En effet l'ordinateur de dimensions plus petites que la TV, a besoin de moins de ressources et d'énergie lors sa fabrication. A cela s'ajoute sa consommation énergétique à l'usage nettement inférieure : 10 Wh/h pour un ordinateur contre 130 Wh/h pour la TV.

7.2.7.2 Analyse de sensibilité sur le réseau fixe

La deuxième analyse de sensibilité sur le scénario de TVR porte sur le réseau fixe, qui consiste à augmenter le nombre de personnes qui utilisent la box internet au sein d'un foyer. Au lieu de

prendre un foyer moyen de 2,17 personnes, cette analyse prend en compte 4 personnes au sein d'un même foyer, pour un même abonnement internet.

L'allocation sur le réseau fixe reste une allocation par nombre d'heures d'utilisation du réseau (l'allocation est détaillée dans la partie *6.3.1.1 Inventaire du cycle de vie du réseau fixe*), cependant en changeant le nombre de personnes dans le foyer, le nombre d'heures d'utilisation du réseau fixe sur 1 an passe à : 6570 h/personne/an contre 3654 h/personne/an dans le scénario de référence.

Les résultats de l'analyse de sensibilité sont présentés dans le tableau suivant. Seuls les résultats du tiers réseau de l'AS changent par rapport au scénario de référence.

Tableau 75 - Résultats des impacts environnementaux pour le scénario de TVR avec une nouvelle allocation sur le réseau fixe

Catégorie d'impact	Unité	Réseau		TOTAL
		Infrastructure	Utilisation	
Changement climatique	kg CO_2 eq	2,36E-03	1,60E-03	**5,18E-02**
Acidification	mol H+ eq	2,19E-05	9,18E-06	**3,19E-04**
Particules fines	Disease incidence	1,66E-10	3,57E-10	**3,87E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,06E-07	7,53E-10	**5,23E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	8,87E-02	3,34E-01	**2,97E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	2,38E-02	**1,59E-01**

La figure ci-dessous montre la comparaison du scénario de référence de TVR avec une allocation sur réseau fixe « classique » et du scénario de TVR avec une nouvelle allocation sur réseau fixe.

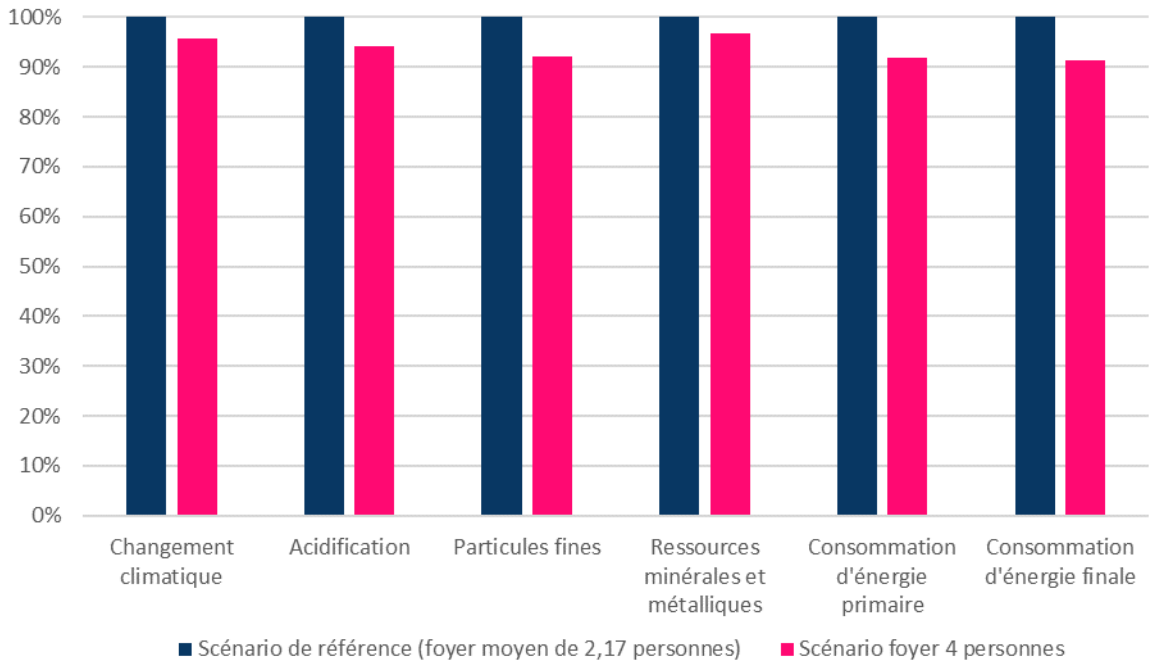


Figure 42 - Comparaison scénario de TVR avec réseau fixe (allocation « classique ») vs. scénario de TVR avec une nouvelle allocation sur le réseau fixe

Cette comparaison montre que pour un foyer de 4 personnes, l'usage du réseau fixe diminue par rapport à un foyer de 2,17 personnes. En effet, même si la consommation électrique du réseau

fixe ne change pas d'un foyer à un autre, le fait d'augmenter le nombre d'heures d'usage permet d'amortir davantage son impact.

La mutualisation des abonnements internet (qui se traduit matériellement par une box internet) permet de faire diminuer les impacts du réseau.

7.2.8 Scénario V4 – analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un ordinateur relié à un vidéoprojecteur, et sur le visionnage en UHD

7.2.8.1 Analyse de sensibilité sur l'utilisation d'un ordinateur relié à un vidéoprojecteur

La première analyse de sensibilité sur le scénario de VàDA porte sur l'utilisation d'un ordinateur couplé à un vidéo projecteur à la place d'une Smart TV, utilisée dans le scénario de référence. Les inventaires de cycle de vie de l'ordinateur et du vidéoprojecteur sont détaillés dans les parties *6.2.2 Inventaire de cycle de vie d'un ordinateur portable* et *6.2.13 Inventaire du cycle de vie d'un vidéoprojecteur.*

Pour rappel, l'intensité d'usage pour le vidéoprojecteur est considérée identique à celle des téléviseurs (4 heures par jour), afin de pouvoir comparer à plus juste titre ces terminaux.

L'intensité d'usage de l'ordinateur portable a également été augmentée à 5 heures par jour, pour prendre en compte l'augmentation d'usage que représenterait le remplacement d'un téléviseur par le duo ordinateur et vidéoprojecteur.

Un débit équivalent a été considéré pour le visionnage de la VàDA sur une TV et sur un ordinateur.

Les résultats de l'analyse de sensibilité sont présentés dans le tableau suivant. Seuls les résultats du tier terminaux de l'AS changent par rapport au scénario de référence.

Tableau 76 - Impact du scénario de VàDA avec un ordinateur et un vidéo projecteur

Catégorie d'impact	Unité	Terminal		TOTAL
		Fabrication et fin de vie	Utilisation	
Changement climatique	kg CO_2 eq	2,63E-02	1,40E-02	**5,03E-02**
Acidification	mol H+ eq	1,63E-04	8,07E-05	**3,17E-04**
Particules fines	Disease incidence	9,22E-10	3,14E-09	**5,18E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,43E-06	6,62E-09	**2,33E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	3,93E-01	2,93E+00	**4,20E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	2,10E-01	**2,58E-01**

La figure ci-dessous montre la comparaison du scénario de référence de VàDA avec une Smart TV et du scénario avec un ordinateur relié à un vidéo projecteur.

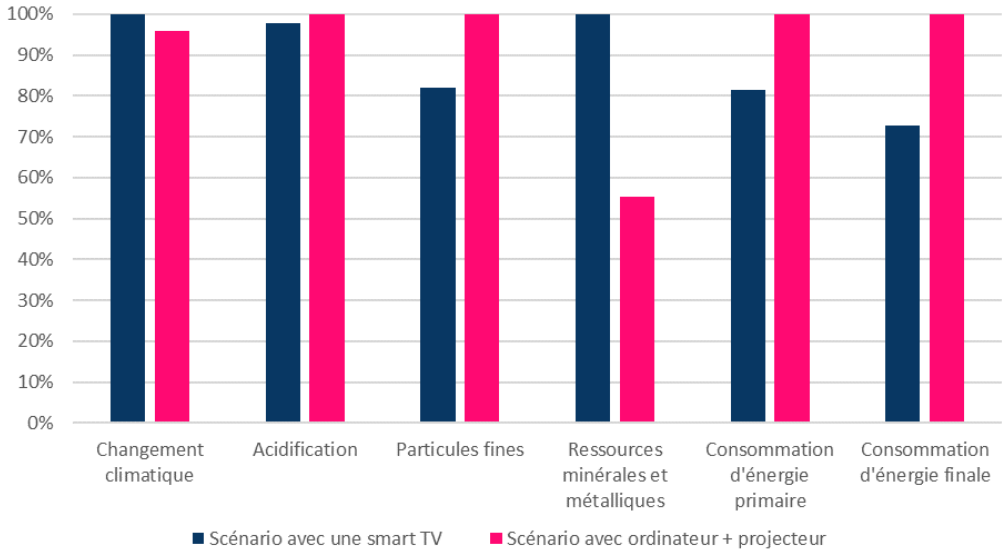


Figure 43 - Comparaison scénario de VàDA avec une télévision versus avec un ordinateur relié à un vidéo projecteur

La différence d'impact entre un ordinateur relié à un vidéo projecteur et une Smart TV varie selon les indicateurs. Le scénario avec une Smart TV utilise plus de ressources minérales et métalliques, dû à la production de l'écran. Concernant la consommation d'énergie, la Smart TV est plus avantageuse que le vidéoprojecteur.

Les impacts sur l'indicateur du changement climatique sont détaillés à la figure suivante, afin de mieux comprendre leurs répartitions.

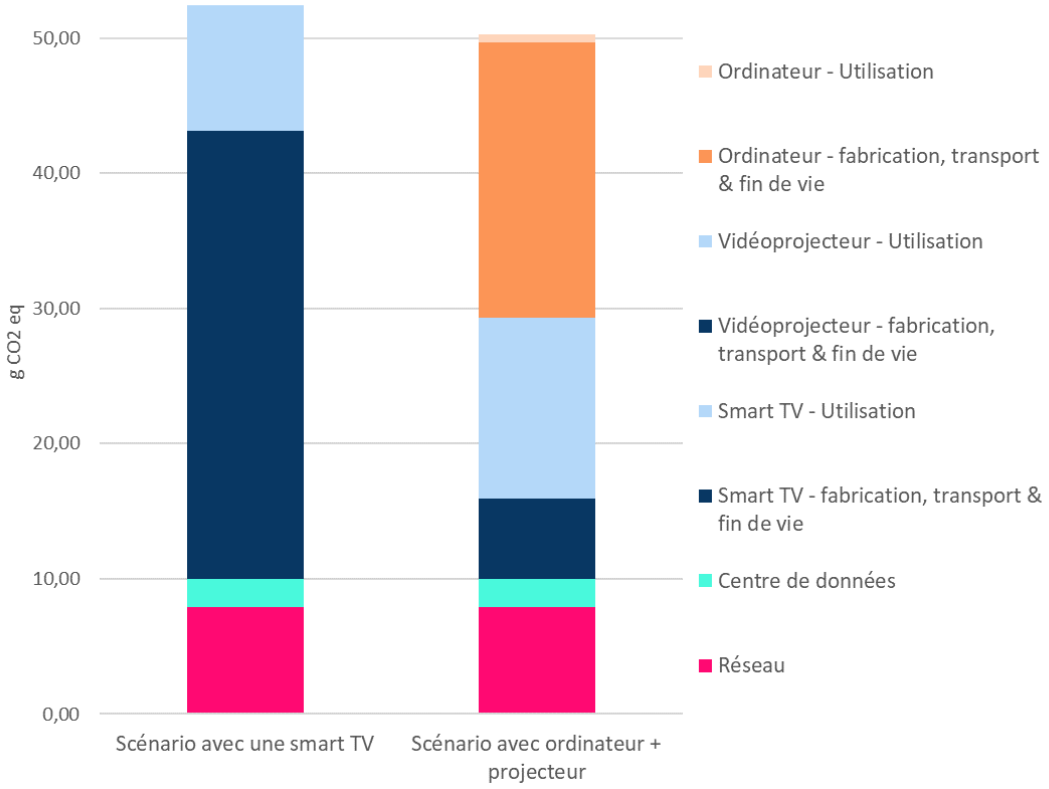


Figure 44 : Focus changement climatique – Scénario de VàDA avec smart TV versus avec un ordinateur relié à un vidéo projecteur

Cette figure montre bien d'une part l'impact important de l'utilisation d'un vidéoprojecteur, et d'autre part, la relativement faible contribution de leur fabrication, 31% de l'impact total de cet équipement.

Il est en particulier important de souligner l'impact prépondérant de l'ordinateur dans le second scénario, provenant principalement de la fabrication du terminal. **En conclusion, si un utilisateur possède déjà un ordinateur,** l'achat d'un vidéoprojecteur **à la place** d'un téléviseur est largement bénéfique.

7.2.8.2 Analyse de sensibilité sur le visionnage en UHD

La deuxième analyse de sensibilité sur le scénario de VàDA porte sur la définition d'image en UHD. En effet, la quantité de données transmises pour la lecture d'un contenu vidéo dépend fortement de sa définition (qui peut être sélectionnée par l'utilisateur ou fixée par défaut). En changeant la résolution des images, le débit de transmission de données va changer. Pour une résolution en UHD, qui est meilleure que la résolution en HD, ce débit va augmenter. Le débit pris pour une résolution UHD est de 7 Go/h[123].

Les résultats de l'analyse de sensibilité sur l'UHD sont présentés dans le tableau suivant. Seuls les résultats des tiers réseau et centre de données de l'AS change par rapport au scénario de référence.

[123] Débit pour l'UHD donné par l'étude de Carbone Trust

Tableau 77 - Impact du scénario de VàDA en UHD

Catégorie d'impact	Unité	Réseau	Centre de données	Total
Changement climatique	kg CO_2 eq	1,18E-02	2,08E-03	**5,64E-02**
Acidification	mol H+ eq	8,73E-05	1,20E-05	**3,36E-04**
Particules fines	Disease incidence	1,46E-09	8,88E-11	**4,68E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,49E-06	5,10E-08	**4,86E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,20E+00	4,23E-02	**3,80E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	6,67E-02	1,92E-03	**2,08E-01**

La figure ci-dessous montre la comparaison du scénario de référence de VàDA en HD et du scénario en UHD.

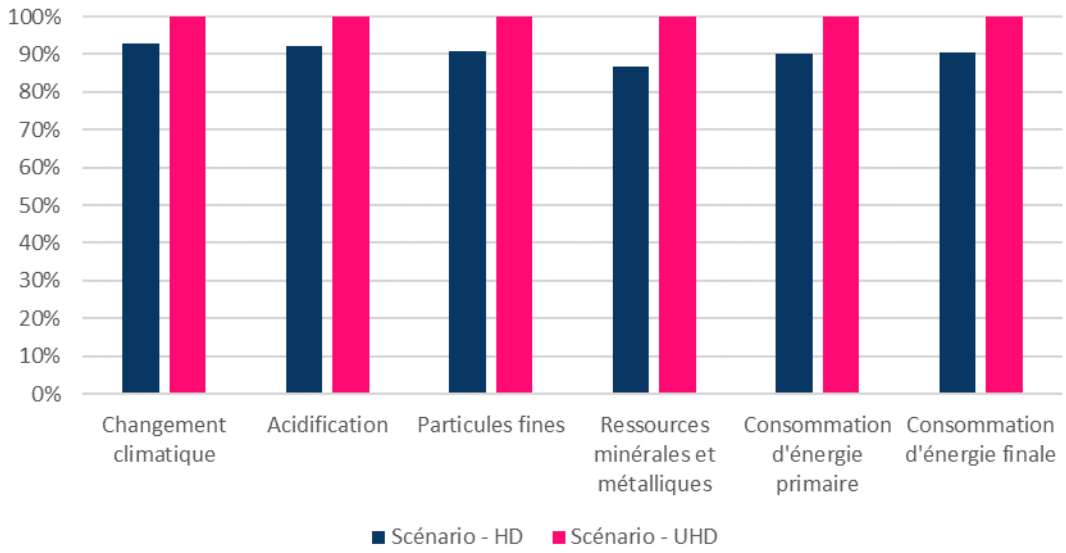


Figure 45 –Comparaison scénario de VàDA en HD vs. en UHD

Cette élévation de débit engendre une augmentation de la sollicitation des réseaux et centres de données, qui se traduit par une augmentation des consommations d'énergie lors du visionnage du contenu.

En augmentant la résolution d'image, la quantité de données nécessaires pour avoir une telle qualité augmente, ce qui engendre un impact plus élevé sur l'environnement.

7.2.9 Scénario V5 – analyse de sensibilité sur les codecs et définitions utilisées, ainsi que sur le visionnage de vidéo avec image fixe

7.2.9.1 Analyses de sensibilité sur les codecs et définitions utilisées

Cette analyse de sensibilité sur le scénario d'usage de vidéo en ligne sur PPV sur smartphone concerne les différents codecs et définitions utilisées. En effet, la quantité de données transmises pour la lecture d'un contenu vidéo dépend principalement de la définition de la vidéo (qui peut être sélectionnée par l'utilisateur ou fixée par défaut), comme expliqué partie *7.2.8.2 Analyse de sensibilité sur le visionnage en UHD*, mais également du codec (qui est généralement fixé par la plateforme, selon les capacités du terminal utilisateur).

Si un meilleur codec permet de réduire la quantité de données transmises, cela s'accompagne généralement d'un besoin plus important en traitement de données (transcodage) côté terminal utilisateur. Plusieurs mesures de consommation d'énergie associées à la lecture d'une vidéo en ligne ont été réalisées selon les codecs et définitions suivantes :

- codecs (classé par ordre d'apparition) : H264, VP9, HEVC, AV1. Une description des différents codecs est donnée en *ANNEXE D - Description des principaux codecs vidéo ;*
- définitions : SD, HD, UHD24, UHD60.

La figure suivante présente les résultats des mesures de consommation (décharge smartphone pour 1 min de vidéo) selon les codecs et définitions utilisées.

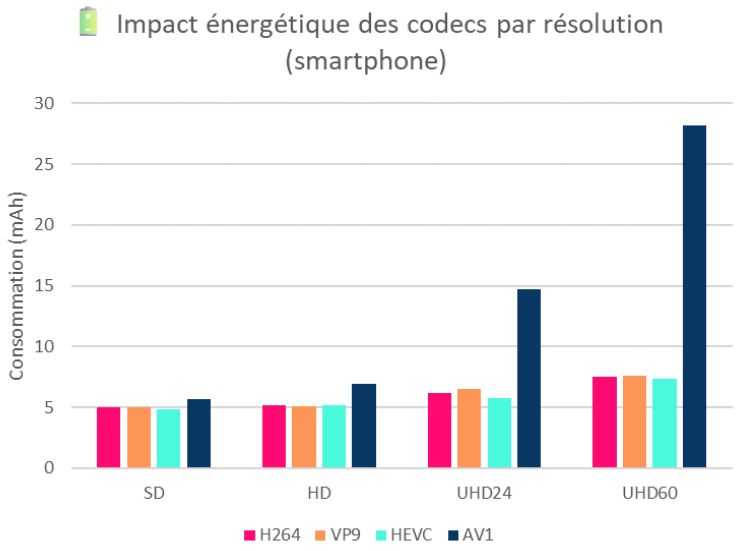


Figure 46 - Décharge du smartphone pour la lecture d'une vidéo en ligne selon les codecs et définitions vidéo

On observe que l'augmentation de la définition augmente sensiblement la consommation énergétique (et de façon importante sur le codec AV1). En revanche, le changement de codec n'a pas beaucoup d'influence, à l'exception du codec AV1 qui induit une consommation énergétique plus importante que les autres codecs, quelle que soit la définition.

La quantité de données associée a également été estimée à partir du poids de la vidéo, dans les différentes combinaisons de codecs et définitions. La figure suivante présente le poids d'une vidéo de 10 minutes selon le codec et la définition.

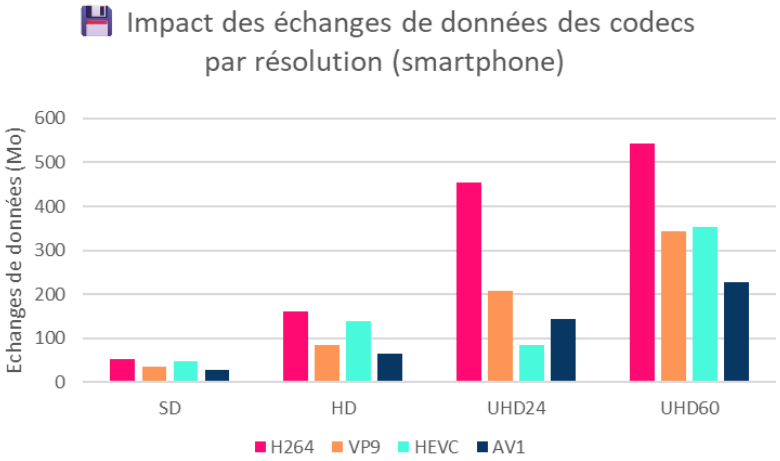


Figure 47 – Poids d'une vidéo de 10 minutes selon les codecs et définitions vidéo

On observe que le poids de la vidéo augmente avec la définition, mais varie également entre les codecs. Comme attendu, le codec permettant d'optimiser le plus le poids de la vidéo (AV1) est également le codec qui engendre la plus forte consommation d'énergie sur le smartphone. Cette analyse de sensibilité consiste donc à mesurer l'influence de ces deux effets (sollicitation du réseau plus ou moins importante, associée à une consommation d'énergie plus ou moins importante) sur les impacts de la lecture d'un contenu en ligne.

Le tableau ci-dessous présente les résultats du scénario sur PPV pour les quatre codecs mesurés en laboratoire pour le SD.

Tableau 78 – Impact du scénario sur PPV pour la SD

Catégorie d'impact	Unité	H264	VP9	HEVC	AV1
Changement climatique	kg CO_2 eq	3,15E-02	3,30E-02	3,27E-02	3,20E-02
Acidification	mol H+ eq	1,82E-04	1,91E-04	1,90E-04	1,85E-04
Particules fines	Disease incidence	1,77E-09	2,02E-09	1,98E-09	1,86E-09
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,02E-06	1,08E-06	1,07E-06	1,04E-06
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,11E+00	1,33E+00	1,30E+00	1,18E+00
Consommation d'énergie finale	kWh	4,98E-02	6,50E-02	6,25E-02	5,48E-02

Les résultats d'impact environnementaux pour les différents codecs mesurés pour la SD sont représentés dans le figure suivante.

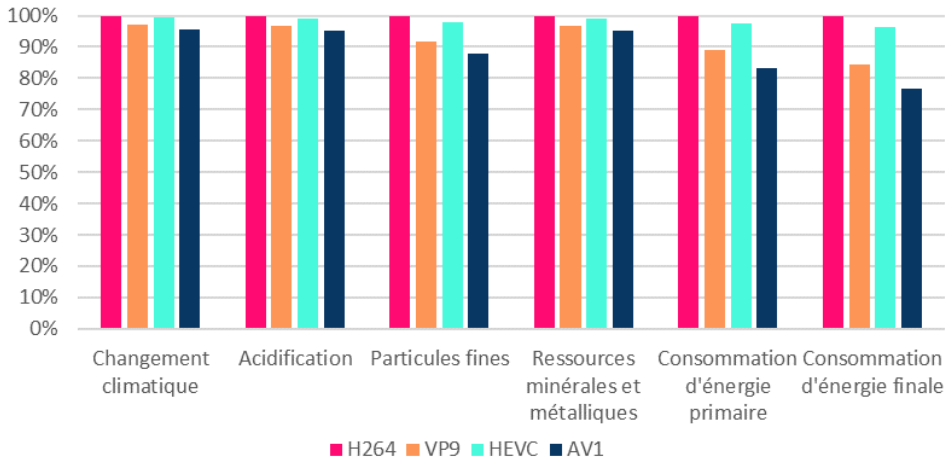


Figure 48 – Résultats d'impact du scénario sur PPV pour la SD en fonction des différents codecs

Pour la SD, les conclusions sont les mêmes pour tous les indicateurs : le codec H264 est le plus impactant, suivi du HEVC, du VP9 et le AV1 est le codec qui engendre le moins d'impact. Ces différences proviennent majoritairement des impacts sur le réseau. En effet le débit utilisé par les différents codecs n'est pas le même, puisque plus le codec est récent plus sa consommation de données est optimisée. On retrouve bien un débit plus important pour H264 (0,31 Go/h), qui est le codec le plus vieux des quatre étudiés, et un débit plus faible pour le AV1 (0,16 Go/h) qui est le plus optimisé.

Comme indiqué en introduction, le changement de codec induit également une différence de consommation énergétique du smartphone. En effet à l'inverse du débit, plus le codec est moderne plus il demande de l'énergie pour décoder les données. Toutefois, la consommation énergétique du smartphone a peu d'impact sur le scénario de référence (moins de 5% pour tous les indicateurs). De plus, la consommation énergétique varie peu selon le codec (quelques dixièmes de Wh par h). Ces variations négligeables ont donc un impact environnemental très faible sur les scénarios.

Le tableau ci-dessous présente les résultats du scénario sur PPV pour les quatre codecs mesurés en laboratoire pour le HD.

Tableau 79 - Impact du scénario sur PPV pour la HD

Catégorie d'impact	Unité	H264	VP9	HEVC	AV1
Changement climatique	kg CO_2 eq	3,38E-02	3,97E-02	3,82E-02	3,50E-02
Acidification	mol H+ eq	1,96E-04	2,34E-04	2,25E-04	2,04E-04
Particules fines	Disease incidence	2,16E-09	3,14E-09	2,90E-09	2,36E-09
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,10E-06	1,31E-06	1,26E-06	1,15E-06
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,45E+00	2,32E+00	2,11E+00	1,63E+00
Consommation d'énergie finale	kWh	7,35E-02	1,33E-01	1,19E-01	8,55E-02

Les résultats d'impact environnementaux pour les différents codecs mesurés pour la HD sont représentés dans le figure suivante.

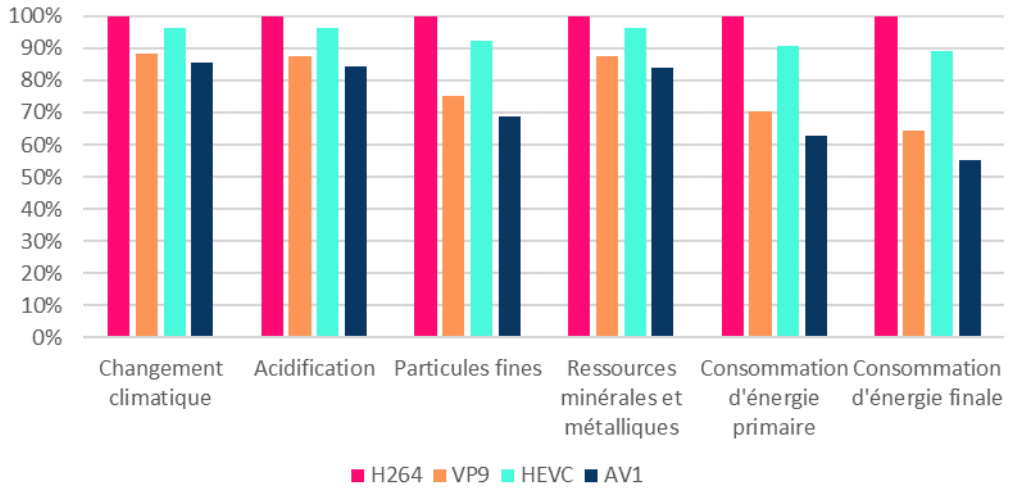


Figure 49 - Résultats d'impact du scénario sur PPV pour la HD en fonction des différents codecs

Pour la HD, on observe les mêmes conclusions que pour la SD : le codec H264 est le plus impactant, suivit du HEVC, du VP9 et le AV1 est le codec qui engendre le moins d'impact. Comme pour la SD, l'origine des impacts provient en majorité du tier réseau.

Le tableau ci-dessous présente les résultats du scénario sur PPV pour les quatre codecs mesurés en laboratoire pour le UHD24.

Tableau 80 - Impact du scénario sur PPV pour la UHD24

Catégorie d'impact	Unité	H264	VP9	HEVC	AV1
Changement climatique	kg CO_2 eq	3,88E-02	5,76E-02	3,50E-02	4,26E-02
Acidification	mol H+ eq	2,28E-04	3,47E-04	2,04E-04	2,52E-04
Particules fines	Disease incidence	3,00E-09	6,11E-09	2,36E-09	3,63E-09
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,27E-06	1,94E-06	1,15E-06	1,41E-06
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,20E+00	4,96E+00	1,63E+00	2,76E+00
Consommation d'énergie finale	kWh	1,25E-01	3,14E-01	8,58E-02	1,63E-01

Les résultats d'impact environnementaux pour les différents codecs mesurés pour la UHD24 sont représentés dans le figure suivante.

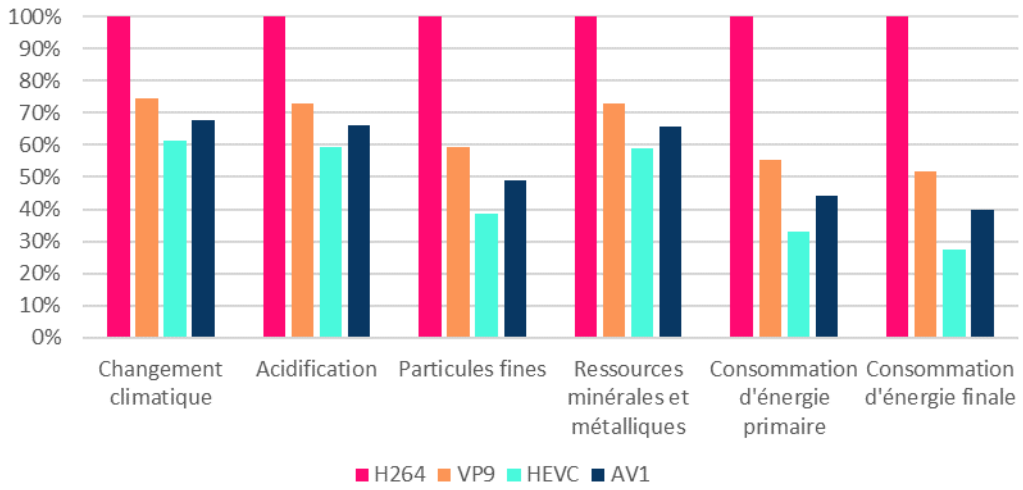


Figure 50 - Résultats d'impact du scénario sur PPV V5 pour la UHD24 en fonction des différents codecs

L'UHD24 présente des différences plus importantes que pour la SD et la HD. Pour l'UHD24, le codec H264 reste le plus impactant, dont l'écart se creuse avec le suivant. Le deuxième codec le plus impactant devient le VP9, suivi du AV1, et le HEVC devient le codec qui engendre le moins d'impact. Comme pour la SD et la HD, l'origine des impacts provient en majorité du tier réseau.

Le tableau ci-dessous présente les résultats du scénario sur PPV pour les 4 codecs mesurés en laboratoire pour le UHD60.

Tableau 81 - Impact du scénario sur PPV pour la UHD60

Catégorie d'impact	Unité	H264	VP9	HEVC	AV1
Changement climatique	kg CO_2 eq	4,43E-02	6,31E-02	5,14E-02	5,09E-02
Acidification	mol H+ eq	2,62E-04	3,81E-04	3,08E-04	3,05E-04
Particules fines	Disease incidence	3,93E-09	7,03E-09	5,10E-09	5,01E-09
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,45E-06	2,13E-06	1,72E-06	1,70E-06
Consommation d'énergie primaire	MJ	3,03E+00	5,78E+00	4,06E+00	3,99E+00
Consommation d'énergie finale	kWh	1,82E-01	3,71E-01	2,53E-01	2,47E-01

Les résultats d'impact environnementaux pour les différents codecs mesurés pour la UHD24 sont représentés dans le figure suivante

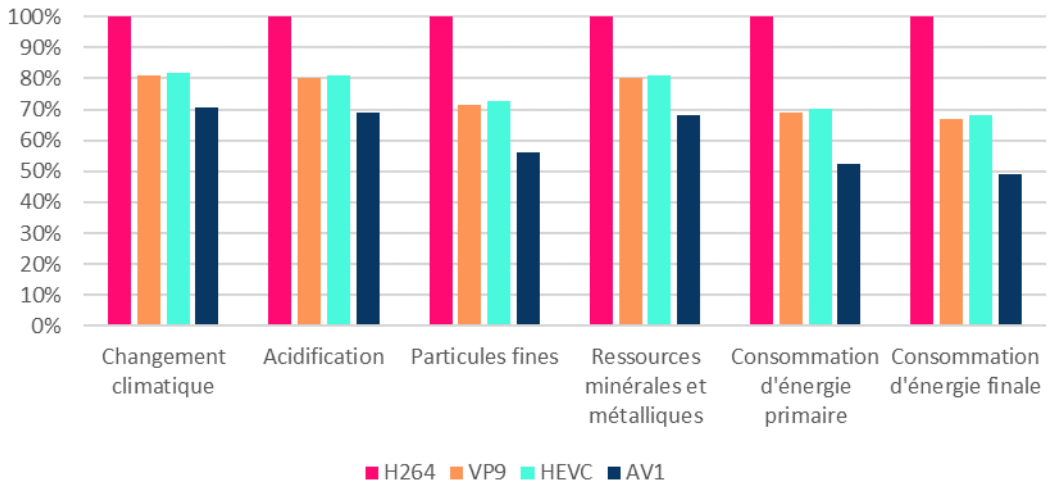


Figure 51 - Résultats d'impact du scénario sur PPV pour la UHD60 en fonction des différents codecs

Pour la UHD60, le codec H264 est, comme pour la UHD24 nettement plus impactant que les autres codecs. Les codecs HEVC et VP9 sont équivalents sur l'ensemble des indicateurs et le codec AV1 devient le moins impactant.

Pour mieux visualiser les différences d'impacts entre les définitions, un focus sur l'indicateur du changement climatique est détaillé ci-dessous.

Focus sur le changement climatique

Les résultats d'impacts sur le changement climatique en fonction des différentes définitions et codecs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 82 - Impacts sur le changement climatique (en gCO2eq) du scénario de PPV en fonction des différentes définitions et codecs

Définition / Codec	H264	VP9	HEVC	AV1
SD	33	32	33	31
HD	40	35	38	34
UHD24	58	43	35	39
UHD60	63	51	51	44

Les résultats sur le changement climatique sont représentés dans le figure suivante.

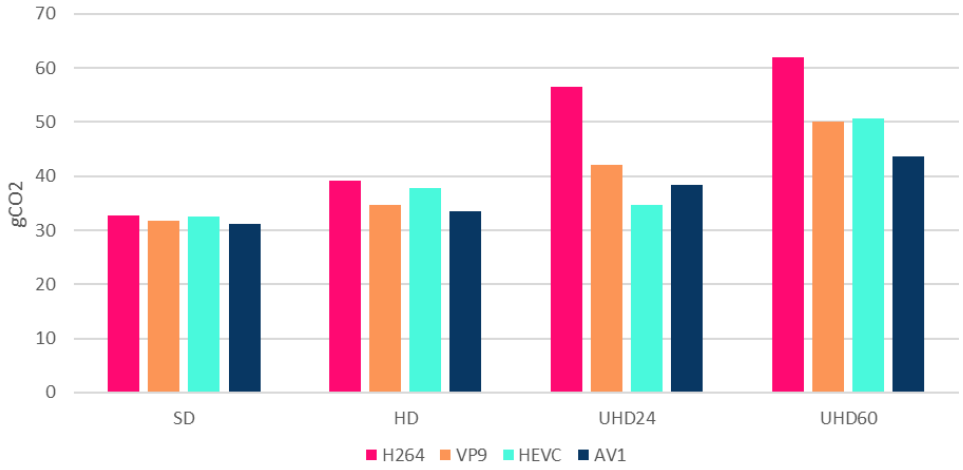


Figure 52 - Impact sur le changement climatique du scénario V5 en fonction des différentes définitions et codecs

Les résultats montrent que l'impact de ce scénario sur le changement climatique suit la même tendance que la consommation de données associée aux différents codecs, tandis que la variation de consommation d'énergie sur le terminal n'influence que très peu les résultats.

En conclusion, malgré la surconsommation côté terminaux associée aux codecs les plus récents, l'optimisation du transfert de données reste efficace, notamment dans le cas d'une lecture sur smartphone, où la consommation d'énergie du terminal reste faible.

Le choix optimal est donc de visionner un contenu en basse définition avec un codec récent comme le AV1.

7.2.9.2 Analyses de sensibilité sur le visionnage de vidéo avec image fixe

Cette analyse de sensibilité sur le scénario sur PPV porte sur l'utilisation d'un contenu audio avec des images fixes à la place d'une vidéo utilisée dans le scénario de base. Cette analyse de sensibilité illustre notamment les vidéos musicales (la musique représentant une part significative des vidéos sur PPV), qui peuvent inclure un clip vidéo ou une image fixe.

Ce changement de contenu entraine un changement dans la quantité de données transmises. En effet, à la place du débit classique pour les PPV utilisé dans le scénario de référence (0,25 Go/h), les analyses de sensibilité prennent en compte le débit pour le streaming audio (87,4 Mo/h) auquel est ajouté un poids pour différentes quantités d'images fixes de 5 Mo. Deux analyses ont été réalisées, en prenant en compte une image fixe dans le premier cas, et vingt images fixes dans le second cas.

Les résultats du remplacement de la vidéo par une image fixe sont présentés dans le tableau suivant. Le tier 1 étant identique au scénario de référence sur PPV, les tiers 2 et 3 sont en revanche modifiés.

Tableau 83 - Impact du scénario sur PPV avec une image fixe

Catégorie d'impact	Unité	Terminal	Réseau	Centres de données	Total
Changement climatique	kg CO_2 eq	2,27E-02	7,92E-03	3,76E-04	**3,10E-02**
Acidification	mol H+ eq	1,34E-04	4,24E-05	2,16E-06	**1,79E-04**
Particules fines	Disease incidence	8,07E-10	8,77E-10	1,83E-11	**1,70E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	7,95E-07	1,94E-07	9,01E-09	**9,99E-07**
Consommation d'énergie primaire	MJ	3,70E-01	6,64E-01	1,37E-02	**1,05E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	4,76E-03	4,02E-02	7,19E-04	**4,57E-02**

Les résultats du remplacement de la vidéo par vingt images fixes sont présentés dans le tableau suivant. Le tier 1 étant identique au scénario de référence sur PPV, les tiers 2 et 3 sont en revanche modifiés.

Tableau 84 - Impact du scénario sur PPV avec vingt images fixes

Catégorie d'impact	Unité	Terminal	Réseau	Centre de données	Total
Changement climatique	kg CO_2 eq	2,27E-02	8,83E-03	4,34E-04	**3,19E-02**
Acidification	mol H+ eq	1,34E-04	4,82E-05	2,50E-06	**1,85E-04**
Particules fines	Disease incidence	8,07E-10	1,03E-09	2,07E-11	**1,86E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	7,95E-07	2,27E-07	1,04E-08	**1,03E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	3,70E-01	8,06E-01	1,47E-02	**1,19E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	4,76E-03	4,99E-02	7,60E-04	**5,55E-02**

La comparaison entre les trois scénarios est présentée à la figure suivante.

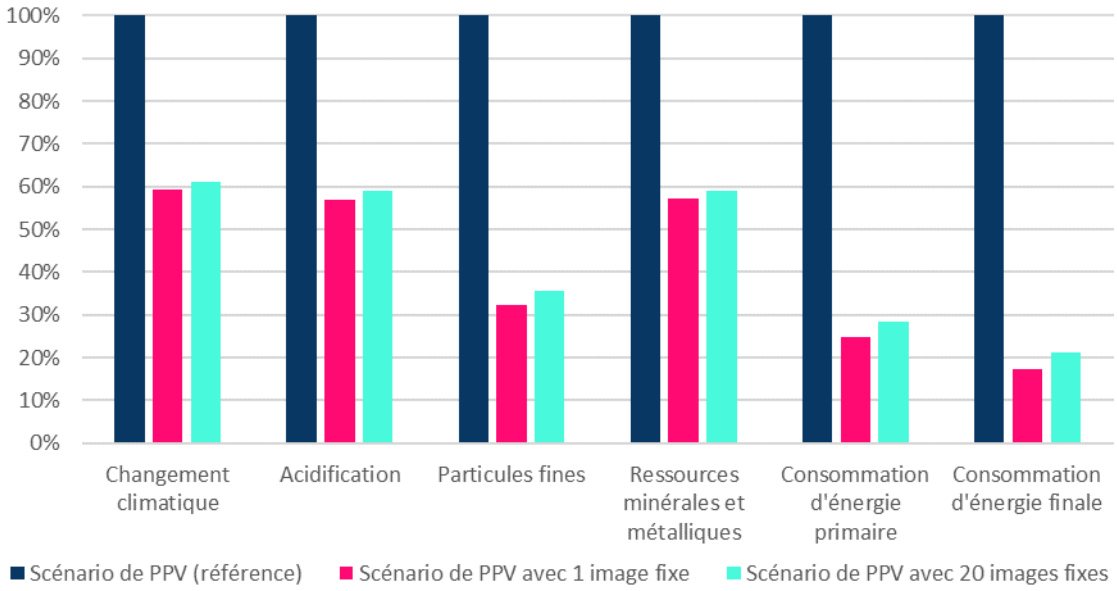


Figure 53 - Comparaison du scénario sur PPV avec une image fixe et 20 images fixes

Dans les deux cas, l'utilisation d'image fixe permet d'obtenir des gains sur la plupart des indicateurs. En effet, la quantité transmise pour 1h de contenu vidéo est plus importante que la quantité transmise pour 1h de contenu avec vingt images fixes, qui est elle-même plus lourde que la quantité transmise pour un contenu avec une image fixe.

Le scénario avec images fixes entraîne ainsi des impacts plus faibles sur le réseau et les centres de données que le scénario de référence. Cela illustre le fait que les vidéos musicales avec image fixe ont un impact environnemental plus faible que les vidéos musicales avec un clip vidéo**.**

7.3 Evaluation environnementale des usages audiovisuels à l'échelle France

Dans cette partie, les résultats de l'évaluation de l'impact environnemental des usages audiovisuels, en France en 2022, sont présentés sur les six indicateurs principaux de cette étude, avec un focus particulier sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale. Ces trois indicateurs constituent des enjeux importants du numérique et des usages audiovisuels, et ne suivent pas les mêmes tendances. Les résultats sont également décomposés selon les usages, les tiers technologiques, et les étapes du cycle de vie. Enfin, une normalisation-pondération des résultats est effectuée, afin d'obtenir un score unique d'impact des usages audiovisuels à l'échelle France. Les résultats sur le reste des indicateurs sont présentés en *Annexe L*.

7.3.1 Résultats totaux

Les résultats totaux des impacts environnementaux des usages audiovisuels en France en 2022 sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 85 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France

Catégorie d'impact	Unité	Total
Changement climatique	kg CO2 eq	5,59E+09
Acidification	mol H+ eq	3,58E+07
Particules fines	Disease incidence	3,54E+02
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,18E+05
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,48E+11
Consommation d'énergie finale	kWh	1,30E+10

L'impact total sur le changement climatique des usages audiovisuels est donc de **5,6 MtCO2eq**. L'impact total sur les ressources minérales et métalliques est de 418 t Sb eq, et la consommation d'électricité totale en phase d'usage (terminaux, réseaux et centre de données) est de 13 TWh.

Afin de comparer ces résultats avec des valeurs tangibles, ces impacts peuvent être exprimés en équivalences :

- l'impact sur le changement climatique correspond aux émissions GES d'un parc de 4 086 498 véhicules particuliers (considérant en moyenne 12 223 km par véhicule et des émissions moyennes de 112 gCO_2eq/km[124] liées à leur utilisation) ;
- la consommation électrique est égale à la consommation de 2 220 502 foyers (considérant 29 012 000 de foyers, et 170 TWh de consommation électrique pour le secteur résidentiel).

De plus, à l'échelle française :

- l'empreinte carbone des usages audiovisuels est égale à 5,6 Mt CO_2 eq., en comparaison aux 623 Mt CO_2 eq. de l'empreinte carbone totale française[125], **les usages audiovisuels**

[124] https://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/r/evolutionTauxCo2
[125] https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lempreinte-carbone-de-la-france-de-1995-2022

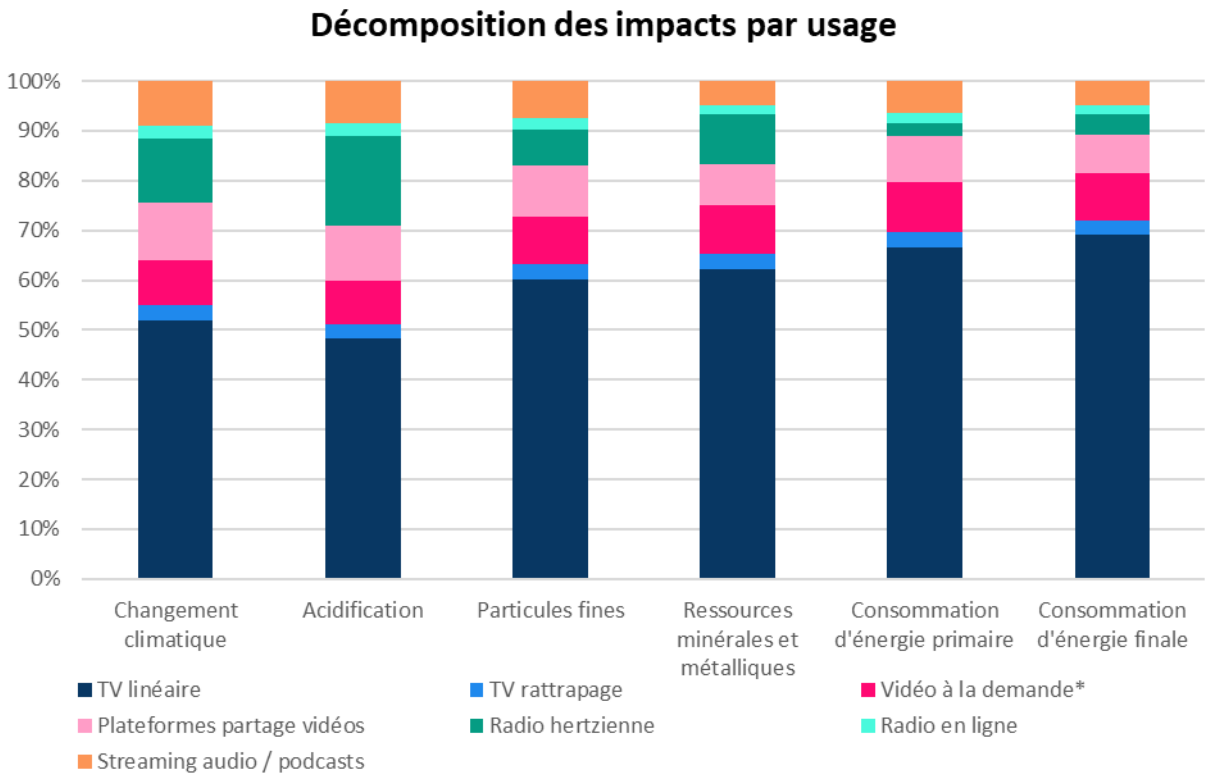
sont responsables de 0,9% de l'empreinte carbone de la France (approche mix de consommation – empreinte carbone) ;

- la consommation d'électricité des usages audiovisuels est estimée à 13,0 TWh, pouvant être comparée aux 453 TWh de la consommation électrique totale en France en 2022[126], cela signifie que **les usages audiovisuels représentent 2,9% de la consommation électrique française.**

L'étude ADEME-Arcep sur l'évaluation environnementale du numérique[127] a estimé l'impact total des infrastructures et équipements du numérique en France à 16,9 MtCO2eq, sur l'année 2020, différente de l'année de référence de cette étude. **L'impact carbone des usages audiovisuels est équivalent à 33% de l'impact du numérique,** d'après les estimations de ces deux études. Leur comparaison est détaillée partie *7.3.6 Comparaison avec l'étude ADEME-Arcep sur l'impact environnemental du numérique en France*.

7.3.2 Décomposition des impacts par usage

La figure suivante présente une décomposition des impacts environnementaux totaux par usage.



**Vidéo à la demande = Vidéo à la demande par abonnement, vidéo à la demande à l'acte et vidéo à la demande gratuit*

Figure 54 - Décomposition des impacts environnementaux de l'audiovisuel par usage

[126] https://analysesetdonnees.rte-france.com/bilan-electrique-synthese
[127] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022

La figure suivante présente les résultats détaillés sur les indicateurs de changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale, décomposés par usage.

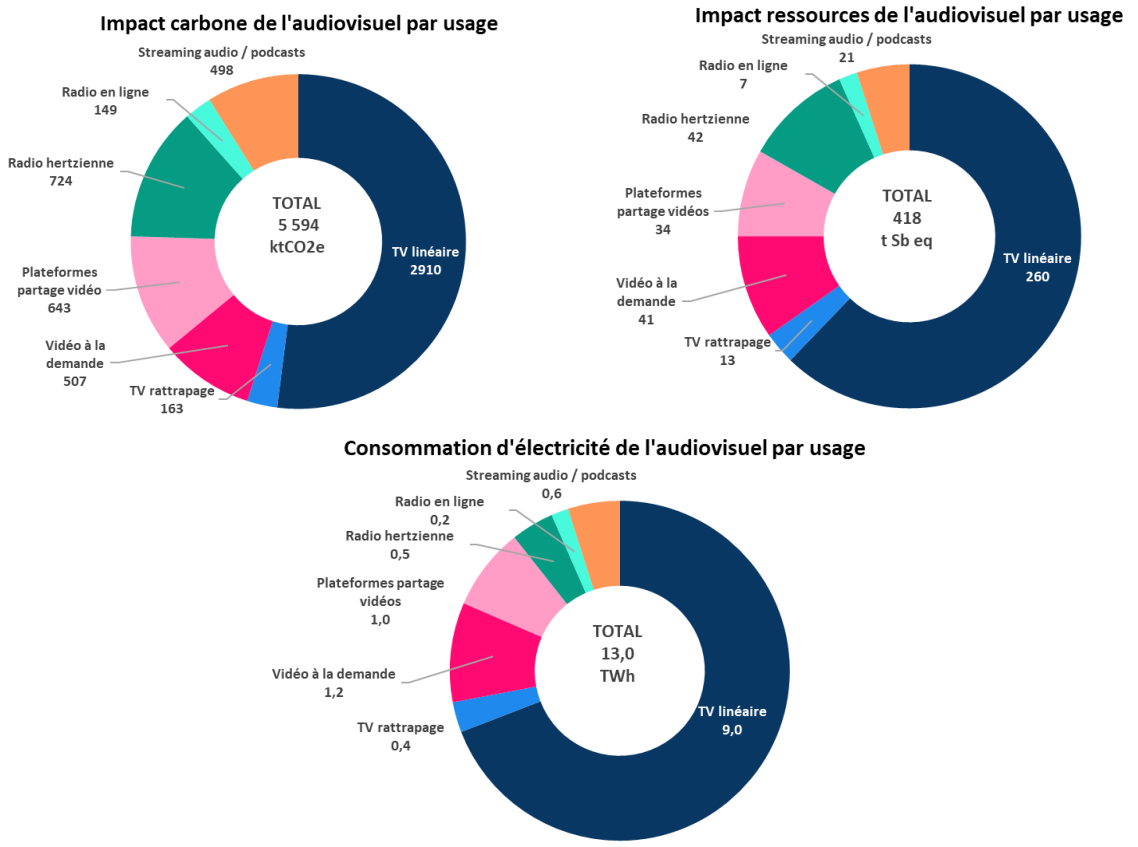


Figure 55 - Décomposition de l'impact de l'audiovisuel par usage, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale

Parmi les usages audiovisuels étudiés, la TV linéaire est l'usage qui contribue le plus aux impacts environnementaux de l'audiovisuel : il représente 52% de l'impact carbone, 62% de l'impact ressources, et 69% de la consommation d'électricité de l'audiovisuel. Cela s'explique par le fait que :

- La TV linéaire est l'usage le plus fréquent (cf. partie 6.9.2.3) : il représente 46% du nombre d'heures de visionnage total des usages audiovisuels étudiés. La durée d'écoute individuelle des programmes TV (TV linéaire et TV de rattrapage) est, en 2022, de 3h26[128].
- Les impacts des usages dépendent en premier lieu du terminal utilisé : pour le visionnage de TV linéaire, il s'agit majoritairement du téléviseur (95% du temps).

La radio hertzienne est le second usage le plus important en volume, il représente 19% du nombre d'heures total des usages audiovisuels étudiés. Il s'agit du deuxième usage le plus contributeur sur l'impact carbone de l'audiovisuel (13%), mais ne contribue qu'à hauteur de 4% sur la consommation d'électricité. Cela vient du fait que la radio hertzienne est écoutée sur des terminaux de types autoradios et postes radio (transistors, radio-réveils…). Les autoradios sont associés à des émissions GES importantes (en raison du moteur thermique le plus souvent utilisé par le véhicule), tandis que les postes radios ont une consommation plus faible relativement au reste des terminaux (peu ou pas d'écran notamment).

[128] Mediamétrie. (2022). Communiqué de presse Année TV 2022

7.3.3 Décomposition des impacts par brique technologique

Les résultats totaux des impacts environnementaux des usages audiovisuels en France en 2022 décomposés selon les trois tiers (terminaux, réseaux et centres de données) sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 86 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France, décomposés entre les trois tiers

Catégorie d'impact	Unité	Terminaux	Réseaux	Centres de données
Changement climatique	kg CO2 eq	4,91E+09	5,27E+08	1,53E+08
Acidification	mol H+ eq	3,13E+07	3,61E+06	9,31E+05
Particules fines	Disease incidence	2,79E+02	6,79E+01	6,94E+00
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	3,77E+05	3,73E+04	3,39E+03
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,89E+11	5,54E+10	3,45E+09
Consommation d'énergie finale	kWh	9,43E+09	3,41E+09	1,70E+08

La figure suivante présente la décomposition des impacts environnementaux totaux selon les trois tiers terminaux, réseaux et centres de données.

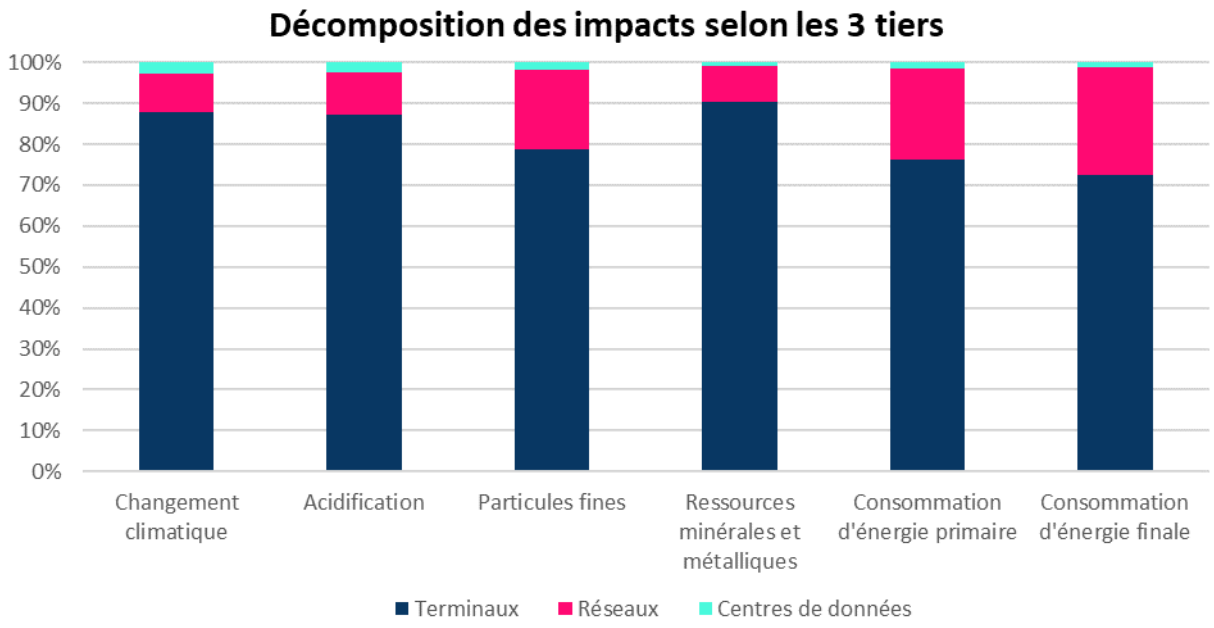


Figure 56 - Décomposition des impacts environnementaux de l'audiovisuel par tier technologique

Le tier terminaux est le premier contributeur aux impacts de l'audiovisuel (entre 72% et 90%), suivi par le tier réseaux (entre 9% et 26%), puis le tier centres de données (entre 1% et 3%).

Les parties suivantes présentent un focus sur le tier terminaux, puis sur le tier réseaux, afin de mieux comprendre les éléments qui contribuent aux impacts au sein de ces ensembles.

7.3.3.1 Focus sur le tier terminaux

La figure suivante présente les résultats détaillés du tier terminaux sur les indicateurs de changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale, décomposés selon les différents terminaux utilisés par les usages audiovisuels.

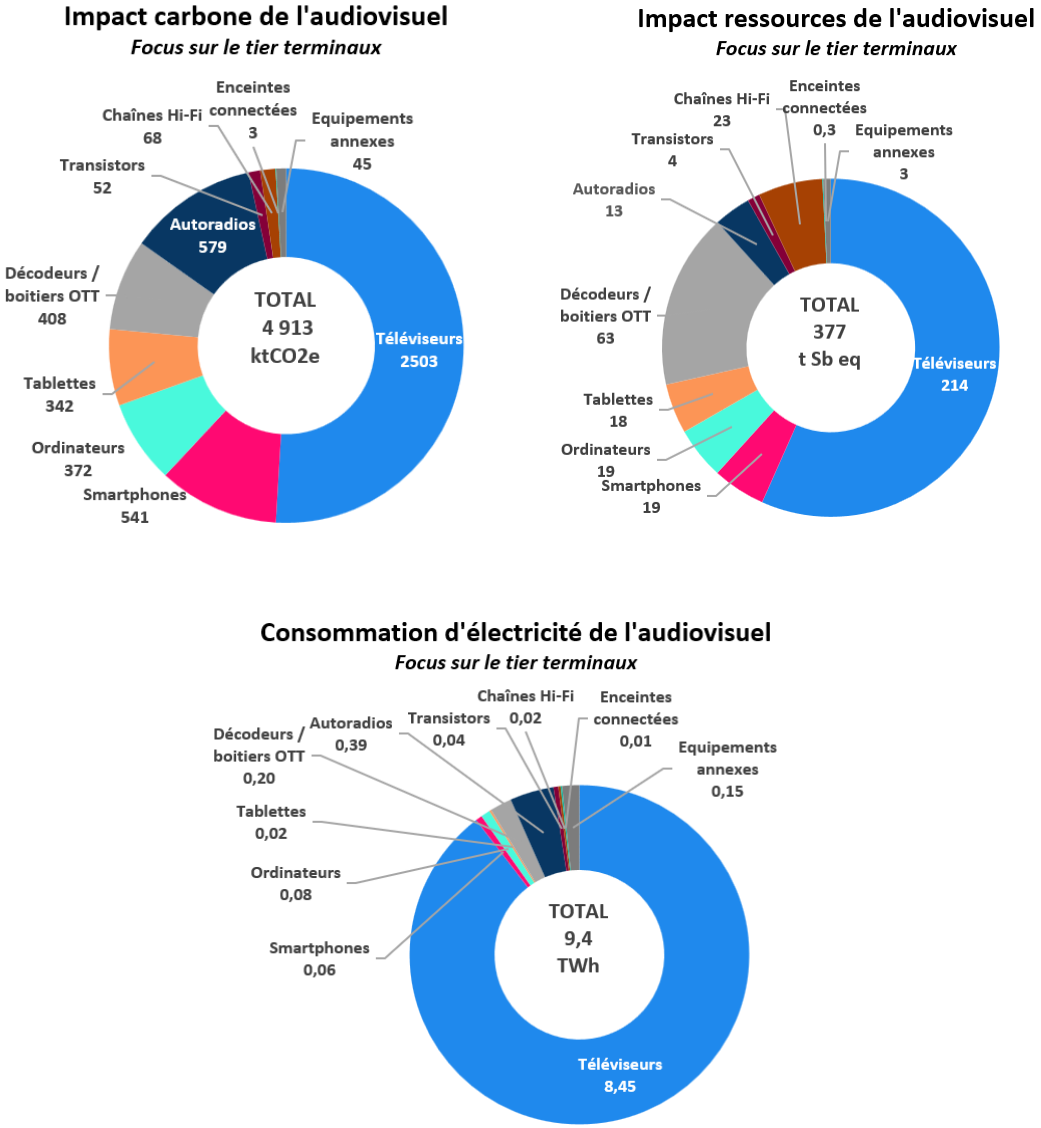


Figure 57 – Décomposition du tier terminaux, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale

Parmi les terminaux, les téléviseurs sont les premiers contributeurs sur tous les indicateurs d'impacts. Ils représentent 51% de l'impact carbone, 57% de l'impact sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques, et 90% de la consommation d'électricité de l'ensemble des terminaux. Les téléviseurs sont les terminaux les plus utilisés, ils représentent 37% du volume d'heures équipement total des usages audiovisuels étudiés dans cette étude (cf. partie 6.9.2.3). Il s'agit également des terminaux bénéficiant de la plus grande taille d'écran, et sont donc associés à une consommation électrique importante (puissance de 130W considérée).

Sur l'indicateur de changement climatique, les téléviseurs sont suivis par les autoradios, qui représentent 12% de l'impact carbone total du tier terminaux. Cela vient du fait qu'une partie des émissions GES des véhicules sont associées aux autoradios, en fonction de la consommation de carburant additionnelle. Concernant les smartphones, ils représentent 11% de l'impact carbone du tier terminaux, car bien qu'ils soient plus petits et légers, ils possèdent une faible durée de vie relativement aux autres terminaux (remplacés en moyenne tous les 2,5 ans, contre 8 ans pour un téléviseur).

7.3.3.2 Focus sur le tier réseaux

La figure suivante présente les résultats détaillés du tier réseaux sur l'indicateur de changement climatique, décomposés selon les différents réseaux utilisés par les usages audiovisuels.

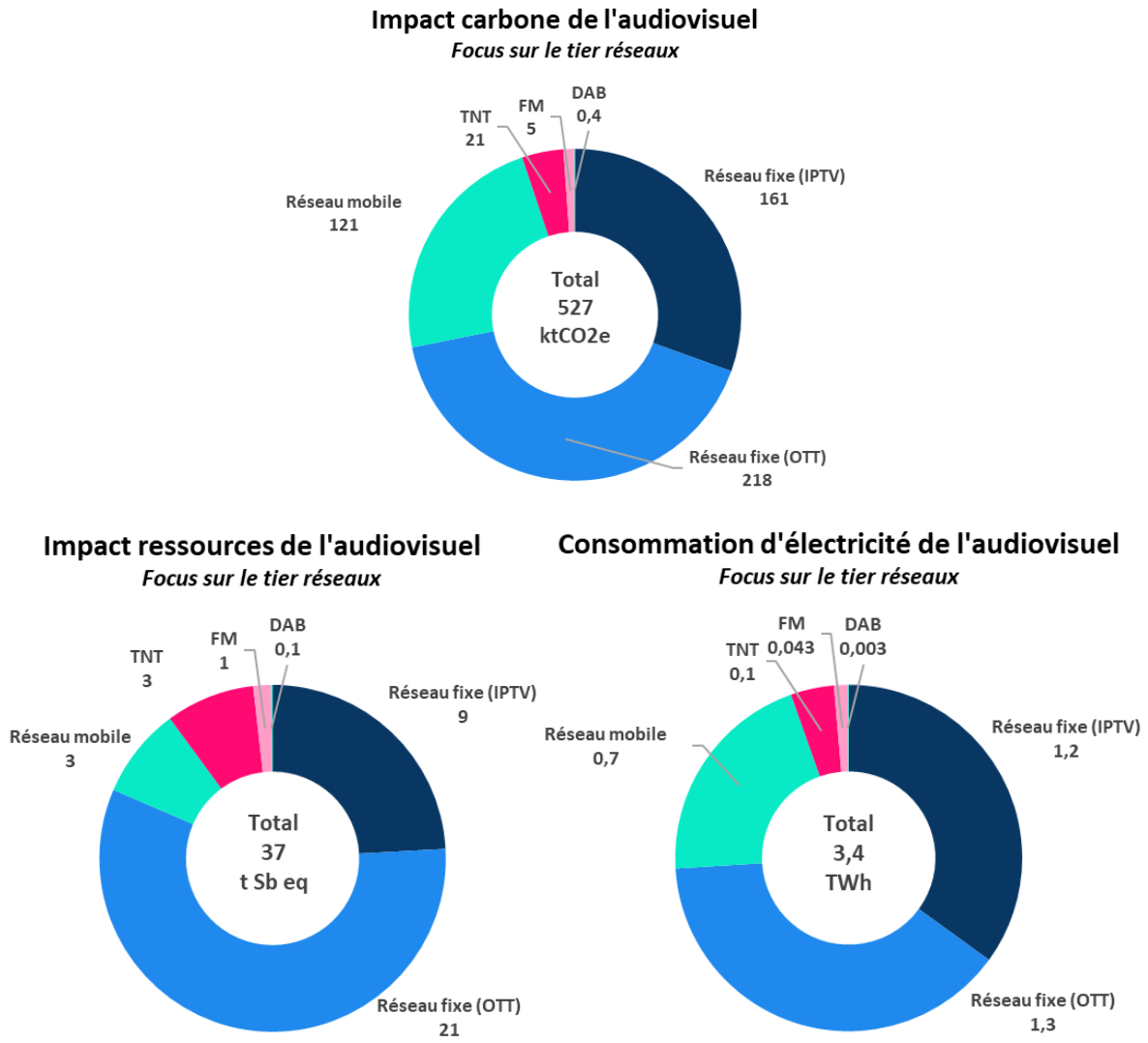


Figure 58 - Décomposition du tier réseaux, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale

Il est important de noter que l'impact des réseaux internet fixe et mobile représenté ici est différent de l'impact total de ces réseaux, tel qu'estimé dans les études ADEME-Arcep sur l'empreinte

environnementale du numérique[129] et ADEME sur l'empreinte environnementale de la fourniture d'accès à Internet[130]. En effet, ces réseaux sont également sollicités par de nombreux autres usages non évalués dans cette étude (cf. partie 2.2). Ici, seule la part des impacts qui peut être attribuée aux usages audiovisuels (cf. partie *5.8 Procédures d'attribution* concernant la méthodologie d'allocation) est représentée. La sollicitation du réseau fixe est distinguée entre l'usage IPTV géré (TV linéaire via réseau fixe, à l'aide d'un signal multicast) et le reste des usages (OTT).

Parmi les réseaux sollicités par les usages audiovisuels, les réseaux fixe et mobile représentent la majeure partie des impacts environnementaux du tier réseaux : 95% de l'impact carbone, 90% de l'épuisement des ressources, et 95% de la consommation d'électricité. Premièrement, parmi les usages audiovisuels, les réseaux fixe et mobile sont les réseaux les plus utilisés : 68% du nombre d'heures total de contenus audiovisuels considérés dans cette étude est transmis par ces réseaux. De plus, la transmission via réseau fixe ou mobile est moins efficace (consommations d'énergie et de ressources plus importantes) que la transmission via réseau broadcast. Les réseaux broadcast (TNT, FM, DAB+) représentent donc une part plus faible des impacts (5% de l'impact carbone, 10% de l'épuisement des ressources, 10% de la consommation d'électricité), tandis que les usages sur ces réseaux représentent, en nombre d'heures, 32% des usages totaux.

7.3.4 Décomposition des impacts par étapes du cycle de vie

La figure suivante présente la décomposition des impacts environnementaux de l'audiovisuel en France sur l'année 2022 par étape de cycle de vie.

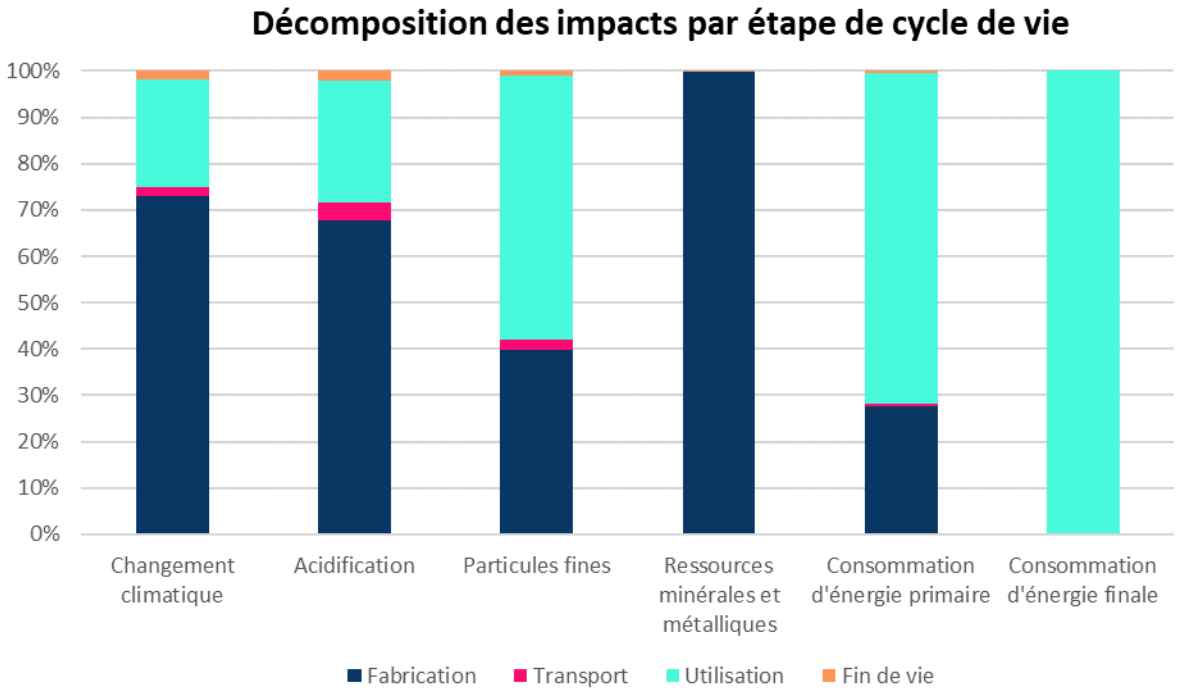


Figure 59 - Décomposition des impacts environnementaux de l'audiovisuel par étape du cycle de vie

Dans cette étude, toutes les étapes du cycle de vie (fabrication, transport, utilisation, fin de vie) des différents éléments de la chaîne de valeur des usages audiovisuels (terminaux, réseaux, centres

[129] ADEME et Arcep 2022 – Evaluation environnementale des équipements et infrastructures du numérique en France
[130] ADEME 2024 – Evaluation environnementale de la fourniture d'accès à internet en France

de données) ont été incluses dans l'évaluation. Au global, c'est l'étape de fabrication qui contribue le plus à l'impact sur le changement climatique (73%), l'acidification (68%), et l'épuisement des ressources (99,8%). L'utilisation contribue majoritairement sur les indicateurs particules fines (57%), consommation d'énergie primaire (71%) et consommation d'énergie finale (100% - cet indicateur inclut uniquement la consommation d'électricité à l'étape d'utilisation).

Ces résultats s'expliquent notamment par le fait que les impacts environnementaux des terminaux numériques ont lieu, de manière générale, majoritairement lors de la fabrication. Cet écart entre impact de fabrication et d'utilisation est particulièrement marqué en France où l'impact de la phase d'utilisation est moindre puisque la production d'électricité est majoritairement décarbonée, grâce au nucléaire et aux énergies renouvelables.

7.3.5 Résultats normalisés et pondérés

Afin de déterminer l'importance relative de chaque impact par rapport aux autres, les résultats ont été normalisés et pondérés, sur la base de la méthode EF 3.0. Seuls les indicateurs d'impacts peuvent être traités. Les autres indicateurs (Consommation d'énergie finale (usage), Consommation d'énergie primaire, MIPS, Consommation d'eau) ne sont donc pas présentés.

Les résultats ont été normalisés et pondérés à l'aide des facteurs de normalisation et pondération de la méthode EF3.0. La normalisation est réalisée en divisant les résultats d'impacts par l'impact d'un européen moyen sur un an, la pondération apporte un poids spécifique à chaque catégorie d'impact. Pour rappel, cette étude réalise une ACV attributionnelle (cf. partie *5.7 Méthodologie d'ACV et type d'impacts*).

Le tableau suivant présente les résultats normalisés des impacts environnementaux des usages audiovisuels en France.

Tableau 87 - Résultats normalisés des impacts environnementaux des usages audiovisuels en France

Catégorie d'impact	Nombre d'habitants européen
Changement climatique	740 667
Acidification	645 021
Particules fines	593 872
Ressources minérales et métalliques	6 565 918
Radiations ionisantes	8 124 140
Ecotoxicité de l'eau douce	1 690 383
Ressources fossiles	3 498 335

L'impact sur le changement climatique des usages audiovisuels en France durant 1 an est donc équivalent à l'impact annuel de 740 667 habitants européens. L'impact sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques des usages audiovisuels est équivalent à l'impact annuel de 6 565 918 habitants européens.

Le tableau suivant présente les résultats pondérés des impacts environnementaux des usages audiovisuels.

Tableau 88 - Résultats normalisés et pondérés des impacts environnementaux des usages audiovisuels en France

Catégorie d'impact	Total
Changement climatique	*11%*
Acidification	*3%*
Particules fines	*4%*
Ressources minérales et métalliques	*34%*
Radiations ionisantes	*28%*
Ecotoxicité de l'eau douce	*2%*
Ressources fossiles	*20%*

Ces résultats doivent être lus comme suit : l'indicateur d'épuisement des ressources minérales et métalliques contribue à hauteur de 34% aux impacts environnementaux globaux liés aux usages audiovisuels en France.

D'après cette analyse, l'indicateur des ressources minérales et métalliques constitue donc l'impact le plus important des usages audiovisuels, suivis par les radiations ionisantes, les ressources fossiles et le changement climatique.

Cependant, cette approche possède des limites importantes, et ces résultats normalisés et pondérés doivent donc être interprétés avec précaution. Cette approche permet de déterminer les indicateurs importants pour le système étudié, et non de hiérarchiser les impacts, elle permet de mettre en avant que l'impact du numérique ne se concentre pas uniquement sur le changement climatique, mais également sur d'autres impacts comme la déplétion de ressources minérales et métalliques. En particulier, les facteurs de pondération sont basés pour moitié sur un sondage du public et d'experts, et pour moitié sur un jugement d'experts fondé sur les limites planétaires, et ne repose donc pas sur une base scientifique.

7.3.6 Comparaison avec l'étude ADEME-Arcep sur l'impact environnemental du numérique en France

L'étude ADEME-Arcep sur l'évaluation environnementale du numérique[131] a estimé l'impact total des infrastructures et équipements du numérique en France sur l'année 2020, sur différents indicateurs environnementaux.

Les usages audiovisuels, étudiés ici, font majoritairement appel à des terminaux et infrastructures du numérique, et sont donc parfois considérés comme appartenant au périmètre du numérique. Cependant, le périmètre entre ces deux études n'est pas tout à fait comparable, certaines

[131] Evaluation environnementale du numérique en France – 2/3 Equipements et infrastructures, *ADEME et Arcep,* 2022

technologies incluses dans cette étude n'étant pas couverte par l'étude ADEME-Arcep 2022 tels que :

- les terminaux radio (transistors, autoradios, chaines hi-fi, radio-réveils, stations d'accueil[132]) ;
- les équipements annexes (écouteurs, casques audio, enceintes portables) ;
- les réseaux radio et TV (FM, DAB+, TNT, IPTV géré).

Ces éléments représentent néanmoins une faible part des impacts environnementaux des usages audiovisuels, de l'ordre de 0,7 $MtCO_2eq$ sur le changement climatique dans cette étude.

La différence temporelle entre les deux études (2020 et 2022) peut avoir un impact important au vu de la croissance rapide du numérique.

La figure suivante présente la comparaison des résultats entre ces deux études selon les six indicateurs principaux.

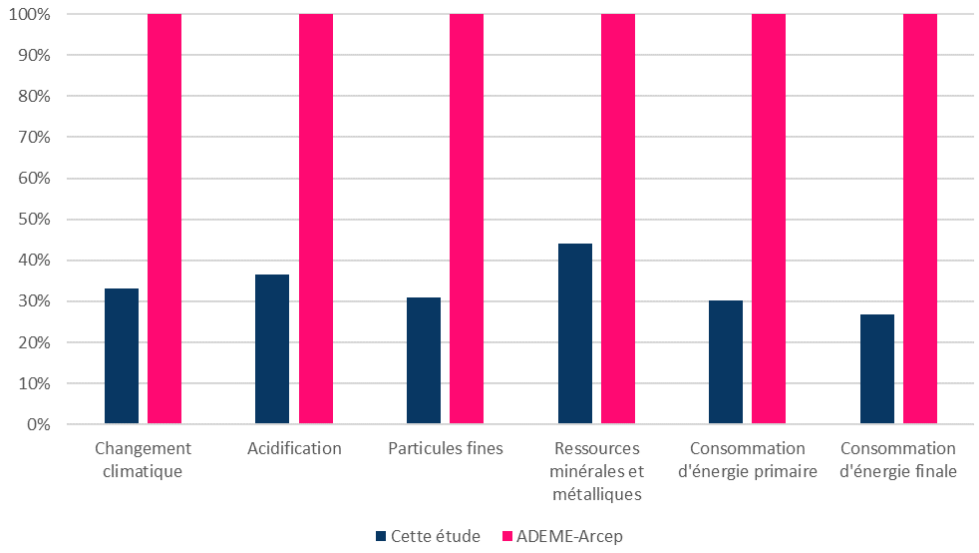


Figure 60 - Comparaison des résultats multi-indicateurs avec l'étude ADEME Arcep 2022

La comparaison entre les deux études est relativement similaire selon les indicateurs étudiés. On peut cependant noter une part plus importante de l'impact de l'audiovisuel par rapport au numérique pour l'indicateur de déplétion des ressources minérales et métalliques. Cette différence s'explique par le fait qu'une grande partie des impacts environnementaux dans l'étude ADEME-Arcep provient des équipements IOT, qui ne sont donc pas comptabilisés dans l'audiovisuel. Ces équipements sont cependant en moyenne plus légers que les équipements pris en compte dans cette étude, ils utilisent donc moins de matière et ont un impact légèrement inférieur sur l'indicateur de ressource minérales et métalliques.

Les différences sur l'impact carbone de ces études sont présentées ci-dessous.

La figure suivante présente la comparaison des résultats d'impact carbone entre ces deux études, décomposés entre deux tiers technologiques, terminaux et réseaux.

[132] A noter que les « stations d'accueil » telles que définies dans l'étude ADEME-Arcep ne représentent pas le même équipement que les stations d'accueil évoquées ici : il s'agit d'un équipement annexe à un ordinateur portable, pour connecter différents équipements supplémentaires (signalisation d'alimentation, souris sans fil, smartphones, …)

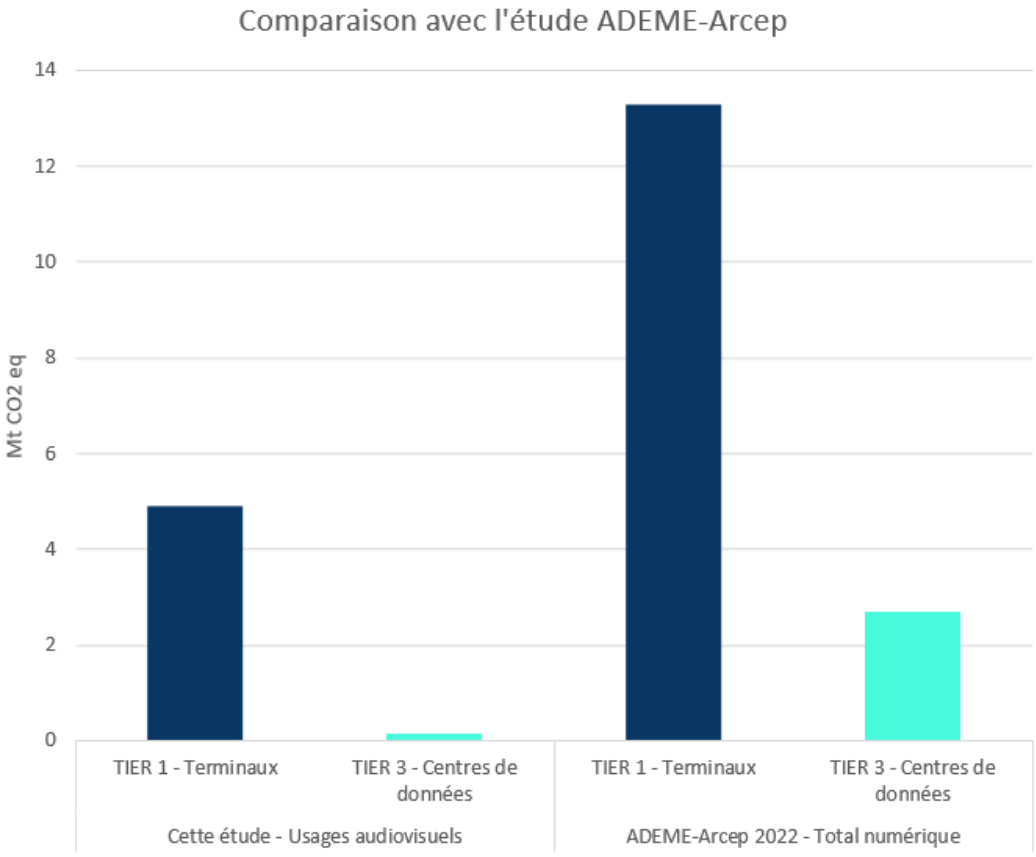


Figure 61 – Comparaison des résultats d'impact carbone avec l'étude ADEME-Arcep 2022

L'analyse comparative entre les résultats de cette étude et ceux de l'étude ADEME-Arcep amène au constat suivant :

- Tier 1 – terminaux : l'audiovisuel représente 37% de l'impact des terminaux numériques. Certains terminaux du numérique ne sont pas couverts par les usages audiovisuels (imprimantes, IoT, consoles de jeux, feature phones, téléphone fixe, etc.), et ceux qui sont inclus ne le sont pas toujours entièrement (par exemple, l'utilisation des smartphones sur les réseaux sociaux n'est pas comprise dans cette étude) ;
- Tier 3 – centres de données : l'audiovisuel représente 6% des centres de données utilisés pour le numérique. Certains usages numériques qui sollicitent également les centres de données ne sont pas couverts par cette étude, tels que le cloud computing et le cloud gaming. Il est difficile de savoir si cela explique cette faible part de l'audiovisuel (relativement à ce qui est observé sur les deux autres tiers). Une sous-estimation peut également venir du fait que la sollicitation des centres de données pour les recommandations et le traitement des données utilisateurs n'est pas entièrement modélisée dans cette étude, par manque de données.

Les tiers réseaux n'ont pas été comparés, car les modélisations des réseaux sont très différentes entre les deux études. Pour les réseaux internet, la présente étude a utilisé le modèle plus récent proposé par l'ADEME dans son *étude de l'évaluation environnementale de la fourniture d'accès à internet en France*. La comparaison entre la présente étude et l'étude ADEME 2024 est détaillée dans le paragraphe suivant.

7.3.7 Comparaison avec l'étude ADEME sur l'impact environnemental de la fourniture d'accès à internet en France

L'étude de l'ADEME sur l'évaluation de l'impact environnemental de la fourniture d'accès à internet en France[133] vise à réaliser l'évaluation des impacts environnementaux du réseau internet, en suivant la méthodologie établie dans le RCP FAI, à tester la méthodologie de ce RCP, et à évaluer l'impact de la fourniture d'accès internet à l'échelle de la France entière.

Cette étude a servi de base méthodologique pour la modélisation de l'impact des réseaux internet de la présente étude.

La figure suivante présente la comparaison des résultats entre les deux études, décomposés entre réseaux fixe et mobile.

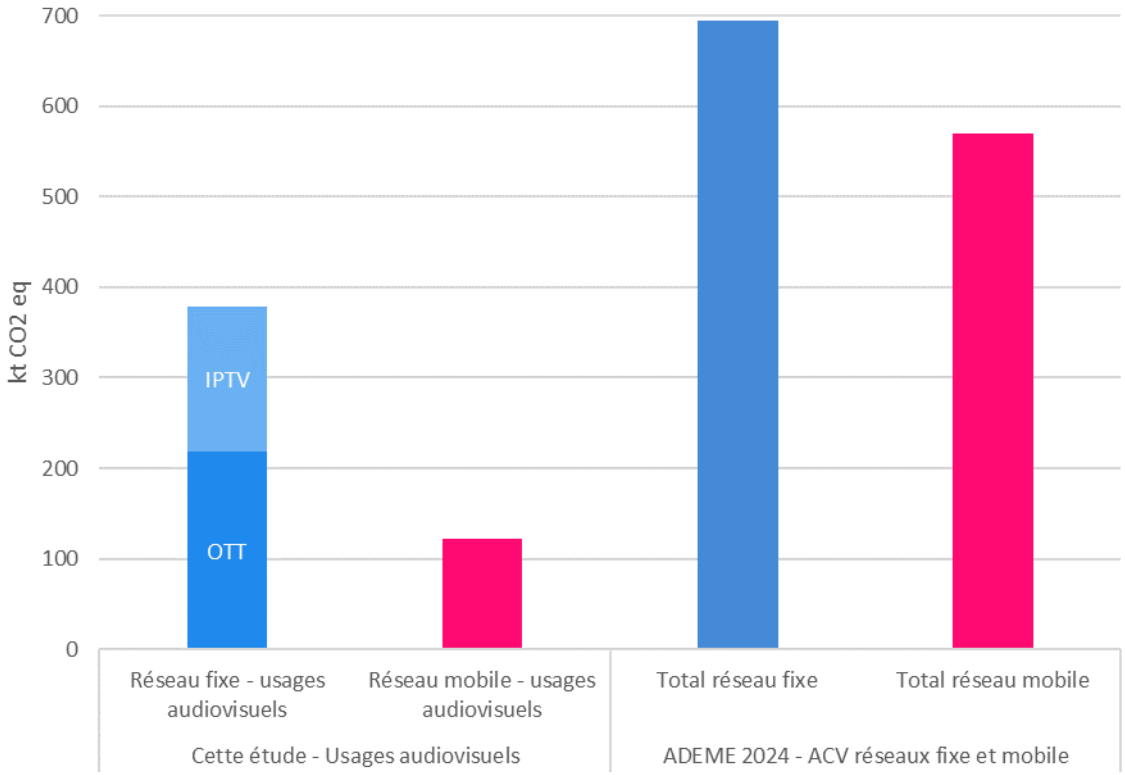


Figure 62 - Comparaison avec l'étude ADEME FAI 2024

L'analyse comparative entre les résultats de cette étude et ceux de l'étude ADEME FAI-2024 amène au constat suivant :

- Réseau fixe : l'audiovisuel représente 54% de l'impact sur le changement climatique du réseau fixe. D'après l'étude ADEME FAI 2024, l'impact du réseau fixe excluant les box internet compte pour 40% de l'impact total du réseau fixe en France en 2024. La partie du réseau fixe hors box est directement impactée par la fluctuation du trafic de données. Certains usages numériques qui sollicitent également les réseaux ne sont pas inclus dans cette étude, mais les usages audiovisuels représentent une grande partie du trafic de données (et donc de l'impact) : selon le rapport Sandvine [134], les contenus vidéo représentent 65% du trafic mondial début 2022.

[133] ADEME 2024 - Evaluation de l'empreinte environnementale de la fourniture d'accès à internet en France
[134] Sandvine 2023 - Global Internet Phenomena Report

- Réseau mobile : l'audiovisuel représente 21% de l'impact sur le changement climatique total du réseau mobile en France. Cette proportion, plus faible que pour le réseau fixe, peut s'expliquer par une multiplicité des usages en mobilité qui ne sont pas compris dans le périmètre de cette étude (réseaux sociaux, messages, etc.).

Par ailleurs, il est intéressant de comparer les volumes de données échangées sur les réseaux fixe et mobile pour les deux études. Cette comparaison est présentée dans la figure suivante.

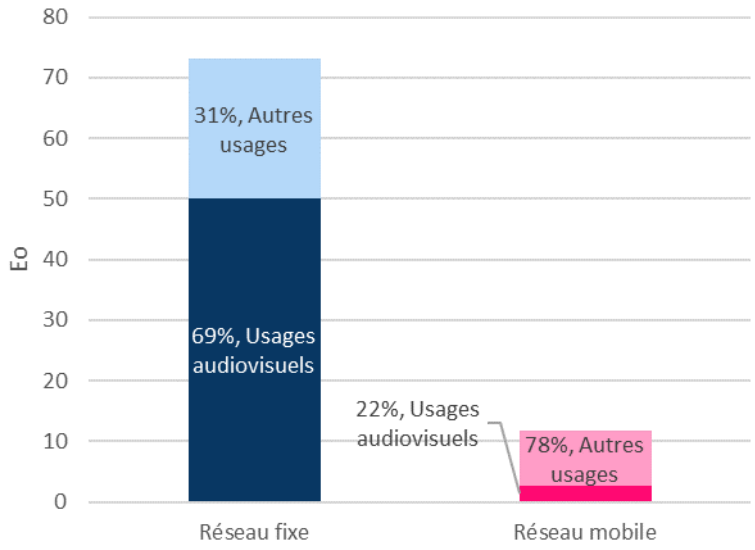


Figure 63 - Part des usages audiovisuels dans la consommation de données sur les réseaux (Eo)

Les usages audiovisuels représentent donc une part importante de l'utilisation du réseau fixe en France (69%). Cette part est plus importante que sur l'indicateur du changement climatique, où l'audiovisuel représente 54% de l'impact carbone du réseau fixe. Cette différence s'explique car les flux IPTV géré sont inclus dans le réseau fixe et représentent une quantité importante de données, mais ont un impact carbone plus faible que les flux OTT sur le réseau fixe car une partie du réseau est mutualisé pour l'IPTV géré.

Pour le réseau mobile, les usages audiovisuels représentent 22% de son utilisation en France, pour des raisons identiques à celles évoquées précédemment.

8

Conclusions et limites de l’évaluation des scénarios d’usage et de l’audiovisuel à l’échelle France en 2022

8 CONCLUSIONS ET LIMITES DE L'EVALUATION DES SCENARIOS D'USAGE ET DE L'AUDIOVISUEL A L'ECHELLE FRANCE EN 2022

Cette étude a permis d'évaluer les impacts environnementaux des usages audiovisuels en France à l'échelle de scénarios d'usage (une heure de consommation de contenu), ainsi qu'à l'échelle de la France entière. Cette évaluation a été effectuée selon la méthodologie d'analyse de cycle de vie. Plusieurs indicateurs environnementaux ont été considérés, parmi lesquels le changement climatique, la consommation d'énergie, ou les ressources minérales et métalliques. Toutes les étapes de cycle de vie des terminaux et infrastructures ont été incluses (fabrication, transport, utilisation et fin de vie). Les systèmes considérés dans l'évaluation des usages audiovisuels sont les terminaux utilisateurs, les réseaux et les centres de données.

A partir de l'analyse des résultats, les principaux contributeurs à l'impact environnemental des usages audiovisuels, et les paramètres déterminants dans cet impact ont pu être identifiés. Les messages clés qui en ressortent sont présentés dans cette partie. Enfin, les limites de cette évaluation ont été également identifiées et sont présentées partie *8.2*.

8.1 Principaux enseignements

Au total, l'impact sur le changement climatique des usages audiovisuels en France en 2022 est estimé à **5,6 $MtCO_2eq$**. La consommation d'électricité associée aux usages audiovisuels est estimée à **13 TWh**. Les usages audiovisuels sont donc responsables de **0,9% de l'empreinte carbone totale de la France**, et de **2,9% de la consommation électrique française**, sur l'année de référence 2022. A titre de comparaison, l'étude ADEME - Arcep publiée en 2022 a estimé l'impact carbone total du numérique en France durant 1 an à 17 $MtCO_2eq$, sur l'année 2020. Dans cette précédente étude, les usages audiovisuels étaient implicitement inclus dans le périmètre, plus large, du numérique en France, mais de façon partielle par manque de données et en raison d'un périmètre différent[135]. Cette présente étude vient compléter et affiner les estimations de l'étude ADEME-Arcep concernant les usages audiovisuels.

Parmi les différents usages audiovisuels intégrés dans l'évaluation (TV linéaire, TV de rattrapage, vidéo à la demande, plateformes de partage de vidéos, radio hertzienne, radio en ligne, streaming audio et podcasts), la **TV linéaire (tous réseaux) est responsable de la majorité des impacts environnementaux à l'échelle de la France sur l'année 2022**. Cela provient notamment du fait qu'il s'agit de **l'usage le plus courant**, avec une durée de visionnage individuelle moyenne estimée à plus de 3 heures par jour, et que **cet usage a majoritairement lieu sur téléviseur, terminal le plus gourmand** en énergie et en matières premières par rapport aux autres terminaux audiovisuels pris en compte dans le cadre de cette étude. **Cependant, pour un usage sur un même terminal, la TV linéaire (notamment broadcast) a un impact environnemental plus faible que la vidéo à la demande**.

Les terminaux utilisateurs représentent la majeure partie des impacts environnementaux des usages audiovisuels. Les terminaux représentent par exemple 88% de l'impact carbone total, suivis par les réseaux (9%), puis les centres de données (3%).

[135] Plus précisément, l'étude ADEME-Arcep a exclu de son périmètre les réseaux hertziens tels que le réseau TNT, le réseau FM et le réseau DAB+, ainsi que les postes de réception radio (transistors, autoradios, chaine Hi-Fi, etc.)

Parmi les étapes de cycle de vie des systèmes étudiés, **la fabrication des terminaux et infrastructures est l'étape la plus importante** : elle représente 72% de l'impact carbone total, suivi par l'étape d'utilisation, qui en représente 18%.

8.1.1 Terminaux utilisateurs

La **fabrication des terminaux représente une part prépondérante** des impacts des usages audiovisuels, sur tous les indicateurs, en particulier changement climatique et ressources minérales et métalliques.

L'impact de la fabrication des terminaux utilisateurs dépend des **matériaux** qui les composent et de la **taille** des terminaux, ainsi que de la **durée de vie** sur laquelle l'impact est amorti. A titre d'exemple, un téléviseur de plus grande taille aura généralement besoin de plus de ressources pour être fabriqué. Cependant, la « miniaturisation » des terminaux peut aussi s'accompagner d'une consommation accrue de ressources, relativement au poids final du terminal. Par exemple, le « sac à dos écologique » (la quantité totale de matières premières nécessaires à la fabrication, estimée à l'aide de la méthode « MIPS ») d'un ordinateur portable est de 711 kg, et de 124 kg pour un smartphone de plus de 5,5 pouces.

L'utilisation des terminaux représente également un impact non négligeable. Tous les terminaux sont alimentés par de l'électricité du réseau, à l'exception de l'autoradio qui est alimenté par le moteur du véhicule (considéré comme thermique). La consommation d'électricité varie beaucoup entre les terminaux, d'environ 1 à 4 W pour les smartphones, jusqu'à plus de 130 W pour les téléviseurs. Bien que l'électricité en France soit peu carbonée, **la consommation électrique** des terminaux n'est pas neutre pour le climat, **notamment pour les téléviseurs** : elle représente environ 25% de l'impact carbone des téléviseurs sur le cycle de vie, contre moins de 1% pour les smartphones et les postes radio.

A l'échelle France, les terminaux représentent 88% de l'impact carbone total des usages audiovisuels. Parmi les terminaux, **les téléviseurs représentent plus de la moitié des impacts environnementaux**.

8.1.2 Réseaux de télécommunications

Les réseaux ont également des impacts environnementaux à travers la **fabrication et la maintenance** des infrastructures, ainsi que la **consommation d'électricité** lors de l'utilisation.

Les réseaux de type « **broadcast** » (FM, DAB+, TNT) ont des **impacts unitaires plus faibles que les réseaux fixe et mobile**, ramenés à une heure d'usage. Il est important de noter que ces résultats sont issus d'un calcul dit « attributionnel », qui amortit les impacts par heure d'écoute et par utilisateur. Dans la réalité, les réseaux broadcast fonctionnent en continu, et **leur consommation d'électricité n'est pas influencée par le nombre d'utilisateurs** à l'instant t. A l'échelle France, les réseaux broadcast fournissent environ 30% des usages audiovisuels totaux (en nombre d'heures), mais ne représentent que 5% de l'impact carbone total des réseaux. Les réseaux fixe et mobile (internet) représentent les 95% restants.

La transmission en **IPTV géré**, qui utilise le réseau fixe et permet une transmission en « multicast » sur une partie du réseau, possède des impacts **plus faibles** que la transmission **en OTT sur le réseau fixe**. On note que les usages linéaires (radio en direct, TV en direct) qui passent par des réseaux « broadcast » ou par l'IPTV géré ont donc des impacts plus faibles que les usages à la demande, qui passent par les réseaux fixe et mobile.

La **consommation d'énergie des réseaux fixe et mobile** et le dimensionnement des infrastructures **ne sont pas linéaires avec le trafic de données**, et ceci a bien été considéré dans cette étude. Néanmoins, **une réduction de la consommation de données d'un usage**

spécialement via le réseau mobile **permet également de réduire significativement l'impact environnemental** côté réseau, principalement dans le cas du réseau mobile.

Le réseau fixe possède des impacts plus faibles que le réseau mobile, notamment pour les usages associés à un haut débit (comme les contenus vidéos en haute qualité). En effet, comparé au réseau fixe, le réseau mobile est plus sensible au trafic, en termes de consommation d'énergie et de dimensionnement, et moins efficace. D'après les résultats de cette étude, pour un usage de type streaming vidéo **avec un débit de 5 Mbit/s, l'impact carbone du réseau mobile est environ 4 fois plus élevé que celui du réseau fixe**. Conformément à la *Troisième édition de l'Enquête annuelle Pour un numérique soutenable de l'Arcep*, la consommation électrique des box internet représente le poste majeur d'impact pour les réseaux fixe.

8.1.3 Centres de données et serveurs

Les serveurs et centres de données ont également des impacts à travers la **fabrication des infrastructures**, et la consommation d'électricité lors de l'utilisation.

Tous les usages audiovisuels nécessitent des centres de données, bien que les usages audiovisuels linéaires (en direct) en nécessitent moins, comparés aux usages à la demande. Dans cette étude, deux types de centres de données ont été distingués : les centres de données « origine » et les réseaux de serveurs cache appelés « CDN ».

Les centres de données « origine » centralisent l'hébergement des contenus et le traitement des données utilisateurs. La personnalisation de l'expérience utilisateur (interface, contenus proposés) et le traitement associé des données via des algorithmes n'ont pas été pris en compte dans cette étude.

La quantité de serveurs nécessaires dépend beaucoup des usages (taille de catalogue associé, volume de données utilisateur à traiter, etc.). Les fournisseurs peuvent posséder leurs propres centres de données ou héberger leurs données dans le Cloud. Dans ce cas, des centres de données à l'étranger peuvent être sollicités par des usages en France, tous les serveurs Cloud n'étant pas localisés en France.

Les CDN sont uniquement utilisés pour les usages à la demande, pour diffuser les contenus de façon la plus rapide et efficace, en hébergeant les contenus à la périphérie du réseau. Cela permet d'optimiser et de réduire les sollicitations réseaux, mais cela est également associé à des infrastructures serveurs et une consommation d'électricité : une moyenne de **0,4 Wh par Go transmis** a été considérée dans cette étude.

Enfin, les usages faisant appel à de la **publicité programmatique** nécessitent des serveurs pour gérer l'allocation de la publicité aux annonceurs et la transmission du contenu. Cela peut représenter un impact aussi important que la sollicitation des centres de données d'hébergement du contenu principal.

Au global, les **serveurs et centres de données** représentent **entre 1% et 3% des impacts environnementaux** des usages audiovisuels en France.

8.2 Limites de l'évaluation des scénarios d'usage et de l'audiovisuel à l'échelle France en 2022

Les limites suivantes ont été identifiées dans cette étude :

- **Incertitudes sur les données environnementales utilisées** : la modélisation des usages audiovisuels repose sur la combinaison de données collectées (dans la littérature ou auprès d'acteurs du secteurs) et des données d'impacts environnementaux de différents éléments, issues de bases de données ACV (NegaOctet et CODDE, principalement). Ces données possèdent des incertitudes parfois importantes, notamment sur les indicateurs environnementaux plus difficile à caractériser (comme l'écotoxicité, les ressources en eau, en minéraux et en énergie). Par manque d'information, aucune analyse d'incertitude précise sur les données de bases de données n'a pu être réalisée dans cette étude. Il existe un réel enjeu de développement des bases de données d'inventaire des terminaux et infrastructures du numérique, de consolidation de ces données (avec, entre autres, l'ajout d'informations sur les incertitudes), et de mise à jour régulière de ces bases de données.
- **Représentativité des données utilisées et lacunes dans la collecte de données**
    - **Réseau TNT** : Peu de données ont pu être collectées sur les infrastructures du réseau TNT. Les infrastructures ont donc été modélisées à partir du nombre d'antennes TNT en France, et d'une modélisation simplifiée des émetteurs et relais. La consommation d'énergie du réseau est basée sur une estimation de l'étude LoCaT, qui a collecté des données auprès des différents opérateurs de réseaux broadcast en Europe. Une étude plus poussée sur la modélisation spécifique du réseau TNT, en lien avec les différents opérateurs de la chaîne de valeur pour la collecte des données, serait nécessaire pour affiner la modélisation simplifiée proposée dans cette présente étude.
    - **Réseaux FM et DAB+ :** Peu de données ont pu être collectées sur les infrastructures des réseaux FM et DAB+. Les infrastructures ont donc été modélisées à partir du nombre d'antennes FM et DAB+ en France, et d'une modélisation simplifiée des émetteurs et relais. Les pylônes ont été modélisés à partir de données sur les pylônes des antennes du réseau mobile, bien que ces derniers soient généralement plus grands que pour la diffusion radio. La consommation d'énergie a été estimée à partir de données sur la puissance rayonnée des antennes, ainsi que d'hypothèses sur le rendement des émetteurs radio et consommations annexes. Des analyses de sensibilité ont été menées sur ces éléments. Une étude plus poussée sur la modélisation spécifique du réseau FM et DAB+, prenant en compte les futures évolutions (notamment dans le cas du DAB+ dont le déploiement est encore en cours), en lien avec les différents opérateurs de la chaîne de valeur pour la collecte des données, serait nécessaire pour affiner la modélisation simplifiée proposée dans cette présente étude.
    - **Réseau IPTV géré** : la transmission de la TV linéaire par IPTV a été modélisée à partir de la modélisation du réseau fixe, en considérant uniquement la partie box internet sur le réseau, et en négligeant le reste du réseau (signal multicast partagé par un grand nombre d'auditeurs). Une modélisation plus fine des terminaux réseaux spécifiques à la transmission IPTV serait souhaitable. Le réseau fixe a quant à lui été modélisé à partir des résultats d'une étude récente (2024) de l'ADEME sur l'impact environnemental des réseaux fixe et mobile en France
    - **Réseau satellite** : le réseau satellite est utilisé comme mode de réception unique par 6,3% des foyers[136] en 2022. Dans cette étude, par manque de données, les

[136] Arcom (2023) – Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine 2022

usages dépendants de ce mode de réception ont été évalués à partir de la modélisation des usages de la TV via le réseau TNT, par extrapolation. Une étude plus poussée sur la modélisation spécifique du réseau satellite, notamment dans le contexte du déploiement de plusieurs nouveaux réseaux de satellites pour accéder à internet, en lien avec les différents opérateurs de la chaine de valeur pour la collecte des données, serait nécessaire pour compléter cette étude.

  - **Boîtiers OTT :** les boîtiers OTT sont utilisés par 30% des foyers équipés en téléviseurs connectés[169]. Par manque de données, ils ont été modélisés à partir des décodeurs TV.
  - **Postes radio** : les radio-réveils et les stations d'accueil ont été considérés comme équivalents aux transistors, par manque de données.
  - **Centres de données :** les données Deezer (streaming audio) ont majoritairement été extrapolées à tous les usages concernant les centres de données origine, par manque de données et en dépit du fait que les sollicitations serveurs sont probablement très différente entre les usages. La part des centres de données sollicités à l'étranger par les usages audiovisuels n'a pas pu être estimée de manière fiable. De plus, la sollicitation des centres de données pour les recommandations et le traitement des données utilisateurs n'est pas entièrement modélisée dans cette étude, par manque de données. Une collecte de données spécifique concernant les sollicitations serveurs selon les différents services audiovisuels, et selon les fonctions (hébergement et transmission du contenu, traitement des données utilisateurs, affichage du catalogue) est nécessaire sur ce point.

- **Incertitudes sur certaines données d'usage**
  - **Conversion en heure.équipement :** les DEI représentent des heures d'usage par individu, et ont été converties pour représenter des heures d'utilisation des terminaux, en prenant en compte la mutualisation de certains terminaux. Plusieurs hypothèses ont dû être fixées pour faire cette conversion, par manque de données sur la mutualisation des terminaux.
- **Représentativité temporelle des évaluations environnementales de l'audiovisuel et du numérique** : obsolescence rapide des données utilisées, due à l'évolution rapide des technologies et des usages de l'audiovisuel et du numérique. Une mise à jour régulière de cette étude pour prendre en compte les évolutions récentes des technologies et des usages permettrait de pallier cela.
- **Non linéarité des impacts, approche attributionnelle et non conséquentielle**
  - **Réseau broadcast** : l'impact des réseaux broadcast dépend principalement du niveau de déploiement du réseau (taux de couverture) et non du nombre d'auditeurs. Ainsi, une augmentation du nombre d'utilisateurs n'augmentera pas linéairement les impacts individuels, ce qui n'est pas reflété par la modélisation de cette étude (approche attributionnelle d'allocation par heure d'utilisation du réseau).
  - **Allocation réseau fixe et mobile :** la modélisation des réseaux fixe et mobile repose sur une décomposition des éléments du réseau entre une partie dépendante du débit et une partie indépendante. La partie indépendante est allouée par heure d'utilisation du réseau. Là aussi, cette allocation possède des limites et ne retranscrit pas directement la réalité. Les paramètres d'allocation ont fait l'objet d'une analyse de sensibilité.
  - **Terminaux utilisateurs** : Les terminaux utilisateurs sont souvent multi-usages (smartphone, ordinateur, etc.), une allocation par heure d'usage de la fabrication des terminaux est donc utilisée dans cette étude. A nouveau, cette allocation possède des limites et ne retranscrit pas directement la réalité.

- **Effet rebond** : L'utilisation de l'approche attributionnelle dans cette étude ne permet pas la prise en compte de potentiels effets rebonds, tels que l'augmentation des usages des réseaux suite à l'augmentation des bandes passantes (déploiement de la 5G sur le réseau mobile, ou de la fibre sur le réseau fixe), ou le remplacement prématuré des terminaux dû à l'apparition de nouveaux usages (TV UHD par exemple). Des travaux pourraient être menés pour approfondir la réflexion sur l'évaluation environnementale des services audiovisuels et numériques avec une approche conséquentielle, ce qui permettrait de mieux appréhender ce type de phénomène. L'analyse prospective présentée dans cette étude répond en partie à cette limite, par le fait qu'elle étudie l'évolution des usages et des technologies attendues

Le Comité d'experts de la mesure de l'impact environnemental, dont le secrétariat est assuré par l'ADEME et l'Arcep, mène actuellement des travaux sur l'évaluation environnementale de la politique spectrale. Ces travaux viseront à outiller sur le plan méthodologique les décideurs publics à ce sujet.

9

Analyse prospective à horizon 2030

9 ANALYSE PROSPECTIVE A HORIZON 2030

9.1 Objectifs et méthode de l'analyse prospective

9.1.1 Objectifs

Cette analyse prospective a pour objet d'étudier les évolutions potentielles des usages et des technologies de l'audiovisuel à horizon 2030, et d'évaluer l'évolution des impacts environnementaux associés, à l'échelle France, par rapport à l'année 2022 (évaluée précédemment dans cette étude), afin d'éclairer le débat public.

L'analyse prospective n'a pas vocation à donner des prédictions, mais plutôt à décrire un champ des possibles de l'évolution du système étudié, selon différents paramètres, afin d'anticiper ce qui pourrait arriver, et sous quelles conditions. L'analyse est effectuée à un horizon temporel de moyen-terme : 2030, ainsi l'aboutissement à ces champs des possibles reste incertain, du fait du grand nombre de paramètres étudiés et de leur variabilité durant cette période de temps. Le système étudié (les terminaux, réseaux et centres de données sollicités par les usages audiovisuels) à grande échelle (France hexagonale), a un large périmètre et son évolution est fortement dépendante du contexte socio-économique.

L'analyse prospective appliquée ici consiste à établir un scénario d'évolution tendancielle, à partir des tendances des dernières années observées sur les usages audiovisuels et des évolutions technologiques attendues, et de proposer des variations d'inflexion autour de ce scénario tendanciel.

Plus précisément, les objectifs de cette analyse sont les suivants :

- **construction d'un scénario tendanciel** d'évolution à horizon 2030 des usages et technologies de l'audiovisuel étudiés précédemment pour l'année 2022 ;
- **définition de deux scénarios prospectifs de variation du tendanciel**, un basé uniquement sur des **mesures d'écoconception** (efficacité énergétique, optimisation, reconditionnement, etc.), et un autre auquel vient s'ajouter des **mesures de sobriété**[137] ;
- **évaluation des impacts environnementaux** des scénarios, selon la même méthodologie appliquée sur les usages et technologies de l'audiovisuel en 2022 ;
- **analyse et interprétation** des résultats d'impacts environnementaux, afin d'en déduire des recommandations quant à la marche à suivre pour la transition environnementale de l'audiovisuel.

9.1.2 Périmètre

Le périmètre temporel de l'analyse est **l'année 2030**. Le périmètre géographique et le périmètre technologique sont les mêmes que ceux de l'évaluation sur l'année 2022, présentés en partie *2.2 Périmètre de l'étude*. Cependant, il convient de noter que les usages et technologies de l'audiovisuel peuvent connaître, d'ici à 2030, des innovations importantes, introduisant de nouveaux usages ou de nouvelles technologies. Le modèle construit pour l'analyse sur l'année 2022 ne peut prendre en compte ces éléments aujourd'hui inexistants pour l'évaluation à horizon 2030.

Pour rappel, les usages audiovisuels sont définis dans cette étude comme les différents modes de consommation de contenus audio ou vidéo par des particuliers. Ces usages font appel à des

[137] Ces scénarios sont construits de manière similaire aux scénarios 2030 de l'étude ADEME & Arcep (2022). Evaluation environnementale du numérique en France—3/3 Analyse prospective

technologies et des services appartenant au secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC), ainsi qu'au secteur des médias et divertissement (E&M).

Les usages suivants sont exclus de l'étude :

- les usages numériques non associés à de la vidéo ou de l'audio, tels que les pages web, les applications et outils de messagerie, les autres usages des réseaux sociaux, etc ;
- les usages audiovisuels hors connexion via des supports matériels indépendants des réseaux (CD, DVD, jeux vidéo, clés USB, etc.) ;
- les usages de télécommunication audio et vidéo entre consommateurs, tels que les échanges téléphoniques et la visioconférence.

Les usages audio retenus dans cette étude sont distingués de la façon suivante :

1. **Radio hertzienne :** écoute de la radio via les réseaux FM et DAB+.
2. **Radio en ligne** : écoute de la radio via internet, en direct ou en replay (podcasts radio).
3. **Streaming audio et podcasts** : écoute de contenus audio de type musique ou podcasts (dits « natifs ») sur une plateforme de streaming via internet.

Les usages vidéo retenus dans cette étude sont distingués de la façon suivante :

4. **TV linéaire :** visionnage de programmes TV en direct, par les différents modes de réception TV (IPTV géré, TNT, satellite, OTT).
5. **TV de rattrapage (TVR) :** visionnage de programmes TV en replay, via internet (OTT).
6. **Vidéo à la demande (VàD)** : visionnage de contenus vidéo en streaming via internet (OTT) correspondant aux services de VàDA, de VàD à l'acte et de VàD gratuit.
7. **Plateformes de partage de vidéos[138] :** visionnage de contenus vidéo via internet (OTT) sur une plateforme de partage de vidéos (exemple : YouTube ou Dailymotion).

Enfin, la publicité ne rentre pas en tant qu'usage dans le périmètre de cette étude, mais est incluse dans l'évaluation environnementale des usages audiovisuels lorsqu'elle est incorporée au service. Les temps de publicité sont pris en compte dans le périmètre de l'analyse via les durées d'écoute individuelle (DEI), utilisées pour quantifier le volume d'usage, qui incluent directement ces temps.

L'étude couvre l'ensemble des éléments mobilisés dans les usages audiovisuels retenus dans le périmètre, en s'inspirant de la norme ITU-T L.1450 définissant une méthodologie pour la quantification de l'impact environnemental du secteur de l'information et de la communication (TIC), bien que certains éléments appartiennent au secteur du divertissement et des médias (E&M).

Les technologies peuvent être regroupées parmi les catégories suivantes :

- Les terminaux fixes et mobiles présents en France tels que les téléviseurs, ordinateurs, smartphones, postes radio, autoradios, objets connectés (enceintes à commande vocale, etc.) ;
- Les réseaux déployés, tels que les réseaux internet fixes et mobiles, les réseaux radio (FM et DAB+) et TV (TNT, IPTV géré et satellite) ;
- Les centres informatiques tels que définis par les normes ISO 30134 et EN 50 600 et ce qu'ils contiennent, en France et hors de France (notamment les terminaux informatiques tels que les serveurs, les équipements réseaux et baies de stockage).

Pour chacun de ces éléments, l'ensemble des étapes du cycle de vie (production, distribution, utilisation et fin de vie) sont incluses dans l'évaluation environnementale.

[138] L'usage des plateformes de partages vidéo (PPV) prend en compte la musique vidéo. La musique vidéo qui est un usage audio est dans cette étude comptabilisé dans les usages vidéo via l'usage des PPV et non représenté dans les usages audio pour éviter un double comptage.

Ce périmètre technologique est conforme avec l'objectif de cette étude (cf. partie *1.2 Objectifs*) de mesurer l'impact environnemental des usages audiovisuels en tenant compte de la fabrication, de l'utilisation et de la fin de vie des terminaux ainsi que de l'exploitation des réseaux et des centres de données nécessaires à ces usages. Les activités liées à la production des contenus audiovisuels (tournage, production, etc.) ainsi que la partie logicielle[139] ne sont donc pas couvertes par cette étude. Cette partie, pour la musique uniquement et sur l'année 2022, est notamment couverte dans une étude publiée par le CNM. Les pratiques écologiques et l'éco-production des contenus audiovisuels (principalement cinématographique) ont également été étudié par le CNC[140].

9.1.3 Présentation des scénarios

Conformément aux objectifs de l'analyse prospective définis partie 9.1.1, trois scénarios ont été définis pour cette analyse à horizon 2030 :

- **Tendanciel 2030** : scénario tendanciel, construit à partir des tendances observées ces dernières années et des changements attendus dans les usages et technologies de l'audiovisuel d'ici 2030 ;
- **Ecoconception 2030** : scénario construit à partir du scénario tendanciel en y intégrant des mesures d'écoconception permettant de réduire la consommation d'énergie et de ressources des terminaux et infrastructures ;
- **Sobriété 2030** : scénario construit à partir du scénario Ecoconception 2030, en y intégrant, en plus des mesures d'écoconception, des mesures de sobriété sur les usages et les modes de consommation audiovisuelle.

Ces scénarios sont inspirés de ceux de l'analyse prospective sur le numérique, présenté dans l'étude ADEME-Arcep 2022[141]. Il est important de noter que les deux scénarios prospectifs ne sont pas présentés comme deux alternatives distinctes, mais plutôt comme une continuité et un approfondissement, le scénario Sobriété 2030 venant ajouter des mesures complémentaires à celle du scénario Ecoconception 2030. Cette approche a été retenue afin de montrer l'intérêt des mesures d'écoconception seules, ainsi que l'impact des mesures de sobriété lorsqu'elles sont mises en œuvre conjointement.

Les scénarios Tendanciel 2030, Ecoconception 2030 et Sobriété 2030 sont décrits plus précisément dans les tableaux suivants :

Nom du scénario	**Tendanciel 2030**
Principes généraux	Ce scénario est construit par extrapolation à partir des tendances observées ces dernières années, tout en prenant en compte les évolutions, techniques ou en termes d'usages, qui sont prévues à horizon 2030.
Hypothèses générales	**Usages** - extrapolation des DEI (durée d'écoute individuelle) des différents usages à partir des tendances observées sur les dernières années dans les

[139] Impacts liés aux ressources humaines tels que le transport, le chauffage ou la nourriture, mais aussi l'influence du code sur la consommation de ressources matérielles et énergétiques

[140] *https://www.cnc.fr/professionnels/etudes-et-rapports/etudes-prospectives/les-pratiques-ecologiques-des-secteurs-cinematographique-et-audiovisuel_1907780*

[141] Evaluation environnementale du numérique en France – 3/3 Analyse prospective à 2030 et 2050, *ADEME et Arcep,* 2022

	données de Médiamétrie (méthode par Taux de croissance et Taux de croissance annuel moyen[142]). **Tier 1 – Terminaux utilisateurs** - l'extrapolation du nombre d'heures d'usages des terminaux par rapport aux DEI, induit une diminution du parc total de TV (l'augmentation du nombre de Smart TV ne comble pas la réduction du nombre de TV classique). En revanche le parc des écrans internet (smartphone, ordinateur, tablette) connait une croissance. - une augmentation de la taille des téléviseurs, couplée avec une proportion plus importante de technologie OLED, et de Smart TV. **Tier 2 – Réseaux** - une augmentation relative de l'utilisation du réseau mobile par rapport au réseau fixe ; - des gains modérés d'efficacité énergétique et une augmentation importante du nombre d'émetteurs sur le réseau mobile ; - une augmentation de la qualité, et donc du débit des contenus audiovisuels. **Tier 3 – Centres des données** - un transfert total des centres de données origine français hébergés en propre vers des solutions cloud ; - une augmentation de la densité de baie pour les serveurs et une réduction du PUE[143] ; - une réduction de la consommation énergétique des CDN et de l'intensité en serveur par Go transmis ; - une augmentation des catalogues et des volumes d'écoutes.

Nom du scénario	**Ecoconception 2030**
Principes généraux	Ce scénario met en œuvre des pratiques d'éco-conception sans pour autant modifier les prévisions sur l'évolution des différents volumes d'usage. Cela se traduit notamment par une capacité à proposer des terminaux présentant dans leur phase de production et d'utilisation un impact environnemental moindre que les orientations identifiées dans un scénario tendanciel.
Hypothèses générales	**Usages** - les durées d'usage sont identiques au scénario Tendanciel 2030. **Tier 1 – Terminaux utilisateurs**

[142] Taux de Croissance Annuel Moyen : mesure qui indique la croissance moyenne d'une variable sur une période donnée, utilisé pour analyser les évolutions à moyen et long terme.
Taux de croissance : mesure l'évolution d'une période à l'autre
[143] Power Usage Effectiveness : indicateur de l'efficacité énergétique des centres de données. Il se calcule en divisant la consommation totale d'énergie du centre de données par l'énergie utilisée par les équipements informatiques. Un PUE plus proche de 1 indique une meilleure efficacité énergétique.

	- les évolutions des parcs de terminaux sont identiques au scénario tendanciel. - une substitution vers des terminaux moins consommateurs en énergie : une hypothèse de réduction forte des consommations d'énergie est effectivement évaluée à travers une division par deux de la consommation pour ces terminaux numériques ; - un allongement de la durée de vie des terminaux de l'ordre de deux ans. **Tier 2 – Réseaux** - une augmentation relative de l'utilisation du réseau mobile par rapport au réseau fixe ; - des gains d'efficacité énergétique par rapport au tendanciel, et une augmentation importante du nombre de terminaux et infrastructures réseaux mobiles ; - une augmentation de la qualité, et donc du débit des contenus audiovisuels. **Tier 3 – Centres des données** - un transfert total des centres de données origine français hébergés en propre vers des solutions cloud ; - une augmentation de la densité de baie pour les serveurs et une réduction du PUE ; - une division de la consommation énergétique des CDN et du nombre de CDN nécessaires ; - une augmentation des catalogues et des volumes d'écoutes.

Nom du scénario	**Sobriété 2030**
Principes généraux	Ce scénario met en pratique des mesures de sobriété numérique adoptées par tous les acteurs de la chaîne de valeur de l'audiovisuel. Suite aux observations faites sur l'année 2022, il est crucial d'intervenir sur certaines composantes, notamment les terminaux, qui représentent la majeure partie des impacts environnementaux. Dans le cadre d'une stratégie de sobriété numérique, cela nécessite des comportements adaptés de la part des différents acteurs de la chaîne de valeur, tant du côté des utilisateurs (en termes de quantité et de durée de vie des terminaux) que des fournisseurs de biens et services numériques.
Hypothèses générales	**Usages** - la forte augmentation constatée dans le scénario tendanciel sur les usages de vidéo à la demande et de streaming audio / podcasts est contenue : les durées d'écoute sur ces deux usages stagnent à partir de 2024 jusqu'à 2030. **Tier 1 – Terminaux utilisateurs** - l'extrapolation du nombre d'heures d'usages des terminaux par rapport aux DEI, induit une diminution plus importante que pour le scénario tendanciel du parc total de TV (réduction du nombre de TV classique et de Smart TV). Le parc des écrans internet (smartphone, ordinateur, tablette)

	connait une croissance, mais moins importante que pour le scénario tendanciel. - une substitution par des terminaux moins consommateurs en énergie : une hypothèse de réduction forte des consommations d'énergie est effectivement évaluée à travers une division par deux de la consommation pour ces terminaux numériques ; - un allongement de la durée de vie des terminaux de l'ordre de deux ans. **Tier 2 – Réseaux** - une diminution relative de l'utilisation du réseau mobile par rapport au réseau fixe ; - des gains importants d'efficacité énergétique et une augmentation modérée du nombre d'équipements mobiles ; - une augmentation relative des usages linéaires via des réseaux hertziens (TNT, FM, DAB+) par rapport aux usages via internet ; - une diminution de la qualité, et donc du débit des contenus audiovisuels. **Tier 3 – Centres des données** - un transfert total des centres de données origine français hébergés en propre vers des solutions cloud ; - une augmentation de la densité de baie pour les serveurs et une réduction du PUE ; - une division de la consommation énergétique des CDN et du nombre de CDN nécessaires ; - une augmentation des catalogues.

9.1.4 Méthode

Les usages audiovisuels à horizon 2030 ont été modélisés selon la même approche que l'analyse sur l'année 2022 (telle que décrite partie *4.1 Méthodologie de l'analyse de cycle de vie*) :

- quantification des durées d'usage, en « heure équipement » (correspond à l'usage d'un terminal utilisateur pendant une heure), par usage et par mode de réception ;
- modélisation des systèmes sur les trois tiers technologiques (terminaux, réseaux, centres de données), selon les hypothèses de mix de configuration des terminaux, de consommation électrique unitaire des terminaux, de durées de vie, de consommation de données sur les réseaux, etc. Les mêmes données d'inventaires, issues des bases de données CODDE et Negaoctet ont été utilisées ;
- multiplication des heures d'usage par les impacts unitaires des systèmes.

L'évaluation des impacts environnementaux est également effectuée à l'aide de la **méthode EF3.0** (Environmental Footprint 3.0). Les mêmes indicateurs ont été retenus et sont listés ci-dessous :

- changement climatique (kg CO_2eq.) ;
- particules fines (disease incidence) ;
- acidification (Mol H^+eq.) ;
- épuisement des ressources, minéraux et métaux (kg Sb eq.).
- consommation d'énergie primaire totale (MJ) (indicateur de flux) ;
- consommation d'énergie finale (kWh) (indicateur de flux).

9.2 Hypothèses de modélisation des scénarios

L'analyse prospective de 2030 se fait à l'échelle de la France, ainsi comme pour l'évaluation de 2022 à l'échelle de la France, la quantification des usages audio et vidéo se fait via des données moyennées à l'échelle nationale et à horizon 2030, selon les trois scénarios prospectifs. Les données nécessaires pour l'évaluation environnementale sont détaillées dans la section *6.9.1 Approche pour la quantification des usages à l'échelle France* et peuvent être classées en deux catégories :

- les volumes d'heures annuels d'utilisation de terminaux et de systèmes audiovisuels en France pour chaque usage ;
- des paramètres d'usages moyens définis par le périmètre de cette étude.

Pour rappel, les volumes d'heures d'utilisation des terminaux et de systèmes audiovisuels, ainsi que les paramètres d'usages sont ensuite associés aux impacts environnementaux des technologies de l'audiovisuel, pour obtenir des impacts environnementaux globaux à l'échelle France, sur une année entière.

Les hypothèses de calcul des données d'usage et des paramètres technologiques sont fournies dans les parties suivantes. Le choix des procédés NégaOctet dans le modèle ACV des différentes briques technologiques (détaillé dans les parties inventaire de cycle de vie : *6.2*, *6.3* et *6.4*) ne change pas pour les scénarios prospectifs. Seules les valeurs d'impacts du mix électrique français de 2030 changent (détaillé partie *9.2.2.6 Mix électrique Français de 2030*).

A noter que, comme pour l'étude de 2022, la publicité et les temps de parcours des catalogues sont bien pris en compte dans le périmètre de l'analyse, puisque les DEI incluent directement ces temps. L'impact de la publicité programmatique pour les usages de vidéo à la demande et de visionnage sur plateformes de partage de vidéos est également ajouté (cf. partie *6.9.3.4 Intégration de la publicité programmatique)*.

La partie profilage utilisateur, c'est à dire le traitement des données des utilisateurs afin de personnaliser les pages d'accueil des applications et sites internet n'a pas été prise en compte, en raison d'un manque de données sur le sujet.

9.2.1 Données d'usages à horizon 2030

Les évolutions des usages du scénario tendanciel et du scénario écoconception ont été définies comme identiques dans cette analyse. En effet, le scénario écoconception met en œuvre des pratiques d'écoconception sans pour autant modifier les prévisions sur l'évolution des comportements utilisateurs. Tandis que le scénario sobriété, met en œuvre des pratiques de sobriété audiovisuelle et numérique ce qui implique des changements de comportements.

9.2.1.1 Durée d'écoute par individu

Les données d'usages à l'échelle de la France hexagonale reposent sur des données de durée d'écoute par individu (DEI) quotidienne des médias audiovisuels.

Les évolutions des DEI sont calculées pour les trois scénarios prospectifs, en faisant l'hypothèse que les DEI du scénario écoconception sont identiques aux DEI du scénario tendanciel, puisque l'évolution des usages du scénario écoconception reste semblable à celle du scénario tendanciel.

Evolution des DEI pour les scénarios tendanciel et écoconception :

Les projections des DEI à horizon 2030 pour la vidéo sont calculées à partir des évolutions des DEI entre 2022 et 2023 provenant des études *Global Vidéo 2022* et *2023* de Médiamétrie (l'année 2021, encore très marquée par le contexte sanitaire du COVID19 et donc atypique, n'a pas été prise en

compte dans les calculs). Les DEI sont fournies par usage vidéo et par type de terminal. Les taux de croissance sont calculés entre 2022 et 2023 pour chaque DEI et sont ensuite appliqués aux valeurs postérieures à 2023. Pour veiller à la cohérence de ces projections avec les réalités du secteur, les avis d'experts du secteur, de l'Arcom et de l'Arcep ont également été pris en compte. Les évolutions des DEI des usages vidéo tirées de cette analyse sont présentées dans la figure suivante.

Note : les vidéos sur réseau sociaux sont exclues du périmètre de l'étude, mais sont présentées sur la figure à titre indicatif.

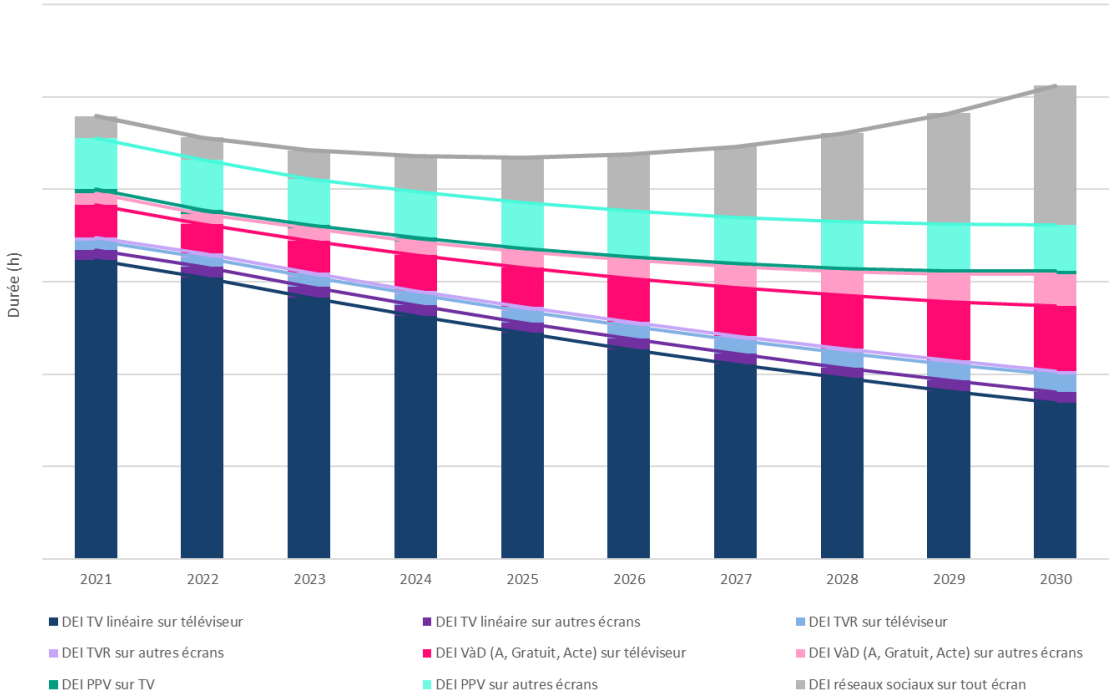


Figure 64 – Projection des DEI des usages vidéo pour les scénarios tendanciel et écoconception (Source : Analyse I Care d'après données Médiamétrie)

Les échelles ont été enlevées des figures pour assurer la confidentialité des données.

La DEI totale vidéo (sans réseaux sociaux) diminue de -16% en 2030 par rapport à 2022 pour les scénarios tendanciel et écoconception. Cette réduction provient de la forte tendance de diminution de l'usage de la TV linéaire, qui détenait une part importante dans le bouquet 2022 et qui n'est pas totalement compensée par l'augmentation des autres usages, notamment la vidéo à la demande.

Les projections des DEI des usages audio sont extrapolées à partir de la DEI de la radio et des répartitions des usages fournis dans les études *Global audio 2019, 2020, 2021, 2022, 2023.* La projection de la DEI de la radio est calculée à partir des taux de croissance annuel moyen (TCAM) entre 2019 et 2023 avec les données des études d'audience de la radio (EAR) nationales de Médiamétrie. La projection des répartitions des usages est également calculée à partir des TCAM de 2019 à 2023. Les évolutions des DEI des usages audio tirée de cette analyse sont présentées dans la figure suivante.

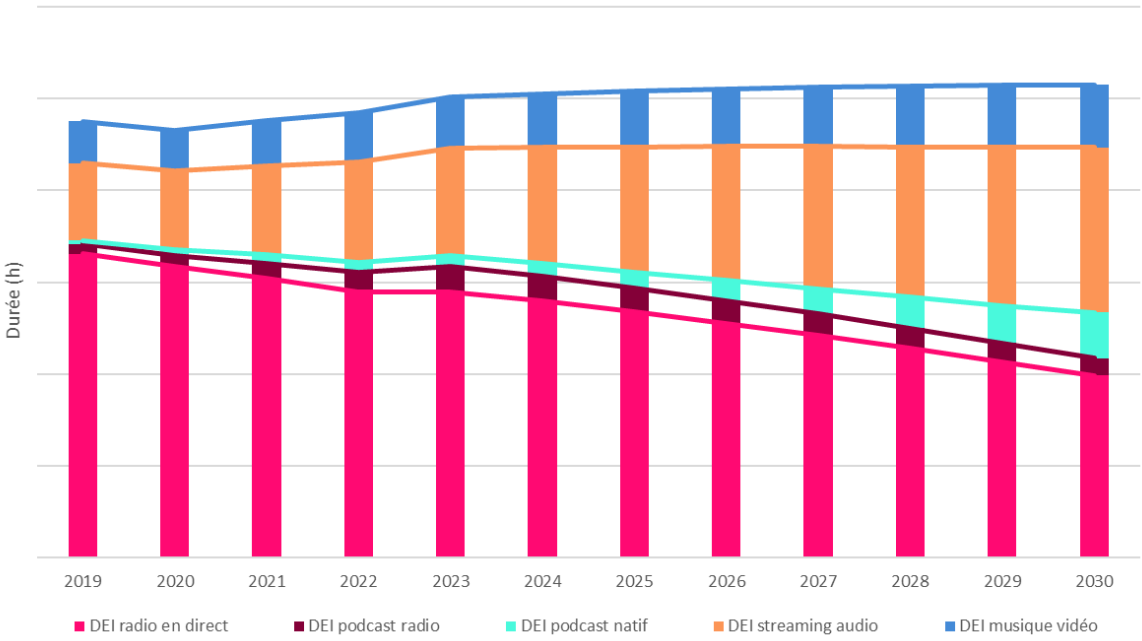


Figure 65 - Projection des DEI des usages audio pour les scénarios tendanciel et écoconception (Source : Analyse I Care d'après données Médiamétrie)

Les échelles ont été enlevées des figures pour assurer la confidentialité des données.

La DEI totale audio augmente de +6% entre 2022 et 2030 pour les scénarios tendanciel et écoconception. Cette augmentation provient de la tendance aux usages des podcasts et du streaming audio, qui compense largement la réduction de l'usage de la radio (en direct et en replay).

Evolution des DEI pour le scénario sobriété 2030 :

Pour le scénario sobriété, la croissance des usages les plus impactants (vidéo à la demande et streaming audio/podcasts) est limitée, tout en maintenant la réduction des usages moins impactants (TV linéaire et radio en direct)[144]. Les projections des DEI prennent en compte une réduction de l'usage de la vidéo à la demande par rapport au scénario tendanciel (stabilisation de la DEI de la VàD à partir de 2024), et reste sur les mêmes variations pour les autres usages, soit une diminution des usages de TV linéaire et TV de rattrapage et une stabilisation des vidéos sur PPV. Les évolutions des DEI des usages vidéo pour le scénario sobriété sont présentées dans la figure suivante.

Note : les vidéos sur réseaux sociaux sont exclues du périmètre de l'étude.

[144] Les choix des tendances du scénario Sobriété à horizon 2030 ont été discutés et validés avec les experts du secteur au sein de l'Arcom, l'Arcep et l'ADEME.

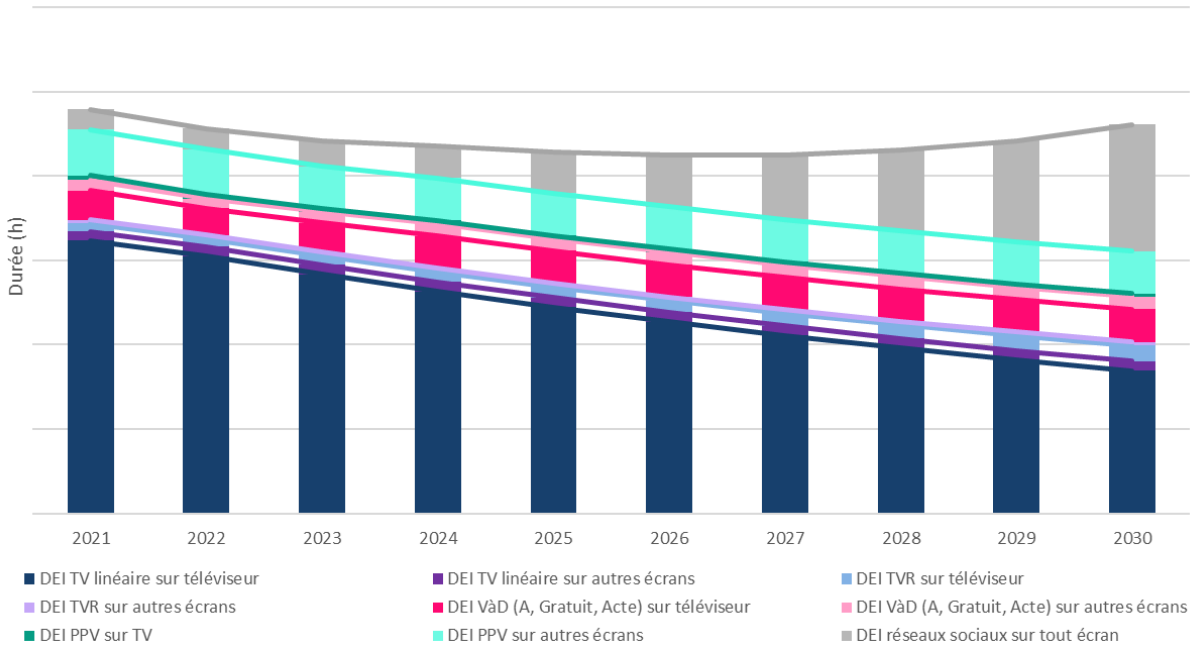


Figure 66 - Projection des DEI des usages vidéo pour le scénario sobriété (Source : Analyse I Care d'après données Médiamétrie)

Les échelles ont été enlevées des figures pour assurer la confidentialité des données.

On observe une diminution de la DEI totale vidéo de -10% (hors réseaux sociaux) par rapport à celle du scénario tendanciel, soit -28% entre 2022 et 2030.

Comme pour la vidéo, les projections des usages audio pour le scénario sobriété prennent en compte une réduction du streaming audio par rapport au scénario tendanciel (stabilisation de la DEI streaming audio à partir de 2024) et reste sur les mêmes fluctuations pour les usages de la radio, des podcasts et de la musique vidéo.

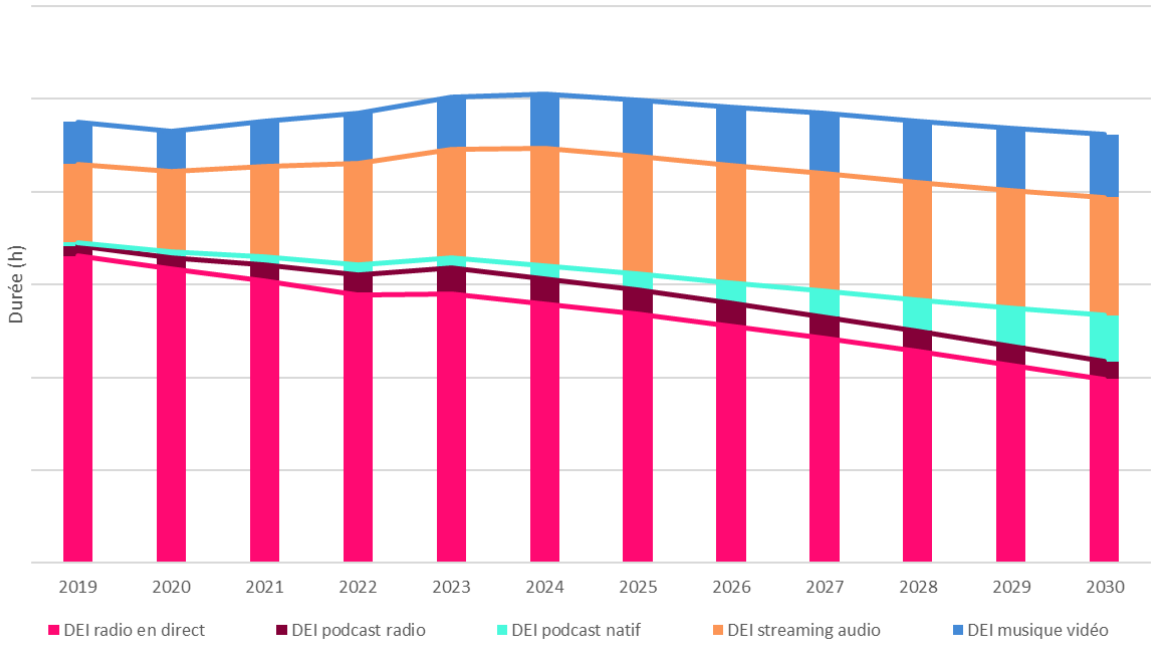


Figure 67 - Projection des DEI des usages audio pour le scénario sobriété (Source : Analyse I Care d'après données Médiamétrie)

Les échelles ont été enlevées des figures pour assurer la confidentialité des données.

On observe également une diminution de la DEI totale audio de -10% par rapport à celle du scénario tendanciel, soit une évolution de -5% entre 2022 et 2030.

Comme pour les données d'usages de 2022, les projections des DEI sont converties en durée d'utilisation des termianux (heure.équipement) grâce à des facteurs de conversion détaillés dans la partie *6.9.2.1 Données Médiamétrie et traitement*. Ces facteurs de conversion, n'évoluent pas entre 2022 et 2030 et sont définis comme identiques pour les trois scénarios prospectifs.

Les DEI converties en nombre d'heure.équipements et multipliées par la population française de 2030, permettent d'obtenir les nombres d'heures d'utilisation des terminaux et technologies utilisées lors des usages audiovisuels en France en 2030. La population française de 2030 est estimée à 68,6 millions d'habitants[145].

9.2.1.2 Mix réseau

La répartition des usages selon les différents réseaux pour les scénarios prospectifs est calculée avec la même méthodologie que pour le scénario de 2022 (cf partie *6.9.2.2 Mix équipements*), seules les données d'entrée changent avec les calculs de projection sur 2030.

Diffusion TV linéaire

La projection à partir des données Médiamétrie donne une répartition à horizon 2030 de 94% en diffusion IPTV géré, TNT, satellite, et de 6% en OTT.

Les données portant sur les parts de foyers recevant la TV selon les différents réseaux (IPTV géré, TNT et satellite), fournies par *l'Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine* (Arcom) sur la période allant de 2017 à 2023[146], ont permis d'obtenir des projections

[145] Insee. https://www.insee.fr/fr/statistiques/2381470#tableau-figure1
[146] *Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine* du S1 et S2 de l'année 2023

à horizon 2030[147]. Après concertation, la part de la réception TNT ayant une tendance à la baisse stricte entre 2023 et 2030 au sein du mix[148], s'est vue modifiée pour passer à 16,5% des foyers équipés TV, au lieu de 12,3% en 2030[149].

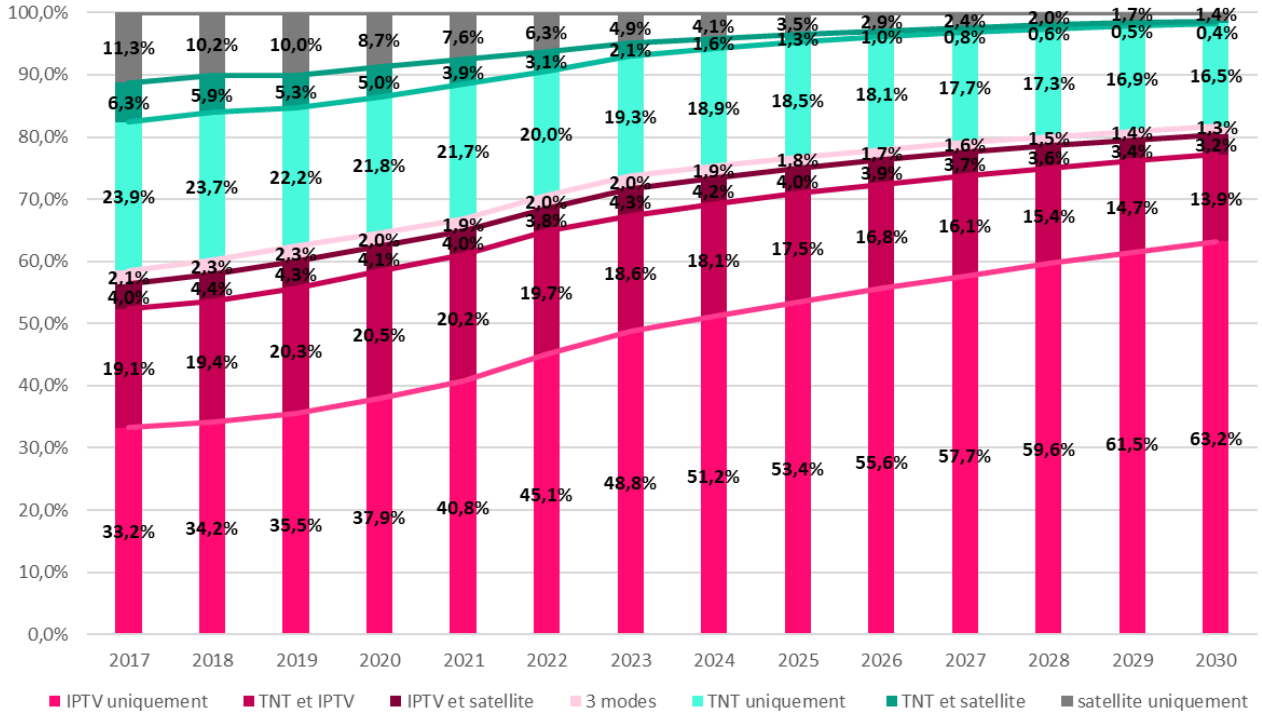


Figure 68 – Projection de la répartition des modes de réception de la TV linéaire à horizon 2030 (Source : Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers pour les données entre 2017 et 2023 révisées pour correspondre à un total de 100% -données Médiamétrie pour Arcom – puis projections faites par I Care à partir de 2024)

Ces projections sont utilisées dans les scénarios tendanciel et écoconception, tandis que pour le scénario sobriété la répartition des modes de réception de la TV linéaire du scénario 2022 est conservée.

Comme pour 2022, au sein de la modélisation des scénarios prospectifs, il est considéré que l'IPTV géré est systématiquement utilisé si le foyer en est équipé (même si équipé TNT ou satellite également) et que la TNT est systématiquement utilisée pour les foyers équipés en TNT et satellite. La répartition pour 2030 a ainsi été calculée :

[147] Les projections ont été faites avec la méthode du TCAM calculé entre 2018 et 2023

[148] La tendance calculée à partir du TCAM donnait une forte diminution entre 2023 et 2030. Pour ajuster cette projection au vu de l'atteinte d'un plafond de réception minimale de la TNT, une diminution plus légère a été appliquée. En effet une part de la population, liée aux profils plus âgés et aux habitants de zones rurales non couverts par la fibre recevant la TV par TNT, devrait rester à moyen terme.

[149] Cette hypothèse a été prise en raison des caractéristiques de ce réseau : gratuit, couvrant l'ensemble du territoire, et principalement utilisé par les foyers composés d'une seule personne, avec une personne de référence âgée de plus de 50 ans, inactive ou CSP-, habitant une petite agglomération. Un profil de foyer plutôt enclin à garder ce mode d'accès à la télévision.

Tableau 89 - Répartition des modes de réception de la TV linéaire par foyer pour les scénarios prospectifs

Réseaux de diffusion en 2030	Scénario tendanciel / écoconception	Scénario sobriété
% réception TV linéaire par TNT	15,9%	21,6%
% réception TV linéaire par IPTV géré	76,6%	66,1%
% réception TV linéaire par satellite	1,3%	6,1%
% réception TV linéaire par OTT	6,2%	6,2%

Répartition réseau fixe/mobile sur smartphone

En suivant la philosophie des trois scénarios prospectifs, des hypothèses différentes ont été prises pour chacun d'eux.

- Pour les scénarios tendanciel et écoconception la part d'utilisation du réseau mobile augmente de +10 points entre 2022 et 2030, amenant la part d'utilisation du réseau mobile sur smartphone à 60% pour les usages vidéo et à 70% pour les usages audio ;
- Pour le scénario sobriété, la philosophie de ce scénario valorise d'avantage le réseau fixe, ainsi une réduction de -10 points entre 2022 et 2030 a été considérée, amenant la part d'utilisation du réseau mobile à 40% pour les usages vidéo et à 50% pour les usages audio.

Diffusion radio

Pour la radio en direct, la répartition entre webradio et radio hertzienne varie selon les trois scénarios prospectifs :

- pour les scénarios tendanciel et écoconception la part de webradio augmente de +5 points, amenant la part de webradio à 10% ;
- pour le scénario sobriété, l'hypothèse de répartition entre webradio et radio hertzienne considérée est identique à celle utilisée pour l'année 2022.

Avec le déploiement du réseau DAB+ en France, la répartition entre ce réseau et le réseau FM est amenée à varier. En supposant que le réseau DAB+ atteindra une couverture identique à celle du réseau FM en 2030, et que le taux d'équipement capable de recevoir le DAB+ sera de 70%, on estime que les audiences radio via DAB+ seront multipliées par huit entre 2022 et 2030. Ainsi, la nouvelle répartition prise en compte est de 40% de DAB+ contre 60% via la FM.

9.2.1.3 Estimation des volumes d'heure d'usages audiovisuels sur une année au total en France des scénarios prospectifs

Les figures suivantes présentent la répartition des usages audiovisuels (distingués entre usages vidéo et audio), ainsi que la répartition des réseaux et terminaux utilisateurs sollicités par ces usages à horizon 2030.

Note : l'usage de « Musique vidéo » est inclus dans les usages audio, cependant il s'agit d'un sous-ensemble de l'usage « Plateformes de partage de vidéos » inclus dans les usages vidéo. Ainsi, dans les

résultats des impacts environnementaux, l'usage « Musique vidéo » n'est pas représenté, dans les usages audio pour éviter un double comptage.

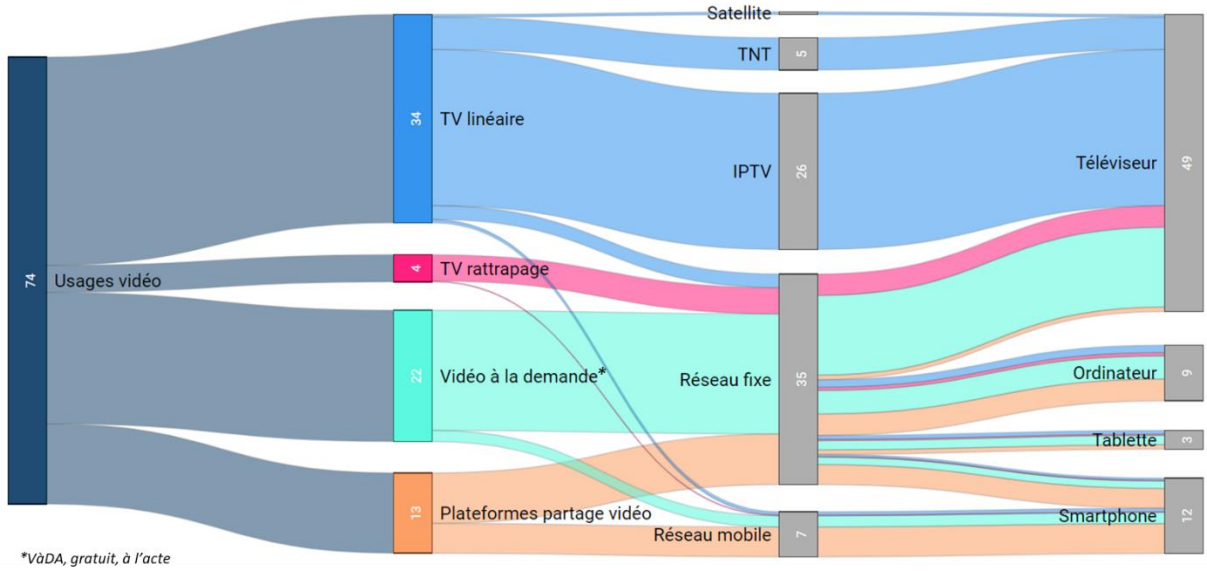


Figure 69 – Diagramme de Sankey du scénarios tendanciel 2030 des usages vidéo (en milliards d'heures.équipement)

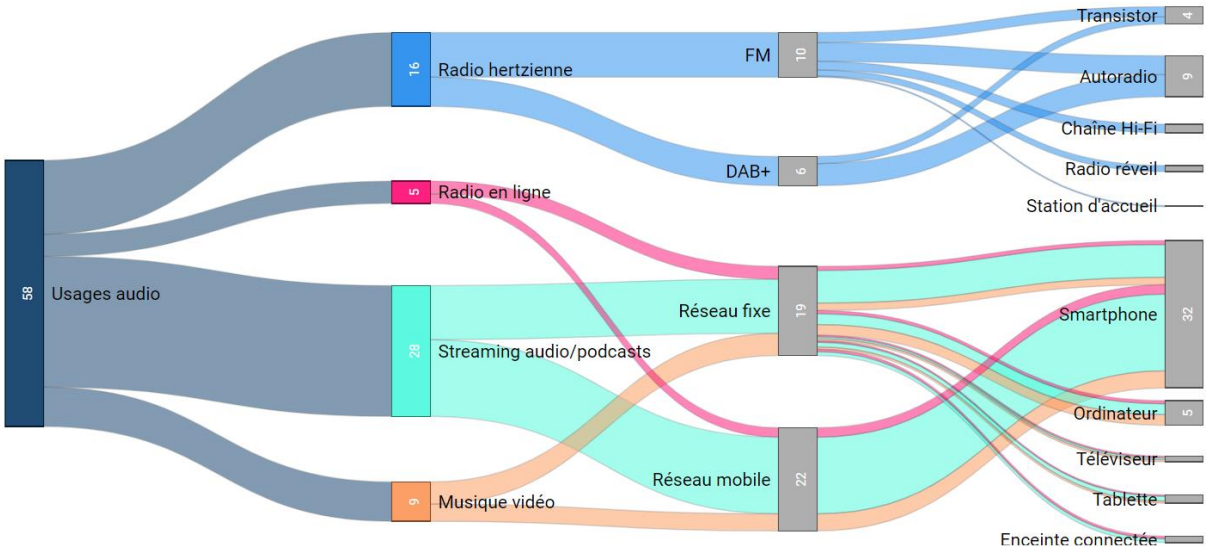


Figure 70 - Diagramme de Sankey du scénario tendanciel 2030 des usages audio (en milliards d'heures.équipement)

Note de lecture des diagrammes de Sankey : les diagrammes présentés ci-dessus représentent les volumes d'heures d'usage annuels en France en 2030 (parmi les usages vidéo puis parmi les usages audio) et la répartition de ces heures d'usage entre les réseaux et terminaux utilisés. La largeur des bandes correspond au volume d'heures à l'échelle France (exprimé en milliard d'heure.équipement). Chaque couleur correspond à un usage défini, et peut ensuite être suivie pour connaitre quels réseaux et quels terminaux sont utilisés. On peut par exemple constater que les 13 milliard d'heures d'usage des

plateformes de partage de vidéos (en orange) ont principalement lieu sur ordinateurs, smartphones et tablettes, via les réseaux fixe et mobile.

Les données des volumes d'heures annuel d'utilisation d'équipements et de systèmes audiovisuels pour chaque usage à l'échelle France sont fournies dans la partie *9.3.1 Présentation des données d'entrées du modèle*. Une comparaison des différences de volume d'heure d'usages entre 2022 et les trois scénarios prospectifs à 2030 est également fournie.

9.2.2 Paramètres du modèle

9.2.2.1 Données terminaux

Les données des terminaux détaillent la répartition des terminaux de chaque catégorie, ainsi que les paramètres technologiques pris en compte comme la durée de vie, la consommation électrique, ou encore l'intensité d'usage.

La plupart des mix équipements sont directement issus des projections des données fournies par Médiamétrie sur les DEI. Cependant, des hypothèses supplémentaires ont dû être posées pour obtenir le mix de certains terminaux. Les hypothèses prises en compte sont décrites dans les paragraphes suivants.

9.2.2.1.1 Paramètres technologiques

Les scénarios prospectifs alternatifs (scénarios écoconception et sobriété) font l'objet d'intégration des pratiques d'écoconception contrairement au scénario tendanciel. Certains paramètres technologiques sont donc différents entre le scénario tendanciel et les deux scénarios alternatifs.

Les pratiques d'écoconception au niveau des terminaux utilisateurs se traduisent par une transition vers des terminaux moins consommateurs en énergie : une hypothèse de réduction forte des consommations d'énergie est effectivement posée (gain d'efficacité énergétique de 50% par rapport à 2022 pour ces terminaux audiovisuels et numériques), ainsi qu'un allongement de la durée de vie des terminaux de l'ordre de deux ans. Ces hypothèses sont reprises de l'analyse prospective de *l'Evaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective* (ADEME/Arcep).

Pour le scénario tendanciel, la durée de vie des terminaux reste stable à horizon 2030, ainsi que la consommation électrique de la plupart des terminaux. Une variation de consommation électrique est prise en compte pour l'ordinateur (gain d'efficacité énergétique de 18% par rapport à 2022), pour la tablette (une baisse d'efficacité énergétique de 23%) et pour la TV. Cependant pour la TV le gain d'efficacité énergétique supposé est compensé par l'augmentation de la taille des écrans TV, ainsi la consommation énergétique au sein de la modélisation reste sable à horizon 2030. Le tableau suivant détaille les hypothèses de durée de vie et de consommation énergétique de chaque terminal, retenues pour les scénarios prospectifs.

Tableau 90 – DDV et consommation électrique des terminaux pour les scénarios prospectifs à horizon 2030

Terminaux	Durée de vie (ans)		Consommation électrique (Wh/h)	
	Scénario tendanciel	***Scénario écoconception / sobriété***	***Scénario tendanciel***	***Scénario écoconception / sobriété***
Ordinateur portable	5	7	7,82	4,77

Smartphone (*pour usage audio*)	2,5	4,5	4,76	2,38
Smartphone (*pour usage vidéo*)	2,5	4,5	0,86	0,43
Tablette	3	5	6,41	2,61
Télévision classique	8	10	130,00	65,00
Smart TV	8	10	139,50	69,75
Décodeur	5	7	4	2,14
Boîtier OTT[150]	5	7	4	2,14
Autoradio	10	12	38,0	19,00
Transistor	5	7	4,8	2,40
Chaîne Hi-Fi	5	7	38,0	19,00
Enceinte connectée	5	7	4,2	2,10
Vidéo projecteur	5	7	200	100,00
Enceinte	8	10	9,3	4,63

L'intensité d'usages des terminaux en 2030 reste stable par rapport à 2022 pour les trois scénarios prospectifs.

9.2.2.1.2 Télévision

Téléviseur classique / Smart TV, décodeurs, boîtiers OTT

Une évolution de la répartition des technologies entre la TV classique et la smart TV a également été prise en compte à horizon 2030 (même mix pour les trois scénarios).

Comme pour le scénario 2022, les données d'usage de Médiamétrie ne permettent pas d'obtenir la différence entre les téléviseurs classiques et les Smart TV, et ne précisent pas si un équipement périphérique (décodeur ou boîtier OTT) est utilisé.

En suivant la même méthodologie que pour le scénario 2022 (cf partie *6.9.2.2 Mix équipements*) les hypothèses sur l'utilisation des terminaux TV pour les scénarios prospectifs ont pu être mises à jour selon les projections réalisées à partir des données issues de *l'Observatoire de l'équipement*

[150] **Boîtier OTT** : équipement permettant de visualiser des programmes audiovisuels en direct ou à la demande selon des méthodes d'accès de type OTT (à savoir l'accès sur l'internet ouvert), parmi ces boîtiers on retrouve le Apple TV ou encore la clé Chromecast. Ces boîtiers peuvent également permettre de « basculer » un flux vidéo lancé sur un appareil mobile vers un téléviseur.

audiovisuel des foyers de France métropolitaine publié par l'Arcom, sur les taux d'équipement des foyers français.

Tableau 91 - Projections à horizon 2030 des taux d'équipement des foyers équipés TV

Taux d'équipement en 2030	Scénario 2022	Scénario tendanciel / écoconception 2030	Scénario sobriété 2030
Taux d'équipement TV connectées sur la base des foyers équipés TV	84%	95%	90%
Taux d'équipement décodeur FAI sur la base des foyers équipés TV connectées	82%	90%	86%
Taux d'équipement Smart TV sur la base des foyers équipés TV connectées	49%	70%	60%
Taux d'équipement boîtier OTT sur la base des foyers équipés TV connectées	30%	30%	30%

Pour les scénarios tendanciel/écoconception, les projections suivent les taux de croissance des équipement recueillis entre 2018 et 2023[151].

Pour le scénario sobriété, par définition les objets connectés sont moins utilisés, ainsi une moyenne a été calculée par rapport aux valeurs des taux d'équipement de 2022 et de ceux calculés pour le scénario tendanciel 2030.

Les parts d'utilisation des décodeurs et boîtiers OTT ont pu être calculées selon les hypothèses suivantes :

- Un décodeur est utilisé dans 86% des cas pour les scénarios tendanciel/écoconception et dans 77% des cas pour le scénario sobriété parmi les usages du téléviseur, d'après les projections des taux d'équipement en décodeurs des foyers équipés en téléviseur ;
- Un décodeur est utilisé dans 100% des cas parmi les usages en IPTV géré (par nature). D'après la répartition des usages IPTV/OTT du téléviseur obtenu avec les projections sur 2030, le décodeur est utilisé dans 92% des usages OTT pour les scénarios tendanciel/écoconception et dans 95% pour le scénario sobriété ;
- Pour la part des usages OTT restante, un boîtier OTT est considéré ;
- Pour les usages TV linéaire via TNT ou satellite, aucun équipement périphérique nécessaire (tuner intégré aux téléviseurs).

La répartition entre les téléviseurs standards et Smart TV est considérée selon les hypothèses suivantes :

- Pour les usages TV linéaire via TNT ou satellite, seules des téléviseurs classiques sont considérées ;
- Pour les usages en IPTV géré et en OTT, une Smart TV est utilisée 70% du temps pour les scénarios tendanciel/écoconception et 60% du temps pour le scénario sobriété, d'après les projections des taux d'équipement en Smart TV des foyers équipés en téléviseur connectés.

[151]ARCOM. *Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine.* Résultats du 2nd semestre 2023 pour la télévision et la radio

Configuration TV classique et TV connectée

La projection sur 2030 de ce mix est prise à partir de l'évolution de la répartition LCD/OLED des données du rapport ADEME-Arcep[152] pour 2022 et des données de l'enquête CONSER EDF R&D [153] pour 2023. La part de TV OLED 2030 atteint 34% du mix (avec une croissance de + 3% par an), contre 66% pour les LCD. La répartition du mix TV de 2030 pour les scénarios tendanciel et éco-conception, précisée dans la figure suivante, a été calculée afin d'obtenir une taille moyenne d'écran TV de 55 pouces.

Pour le scénario sobriété, les utilisateurs se tournent davantage vers des technologies de TV moins impactantes et des tailles d'écran plus petites. Pour prendre en compte cette distinction, une moyenne des répartitions des mix TV entre le scénario 2022 et le scénario tendanciel 2030 a été appliquée. Cette configuration permet d'arriver à une taille d'écran moyenne de 52 pouces.

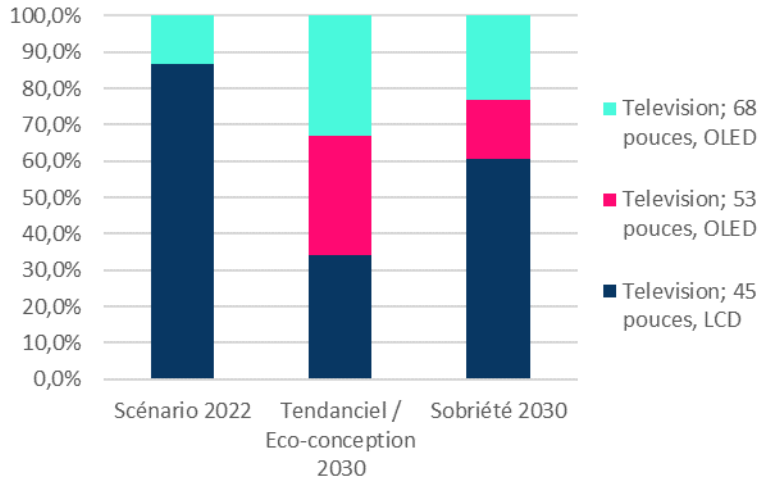


Figure 71 - Répartition du mix de configuration de la TV classique à horizon 2030

Pour la TV connectée, les mêmes évolutions que pour la TV classique ont été prises en compte. Les nouvelles configurations permettent d'atteindre une taille d'écran de 58 pouces pour les scénario tendanciel et éco-conception et de 53 pouces pour le scénario sobriété. Les répartitions des configurations des TV connectées sont fournies dans la figure suivante.

[152] ADEME, Arcep. Evaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective (2022).

[153] ADEME, Thérèse KREITZ, EDF R&D, Guillaume BINET. (2023). L'équipement des ménages français en appareils électrodomestiques

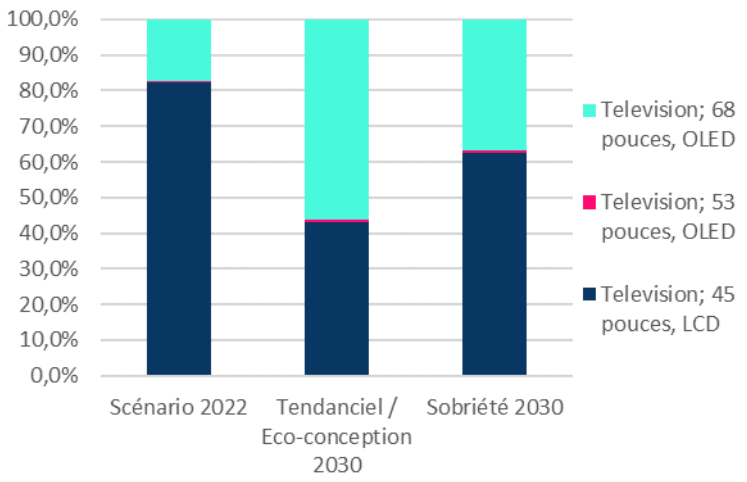


Figure 72 - Répartition du mix de configuration de la TV connectée à horizon 2030

9.2.2.1.3 Smartphone, ordinateur et tablette

Les mix des configurations des smartphones, ordinateurs et tablettes restent identiques aux répartitions de 2022 détaillées parties *6.2.1.1 Inventaire du cycle de vie d'un smartphone*, *6.2.1.2 Inventaire de cycle de vie d'un ordinateur portable* et *6.2.1.3 Inventaire du cycle de vie d'une Tablette.*

9.2.2.1.4 Terminaux audio

Répartition des terminaux audio

Les répartitions de l'utilisation des terminaux audio pour les trois scénarios prospectifs à horizon 2030 restent stables par rapport aux répartitions du scénario de 2022.

Autoradio

Dans le scénario 2022, les usages audio via autoradio étaient considérés uniquement sur des véhicules à motorisation thermique, en négligeant la faible proportion de véhicules électriques dans le parc automobile français. Pour les scénarios prospectifs 2030, cette hypothèse a été révisée en suivant le scénario AME 2023 (Avec Mesures Existantes), de la SNBC2 (Stratégie Nationale Bas-Carbone révisée[154]), pour atteindre à horizon 2030 une part de véhicules électriques de 13,2%, contre 86,8% de véhicules thermiques dans le parc français. Le rendement des batteries électriques est quant à lui considéré stable entre 2022 et 2030 : égal à 70%. Les hypothèses des différents scénarios concernant les véhicules associés aux autoradios sont rassemblées dans le tableau suivant.

Tableau 92 - Données sur les types de véhicules associés aux autoradios en France

Données autoradio – type de véhicule	Scénario 2022	Scénario Tendanciel / Eco-conception / Sobriété 2030
Part des véhicules thermiques dans le parc Français	100,0%	86,8%

[154] Introduite par la Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV), La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique.

Part des véhicules électriques dans le parc Français	0,0%	13,2%
Rendement batterie	70,0%	70,0%

9.2.2.1.5 *Equipements annexes*

L'impact des équipements annexes a été comptabilisé de la même manière, et selon la même répartition pour les scénarios prospectifs 2030 que pour le scénario 2022. Cependant, le nombre d'équipements annexes pris en compte pour les scénarios prospectifs est augmenté proportionnellement à l'augmentation de la population française (+4.3% entre 2022 et 2030).

Les volumes d'unités d'équipements pour les différents scénarios sont rassemblés dans le tableau suivant.

Tableau 93 - Estimation des volumes d'unités cumulés d'équipements annexes en France

Equipements annexes	Scénario 2020 (M d'unités)	Scénario Tendanciel / Eco-conception / Sobriété 2030 (M d'unités)
Ecouteurs filaires	14,1	14,7
Ecouteurs sans fil	14,1	14,7
Casques	42,4	44,2
Enceintes portables	11,9	12,5

9.2.2.2 Débits de données moyens

Les débits de données moyens de chaque usage ont été utilisés pour estimer la quantité de données échangées sur le réseau pour les usages à la demande faisant appel aux réseaux fixe et mobile. Ces débits sont choisis pour être représentatifs des usages en France, c'est-à-dire qu'ils correspondent à une qualité de contenu (SD, HD, UHD ; images par seconde etc.) et un codec utilisé moyen. Ce débit peut différer pour un même usage selon le réseau utilisé.

Scénario tendanciel 2030 :

Les débits utilisés dans le modèle de l'évaluation sur l'année 2022 ont été extrapolés à 2030, dans le scénario tendanciel, en y appliquant plusieurs modifications.

Pour les usages audio, les hypothèses suivantes ont été utilisées :

- pour le streaming audio, parmi les trois qualités audio prises en compte (128 kbps, 320 kbps, FLAC), la part d'écoute en 320 kbps double entre 2022 et 2030, tandis que la part de FLAC reste stable. Le débit moyen passe de 88 Mo/h en 2022 à 103 Mo/h en 2030 ;
- pour la radio en ligne, dont le débit moyen est supposé plus faible que celui du streaming audio (58 Mo/h), le débit moyen en 2030 devient équivalent à celui du streaming audio en 2022 (88 Mo/h).

Pour les usages vidéo, les hypothèses suivantes ont été utilisées :

- pour l'IPTV géré, le débit en 2022 correspond à des contenus HD (5 Mbps). A horizon 2030, l'apparition de plus en plus de contenus en UHD (débit de 16 Mbps[155]) fait augmenter le débit moyen. En supposant, à horizon 2030, un total de 15% de contenus en UHD sur l'année, contre 85% de contenus en HD, le débit moyen passe de 2,25 Go/h à 3 Go/h en 2030 ;
- pour la TV de rattrapage et la TV linéaire en OTT sur réseau fixe, dont le débit moyen est supposé plus faible que celui de l'IPTV géré (1,23 Go/h), le débit moyen en 2030 devient équivalent à celui de l'IPTV géré en 2022 (2,25 Go/h) ;
- pour la VàD sur réseau fixe, le débit en 2022 (2,96 Go/h) correspond à un mix entre des contenus en 4K, HD et SD, d'après l'étude Carbon Trust[156]. En 2030, en supposant que la 4K est utilisée dans 50% des cas et que la SD est totalement remplacée par la HD, le débit de données moyen passe à 5 Go/h. A cela s'ajoute le gain d'efficacité de compression vidéo en lien avec la généralisation des codecs plus performants (précisé ci-dessous) ;
- pour les PPV sur réseau fixe, dont le débit moyen est supposé plus faible que celui de l'IPTV géré (2 Go/h), le débit moyen en 2030 augmente dans les mêmes proportions que celui de la VàD : 3,37 Go/h. A cela s'ajoute le gain d'efficacité de compression vidéo en lien avec la généralisation des codecs plus performants (précisé ci-dessous) ;
- pour la VàD sur réseau mobile, le débit en 2022 (0,38 Go/h) correspond à un mix entre trois réglages du smartphone sur le débit : « save data », « auto », ou « max », d'après l'étude Carbon Trust[157]. En 2030, en supposant que le réglage « max » est utilisé dans 50% des cas et que le réglage « save data » n'est plus utilisé, le débit de données moyen passe à 1,63 Go/h. A cela s'ajoute le gain d'efficacité de compression vidéo en lien avec la généralisation des codecs plus performants (précisé ci-dessous) ;
- le reste des usages vidéo sur réseau mobile est supposé équivalent à la VàD sur réseau mobile, en 2022 et en 2030.

Hypothèses sur le gain d'efficacité de compression vidéo en lien avec la généralisation des codecs plus performants sur réseau internet :

- l'efficacité des codecs de compression développés depuis plusieurs années a été largement amélioré génération après génération. Cela permet des gains importants sur le débit de données d'un contenu vidéo, à qualité constante. Cependant, les codecs les plus récents ne sont pas instantanément généralisés sur tous les terminaux, cela peut prendre de nombreuses années. Plusieurs codecs de différentes générations coexistent actuellement, notamment (par ordre d'apparition) H264, VP9, HEVC, et AV1 (cf. annexe *ANNEXE D - Description des principaux codecs vidéo*) ;
- parmi ces quatre codecs, H264 est réputé comme le codec le plus couramment utilisé[158]. Il s'agit du codec le moins performant : le débit de données typique pour un contenu en HD est de 8 Mbps, contre des débits typiques de 4 Mbps, 4 Mbps, et 2 Mbps pour les codecs VP9, HEVC, et AV1, respectivement[159] ;
- à horizon 2030, il est supposé que les codecs HEVC et AV1 se généralisent et deviennent à eux deux majoritaires devant H264. Avec une telle évolution, le gain attendu sur les débits moyens des contenus vidéo (à qualité équivalente) est supposée de -25% ;

[155] Guennebaud et al (2023) - Assessing VoD pressure on network power consumption
[156] Carbon Trust. (2021). *Carbon impact of video streaming*.
[157] Carbon Trust. (2021). *Carbon impact of video streaming*.
[158] Référentiel général d'écoconception des services numériques, Arcep 2024
[159] Karwowski, D., Grajek, T., Klimaszewski, K., Stankiewicz, O., Stankowski, J., Wegner, K. (2017). 20 Years of Progress in Video Compression – from MPEG-1 to MPEG-H HEVC. General View on the Path of Video Coding Development. In: Choraś, R. (eds) Image Processing and Communications Challenges 8. IP&C 2016. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 525. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47274-4_1

- ce gain de -25% est appliqué aux débits obtenus pour l'année 2030 (présentés ci-dessus) sur la VàD et les PPV sur réseau fixe et mobile.

Scénario Ecoconception et Sobriété 2030

Les débits de données pour le scénario Ecoconception 2030 sont supposés identiques aux débits du scénario Tendanciel 2030.

Pour le scénario Sobriété 2030, les hypothèses suivantes ont été appliquées :

- pour tous les usages en OTT sur réseau fixe, le mix de qualité vidéo est supposé constant par rapport à l'année 2022. A cela s'ajoute le gain d'efficacité de compression vidéo en lien avec la généralisation des codecs plus performants (précisé ci-dessus) ;
- pour les usages en OTT sur réseau mobile, le mix de qualité vidéo est supposé plus faible que sur l'année 2022, en lien avec les recommandations en matière de sobriété numérique, formulées auprès du grand public par l'Arcom, l'Arcep et l'ADEME. Le débit moyen (hors gain de compression vidéo) passe de 0,38 Go/h en 2022 à 0,19 Go/h en 2030 (contre 1,63 Go/h dans le scénario tendanciel). A cela s'ajoute le gain d'efficacité de compression vidéo en lien avec la généralisation des codecs plus performants (précisé ci-dessus).

Au total, les débits moyens utilisés pour les scénarios prospectifs sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 94 - Débits de données moyens selon les usages pour l'ensemble des scénarios

Débits moyen des usages (Go/h)	Scénario 2022	Tendanciel 2030	Eco-conception 2030	Sobriété 2030
TV linéaire (IPTV géré)	2,25	3,00	3,00	1,69
TV linéaire (OTT réseau fixe)	1,23	2,25	2,25	0,92
TV linéaire (OTT réseau mobile)	0,38	1,22	1,22	0,14
TV rattrapage - réseau fixe	1,23	2,25	2,25	0,92
TV rattrapage - réseau mobile	0,38	1,22	1,22	0,14
Vidéo à la demande - réseau fixe	2,96	3,75	3,75	2,22
Vidéo à la demande - réseau mobile	0,38	1,22	1,22	0,14
Plateformes partage vidéo - réseau fixe	2	2,53	2,53	1,50
Plateformes partage vidéo - réseau mobile	0,38	1,22	1,22	0,14
Radio hertzienne	*non applicable*			
Radio en ligne	0,058	0,09	0,09	0,06
Streaming audio/podcasts	0,088	0,10	0,10	0,09

9.2.2.3 Données réseaux

9.2.2.3.1 Réseaux internet fixe et mobile

Pour les réseaux internet fixe et mobile, l'approche de modélisation est la même que pour l'année 2022 (cf. partie *6.3.1 Modèle environnementale pour les réseaux fixe & mobile*) et repose sur une fonction affine des impacts environnementaux, d'après les résultats de l'étude ADEME sur l'impact de la fourniture d'accès à internet[160]. Pour rappel, le modèle fonctionne de la manière suivante :

- les impacts totaux des réseaux fixe et mobile sont décomposés en deux parties : composante *a*, supposée linéaire avec le trafic de données (Go) et composante *b*, indépendante du trafic ;
- la composante *a* est divisée par le trafic de données total : respectivement 11,2 Eo/an et 68,0 Eo/an pour le réseau mobile et le réseau fixe, pour obtenir la composante *a* exprimée par Go ;
- la composante *b* est divisée par le nombre d'abonnés sur le réseau : respectivement 79,1 millions et 29,6 millions pour le réseau fixe et mobile, pour obtenir la composante *b* exprimée par abonné et par an ;
- la composante *b* exprimée par abonné/an est ensuite divisée par l'intensité d'usage du réseau par les utilisateurs, respectivement 712 h et 3564 h pour le réseau mobile et le réseau fixe (en prenant en compte le nombre d'utilisateurs par foyer), pour obtenir la composante *b* exprimée par heure d'usage du réseau.

Cependant, ce modèle d'impact environnemental a été extrapolé à 2030 en appliquant plusieurs modifications, présentées ci-dessous.

Tableau 95 – Comparaison des données de modélisation du réseau fixe entre 2022 et 2030

Données – réseau fixe	Scénario 2022	Scénarios 2030	Source / Commentaires
Nombre d'abonnés	29 686 106	32 077 262	Linéaire avec l'augmentation de la population d'après l'INSEE
Intensité d'usage (heure/an)	3 564	3 433	Prise en compte de la réduction du nombre de personnes par foyer (INSEE)
Consommation de données totale (Eo/an)	68,0	380,1	ADEME-Arcep 2022
Consommation d'énergie totale – hors box abonnés* (GWh/an)	904	904	Supposé constante (pas d'augmentation du nombre d'antennes dans ADEME-Arcep 2022)

[160] Evaluation de l'empreinte environnementale de la fourniture d'accès à internet en France, ADEME 2024

Consommation d'énergie des box* (GWh/an)	2919	3153	Linéaire avec le nombre d'abonnés

Tableau 96 - Comparaison des données de modélisation du réseau mobile entre 2022 et 2030

Données – réseau mobile	Scénario 2022	Scénarios 2030	Source / Commentaires
Nombre d'abonnés	79 148 878	82 552 280	Linéaire avec l'augmentation de la population d'après l'INSEE
Intensité d'usage (heure/an)	712	712	Pas de modification
Consommation de données totale (Eo/an)	11,2	145,1	ADEME-Arcep 2022
Consommation d'énergie totale (GWh/an)*	2878	4086	Augmentation de 42%, conformément à l'augmentation du nombre d'antennes d'après ADEME-Arcep 2022

**Note : la consommation d'énergie est modifiée dans les scénarios Ecoconception et Sobriété 2030, en lien avec des mesures d'efficacité énergétique.*

9.2.2.3.2 Réseaux broadcasts

Pour les réseaux TNT et FM, des gains d'efficacité énergétique sont considérés : 31% pour le scénario tendanciel, 54% pour le scénario écoconception et 66% pour le scénario sobriété[161]. L'infrastructure de ces réseaux reste identique entre 2022 et 2030 dans tous les scénarios, car ils offrent déjà une couverture importante sur la France et ne nécessitent pas plus de terminaux. Par ailleurs, le besoin en infrastructure de ces réseaux broadcasts ne dépend pas du volume d'usage, les réseaux sont identiques quelles que soient les audiences.

Le réseau DAB+ est encore en cours de déploiement. En 2030, il devrait fournir une couverture équivalente à celle du réseau FM. Le nombre d'émetteurs en service en 2030 est une donnée à la disposition de l'Arcom, tout comme la consommation unitaire moyenne des émetteurs DAB+ qui augmente légèrement d'ici à 2030.

[161] ADEME & Arcep. (2022). Evaluation environnementale du numérique en France—3/3 Analyse prospective

9.2.2.4 Centres de données

La distinction des types de centres de données : CDN, centres de données « origine » classiques et cloud, utilisés pour les services audiovisuels en France est donnée dans la partie *6.9.3.3 Centres de données à l'étranger.*

A horizon 2030 (pour les trois scénarios prospectifs) la part du cloud au sein des centres de données « origine » augmente nettement pour atteindre 100% (contre 75% en 2022), conformément aux hypothèses plus générales sur les centres de données du numérique de l'étude ADEME-Arcep 2022.

La part des centres de données cloud situés à l'étranger en 2030 reste stable par rapport à 2022. Pour rappel, d'après les données de l'étude ADEME-Arcep 2022, il est estimé qu'au moins 70% du cloud est hébergé à l'étranger, car la surface de cloud disponible en France permet de couvrir seulement 30% des besoins français.

Des évolutions au niveau de l'infrastructure et de l'efficacité énergétique des serveurs sont prises en compte :

- d'après l'analyse prospective de l'étude ADEME-Arcep 2022, la densité de baie devrait augmenter de +18%. Ce gain est traduit dans la modélisation par une diminution de -15% du ratio d'infrastructure par serveur ;
- la consommation énergétique des CDN par Go est divisée par 10 selon les tendances observées sur les données d'Akamai[162], notamment dû à l'optimisation des infrastructures et un gain d'efficacité énergétique. En prenant l'hypothèse d'un gain d'efficacité de 50% en 2030 (division de la consommation par 2), l'optimisation des infrastructures se traduit par une division par 5 du nombre de serveurs CDN par Go transmis ;
- une augmentation de l'efficacité des serveurs des centres de données « origine » est prise en compte, avec un gain de 15% sur le PUE.

Il est à noter que plusieurs autres tendances jouent sur les paramètres technologiques des centres de données « origine » et ce dans différentes directions :

- l'augmentation des catalogues de titres pour la musique ou encore la VàD, devrait faire augmenter le nombre d'infrastructures, ainsi que la consommation énergétique des centres de données ;
- l'augmentation du nombre d'écoutes , devrait faire baisser les impacts par heure d'écoute.

Cependant par manque de données (pour calculer des proportions réalistes), il est supposé que les deux dernières hypothèses se compensent.

Le tableau suivant rend compte des hypothèses des serveurs prises en compte pour la prospective à horizon 2030.

Tableau 97 – Données pour les centres de données à horizon 2030

Paramètres	Unité	Scénario 2022	Scénarios 2030
Ratio d'infrastructure par serveur	m2/serveur	0,68	0,58
Consommation CDN	Wh/Go	0,43	0,04
Nombre de serveur CDN par Go audio	serveur.an/Go	4,08E-07	8,16E-08

[162] Akamai Sustainibility Report 2023

Consommation des centres de données « origine » pour l'audio	Wh/h	0,73	0,62
Consommation des centres de données « origine » pour la vidéo	Wh/h	0,68	0,58

Pour la modélisation de la phase d'utilisation, le mix électrique français 2030 est utilisé pour la part de l'utilisation en France, et pour les serveurs à l'étranger une moyenne entre les mix énergétiques européens et étasuniens a été utilisée. Les données NégaOctet associées aux mix électriques étrangers restent les mêmes qu'en 2022.

9.2.2.5 Intégration de la publicité programmatique

Comme pour l'évaluation de l'audiovisuel sur l'année 2022, l'analyse prospective inclut également l'évaluation de l'impact des temps de publicité associés aux usages audiovisuels, et les temps de publicité sont considérés inclus dans les DEI obtenus à horizon 2030. Ainsi, le temps de publicité total est corrélé au temps d'usage total.

La modélisation de la publicité programmatique (qui concerne uniquement certains usages) dans les scénarios prospectifs suit la même méthodologie que celle appliquée sur l'année 2022. Les détails sont fournis partie *6.9.3.4 Intégration de la publicité programmatique*.

9.2.2.6 Mix électrique Français de 2030

Les données électriques sont évaluées comme un mix électrique français aux horizons 2030 et proviennent de l'étude Transitions 2050 de l'ADEME[163].

En 2030, le mix de production est comme suit, pour une production totale de 636,5 TWh :

Tableau 98 - Mix de production électrique français en 2030

Source d'énergie	Répartition
Nucléaire	59,73%
Turbines Gaz	2,45%
Autre thermiques	0,69%
Photovoltaïque	8,5%
Eolien terrestre	13,26%
Eolien en mer	4,12%
Hydraulique	9,98%

[163] Les travaux engagés par l'ADEME à travers l'étude « Transition 2050, Choisir maintenant, Agir pour le Climat R propose quatre scénarios pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. » Ils visent à articuler les dimensions technico-économiques avec des réflexions sur les transformations de la société qu'elles supposent ou qu'elles suscitent R. Site Web de l'ADEME : https://transitions2050.ademe.fr/

Autres renouvelables	1,26%

Il faut également considérer :

- Exports : 122 TWh
- Imports : 40 TWh

En l'absence d'informations supplémentaires pour les parties « Autres thermiques » et « Autres renouvelables » la répartition de l'année 2019 a été prise en compte. A savoir :

- Autres thermiques : Charbon (0,4%) et Fioul (0,2%)
- Autres renouvelables : Biogaz et Biomasse (0.4%) et Déchets (0,8%)

9.3 Résultats de l'analyse prospective

Comme pour les résultats de l'analyse sur l'année 2022, les résultats de l'analyse prospective sont présentés sur les six indicateurs principaux de cette étude, avec un focus particulier sur les indicateurs de changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale. Les résultats sont décomposés selon les usages et les tiers technologiques. Un complément sur les autres indicateurs est fourni dans l'*ANNEXE M - Résultats complémentaires de l'analyse prospective*.

En introduction de cette partie, les données d'entrées du modèle, obtenues à partir des hypothèses présentée partie *9.2 Hypothèses de modélisation des scénarios,* sont présentées dans la partie suivante : nombre d'heures d'usages audiovisuels, par usage, par terminal, par réseau, et consommation totale de données, pour chaque scénario.

9.3.1 Présentation des données d'entrées du modèle

La comparaison du volume total d'heures d'usages selon les scénarios, comparativement à 2022, est présentée dans le graphique suivant.

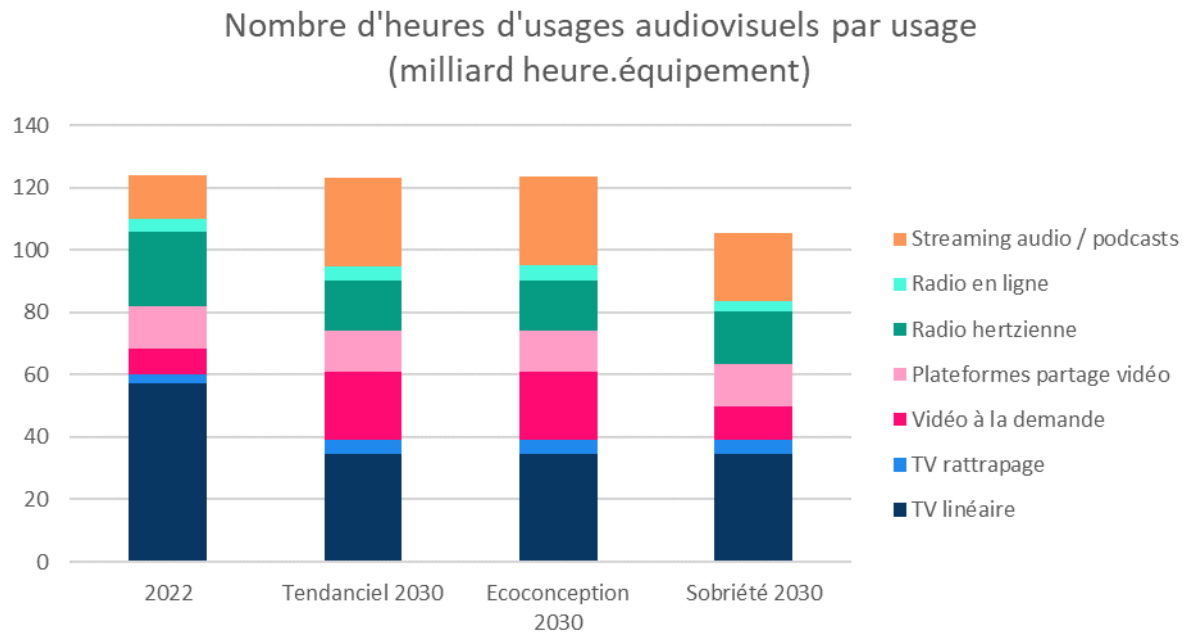


Figure 73 – Comparaison du nombre d'heures d'usages audiovisuels pour tous les scénarios

Le volume total d'heures d'usages audiovisuels est stable entre 2022 et le scénario Tendanciel 2030 (environ 124 milliards d'heures équipement), mais la distribution évolue. En particulier, la TV linéaire diminue de 40%, la vidéo à la demande augmente de 40%, la radio hertzienne diminue de 33%, et le streaming audio / podcasts augmente de 101%. Le scénario Ecoconception 2030 possède les mêmes hypothèses de volume d'usages audiovisuels. Dans le scénario Sobriété 2030, la vidéo à la demande et le streaming audio / podcasts diffèrent, avec une limitation de leur augmentation à +31% et +55%, respectivement.

La décomposition du nombre d'heures d'usages par terminal est présentée dans le graphique suivant.

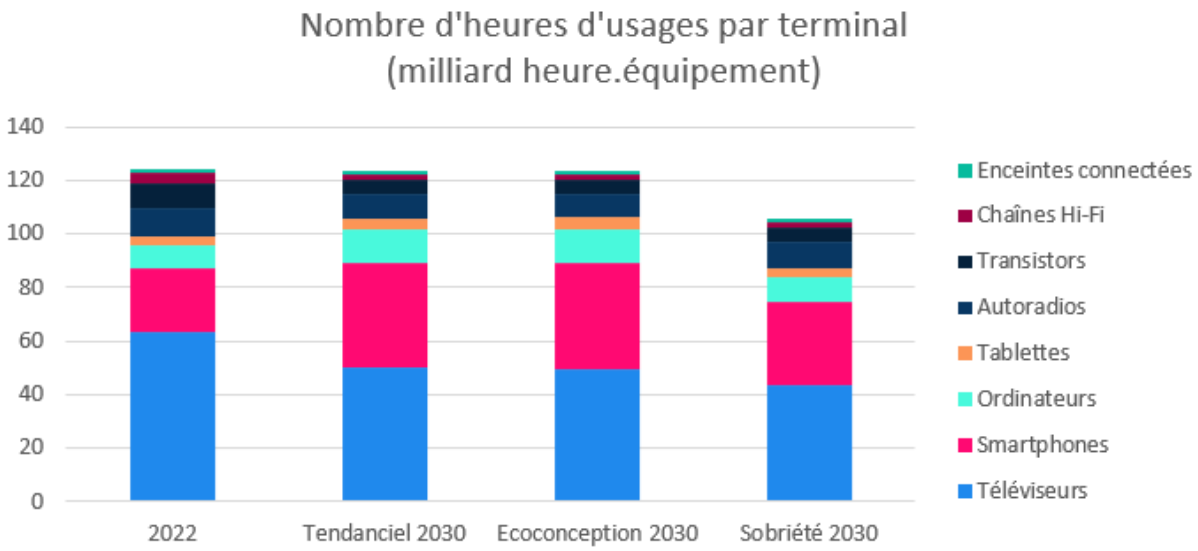


Figure 74 - Comparaison du nombre d'heures d'usages par terminal pour tous les scénarios

Sur ce graphique, certains terminaux inclus dans le périmètre n'apparaissent pas : décodeurs TV, boîtier OTT, équipements annexes. Cela vient du fait que ces terminaux sont toujours utilisés en parallèle d'un autre terminal (téléviseurs, ordinateurs, smartphones et tablettes notamment). Pour éviter un double comptage des heures d'usages, ils ont donc été retirés de cette illustration. Le nombre d'heures d'usages affiché ici est donc bien identique à celui affiché dans la figure 73 décomposé par usage.

A nouveau, le volume total d'heures d'usages audiovisuels est stable entre 2022 et Tendanciel 2030 mais la distribution évolue. En particulier, l'usage des téléviseurs diminue de 21%, celui des smartphones augmente de 64%, celui des ordinateurs augmente de 40% et celui des tablettes de 34%. Le scénario Ecoconception 2030 possède les mêmes hypothèses de volume d'usages audiovisuels. Dans le scénario Sobriété 2030, la limitation des usages vidéo à la demande et streaming audio / podcasts par rapport au scénario tendanciel se traduit par un plus faible usage des téléviseurs, des smartphones, des ordinateurs et des tablettes.

La décomposition du nombre d'heures d'usages par réseau est présentée dans le graphique suivant.

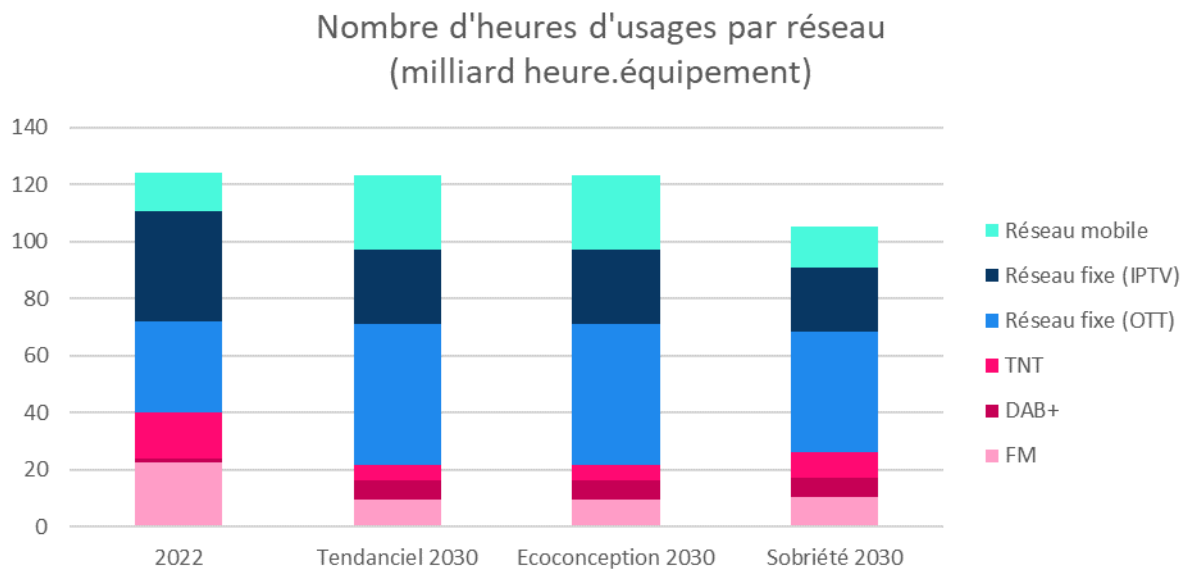


Figure 75 - Comparaison du nombre d'heures d'usages par réseau pour tous les scénarios

Dans le scénario tendanciel, la diminution de la radio hertzienne se traduit par une baisse de l'écoute via les réseaux FM et DAB+. Celle-ci s'accompagne d'un transfert de l'écoute en FM vers l'écoute en DAB+, conformément aux hypothèses de déploiement du DAB+ retenues dans cette étude. Le visionnage de TV via TNT diminue fortement également, en lien avec le recul de la TNT parmi les modes de réception TV et la baisse de l'usage TV linéaire. Le volume de visionnage de TV via IPTV géré diminue également, malgré une augmentation de la part de l'IPTV géré parmi les modes de réception TV, compensée par la baisse de la TV linéaire. Concernant les réseaux internet fixe et mobile (OTT[164]) , leur usage augmente fortement, en lien avec l'augmentation des contenus à la demande : +65% au total. L'augmentation est d'autant plus forte sur le réseau mobile, qui devient de plus en plus privilégié par les utilisateurs en 2030 (cf. partie *9.2.1 Données d'usages à horizon 2030*) : +95% par rapport à 2022, contre +53% sur le réseau fixe.

Dans le scénario sobriété, la répartition entre les modes de réception TV est conservée (identique à 2022), la baisse de l'usage du visionnage de TV via TNT est donc plus faible que dans le scénario tendanciel, et l'usage de l'IPTV géré diminue de façon plus importante. L'augmentation des usages à la demande (donc via réseaux fixe et mobile) est contenue à +24%, contre +65% dans le tendanciel. De plus, le réseau mobile devient moins privilégié parmi les usages à la demande, son usage n'augmente que de 8% par rapport à 2022, contre +31% pour le réseau fixe (OTT).

Concernant les réseaux internet, un second paramètre vient s'ajouter au nombre d'heures d'usage : le débit de données. La consommation de données totale sur les réseaux fixe (OTT et IPTV géré) et mobile selon les scénarios est présentée dans le graphique suivant, exprimée en exaoctet (Eo).

[164] Pour rappel l'OTT (« Over the top »), est un mode de distribution de contenus sur internet sans l'intermédiaire des fournisseurs d'accès à internet au-delà de l'acheminement des données. La diffusion OTT se définit par opposition aux réseaux classiques de diffusion de services de télévision (IPTV géré, réseau hertzien, câble, etc.). Cependant les deux modes de diffusion : OTT et IPTV géré, utilisent tous deux les infrastructures du réseau fixe, d'où la distinction dans cette étude.

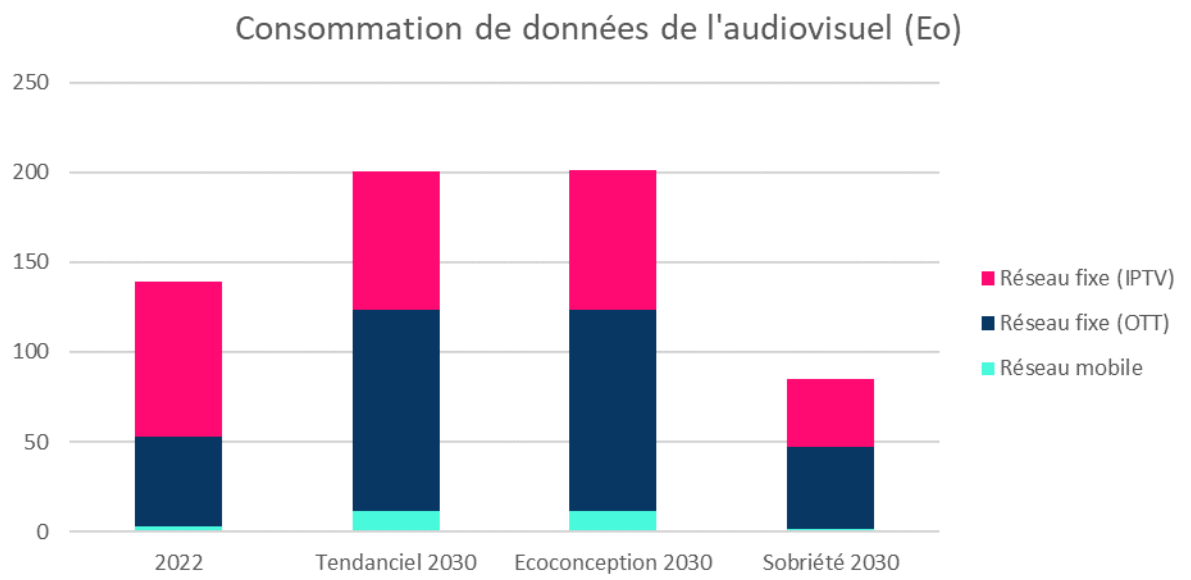


Figure 76 - Comparaison de la consommation de données de l'audiovisuel pour tous les scénarios

Le volume de données sur les réseaux IP est souvent présenté dans la littérature sans faire référence au volume de données lié à l'IPTV géré, ce protocole ne sollicitant pas les réseaux de la même manière (signal multicast sur une partie du réseau). Si on se concentre uniquement sur le trafic total liés à l'OTT sur réseau fixe ou mobile, celui-ci augmente de 134% entre 2022 et 2030 dans le scénario tendanciel (+124% sur réseau fixe, +331% sur réseau mobile). Cela est en lien avec l'augmentation des contenus à la demande, ainsi que l'augmentation des débits unitaires des usages. L'augmentation des débits unitaires des usages provient du fait que la qualité audio/vidéo moyenne augmente, notamment avec la généralisation de la 4K, compensée en partie seulement par les gains d'efficacité de la compression vidéo via la généralisation des codecs les plus récents.

Dans le scénario sobriété, la limitation de l'augmentation des usages à la demande, couplée à des efforts de sobriété sur le choix de la qualité vidéo et au fait que les utilisateurs privilégient le réseau fixe devant le réseau mobile amène à une réduction de la consommation totale de données de l'audiovisuel par rapport à 2022, notamment en ce qui concerne le réseau mobile.

Toutes ces données d'usage sont déterminantes dans les impacts environnementaux des paramètres techniques (tels que la consommation d'énergie unitaire des terminaux, la durée de vie, le mix de configuration des terminaux, l'optimisation et les gains d'efficacité énergétique des infrastructures, précisé partie *6.9.3*).

9.3.2 Résultats totaux des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030

Les résultats totaux des impacts environnementaux des usages audiovisuels en France à horizon 2030 selon les différents scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété, sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 99 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2022 et à horizon 2030, selon les scénarios Tendanciel, Ecoconception, et Sobriété

Catégorie d'impact	Unité	2022	Tendanciel 2030	Ecoconception 2030	Sobriété 2030
Changement climatique	kg CO2 eq	5,59E+09	7,22E+09	5,28E+09	3,76E+09
Acidification	mol H+ eq	3,58E+07	3,85E+07	2,80E+07	2,09E+07
Particules fines	Disease incidence	3,54E+02	2,08E+02	1,56E+02	1,15E+02
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,20E+05	3,37E+05	2,56E+05	2,29E+05
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,48E+11	2,59E+11	1,77E+11	1,30E+11
Consommation d'énergie finale	kWh	1,30E+10	1,15E+10	7,11E+09	5,57E+09

Pour le scénario tendanciel, comparativement aux résultats de l'évaluation sur l'année 2022, cela correspond à une variation de **+29%** sur l'indicateur changement climatique, **-20%** sur l'indicateur des ressources minérales et métalliques, et **-12%** sur l'indicateur de consommation d'énergie finale.

Pour le scénario écoconception, comparativement à l'année 2022, cela correspond à une variation de **-6%** sur l'indicateur changement climatique, **-39%** sur l'indicateur des ressources minérales et métalliques, et **-45%** sur l'indicateur de consommation d'énergie finale.

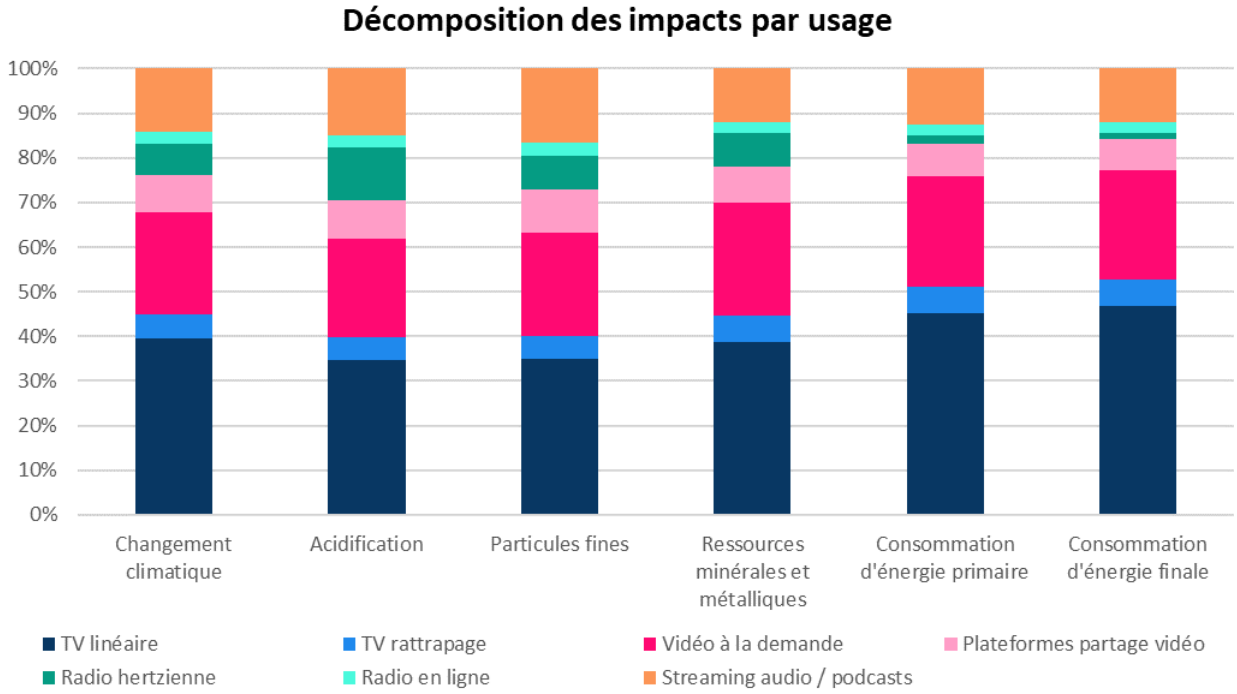
Pour le scénario sobriété, et comparativement à l'année 2022, cela correspond à une variation de **-33%** sur l'indicateur changement climatique, **-45%** sur l'indicateur des ressources minérales et métalliques, et **-57%** sur l'indicateur de consommation d'énergie finale.

La comparaison et l'interprétation des résultats entre les scénarios, décomposés par usage et par tiers technologique, sont présentées dans les parties suivantes.

9.3.3 Comparaison des résultats par usage entre les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030

9.3.3.1 Décomposition des impacts par usage sur le scénario Tendanciel 2030

La figure suivante présente une décomposition des impacts environnementaux totaux par usage pour le scénario tendanciel 2030.



**Vidéo à la demande = Vidéo à la demande par abonnement, vidéo à la demande à l'acte et vidéo à la demande gratuit*

Figure 77 - Décomposition des impacts environnementaux de l'audiovisuel par usage pour le scénario Tendanciel 2030

La figure suivante présente les résultats détaillés du scénario Tendanciel 2030 sur les indicateurs de changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale, décomposés par usage.

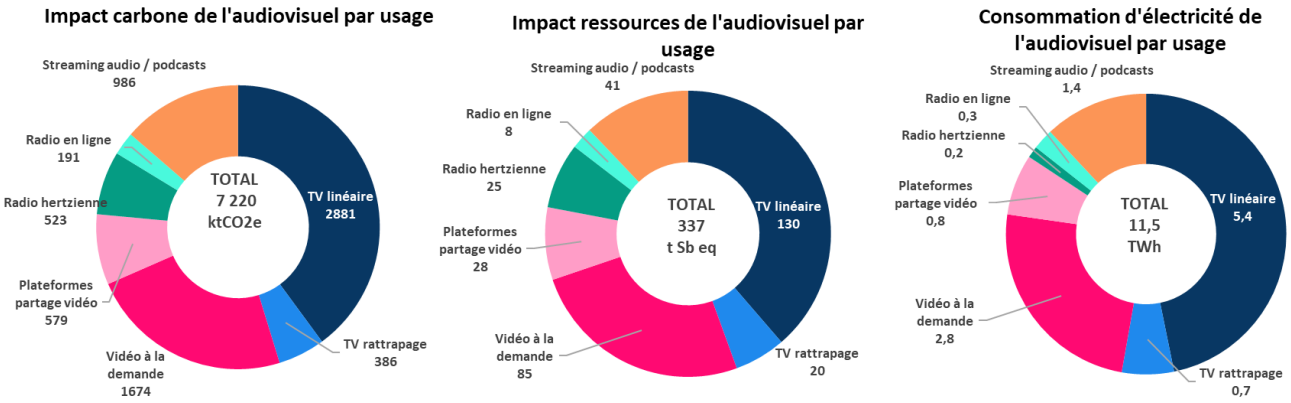


Figure 78 - Décomposition de l'impact de l'audiovisuel par usage pour le scénario Tendanciel 2030, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale

En suivant les tendances des usages audiovisuels étudiés, à horizon 2030 la TV linéaire reste l'usage qui contribue le plus aux impacts environnementaux de l'audiovisuel mais qui diminue par rapport à 2022, suivit par l'usage de la VàD (VàDA, à l'acte et gratuit) en forte augmentation par rapport à 2022. Ces usages représentent respectivement : 40% et 23% de l'impact carbone, 39% et 25% de l'impact ressources, et 47% et 24% de la consommation d'électricité de l'audiovisuel. Cela s'explique par le fait que :

- La répartition des volumes d'heures d'usages audiovisuels a changé entre 2022 et 2030. Le nombre d'heures de VàD augmente tandis que la TV linéaire diminue. (cf. *9.3.1 Présentation des données d'entrées du modèle*) ;
- Les impacts des usages dépendent en premier lieu du terminal utilisé : pour le visionnage de TV linéaire et pour la VàD, le tier terminaux représente respectivement 95% et 92% de l'impact environnemental total de l'usage. Cet impact provient majoritairement du téléviseur pour les deux usages, en effet comme montrer partie *9.2.1.1 Durée d'écoute par individu,* la part de visionnage de la TV linéaire et de la VàD sur TV reste majoritaire par rapport au visionnage sur autres écrans.

Au niveau des usages audio, on observe que le streaming audio/podcast a un impact qui augmente en 2030 par rapport à 2022, lié principalement à l'augmentation du volume d'heures d'écoutes de cet usage (cf. *9.3.1 Présentation des données d'entrées du modèle).*

9.3.3.2 Comparaison des résultats par usage entre les trois scénarios prospectifs

La comparaison des résultats des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, détaillés par usage, selon les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale est fournie dans les graphiques suivants. L'année 2022 est également représentée pour référence.

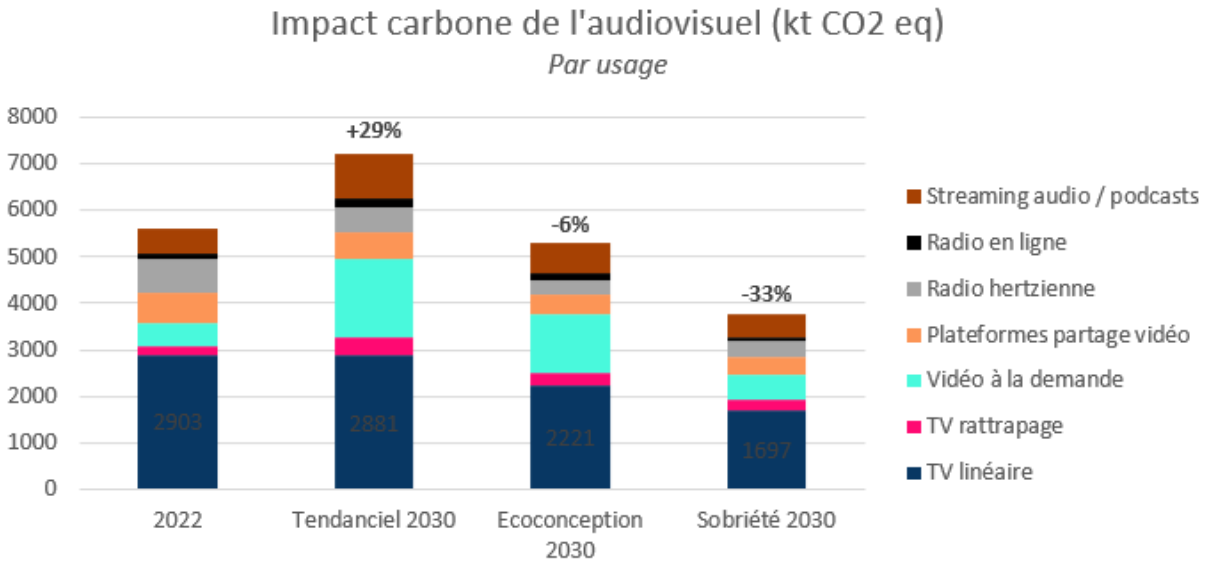


Figure 79 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur changement climatique, détaillé par usage

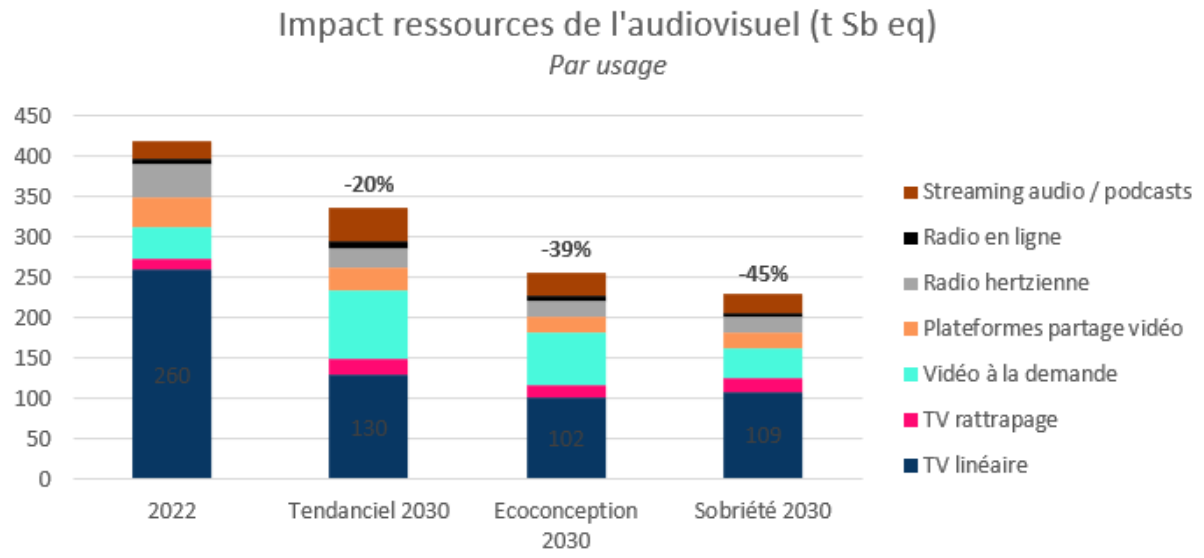


Figure 80 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur ressources minérales et métalliques, détaillé par usage

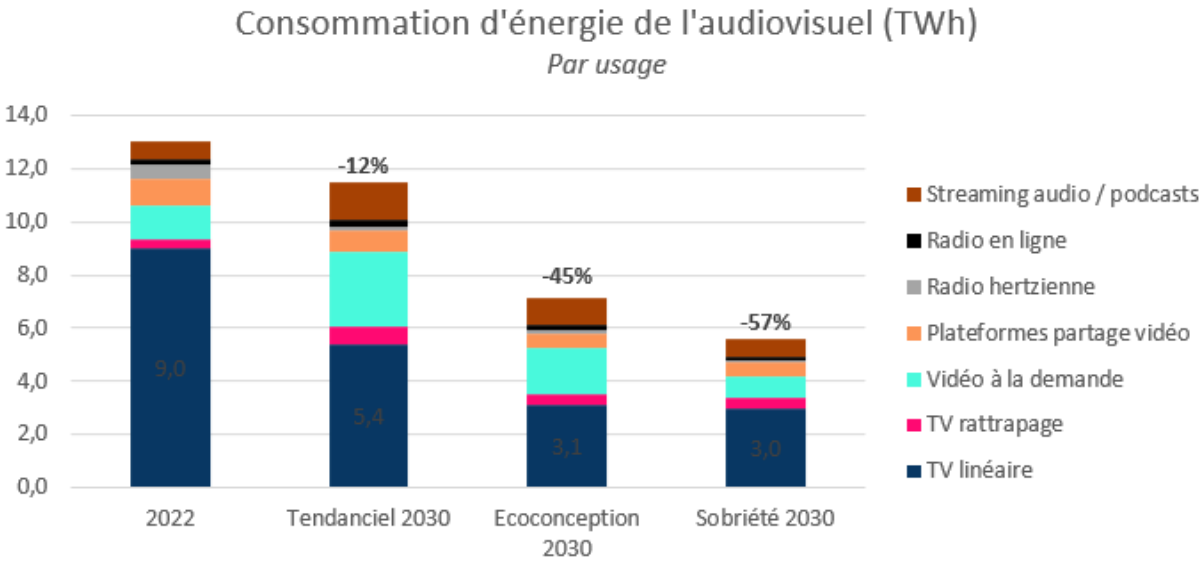


Figure 81 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur consommation d'énergie finale, détaillé par usage

De manière générale, les principales sources de variation de l'impact total des usages audiovisuels en France à horizon 2030 sont pour la vidéo : les usages de la TV linéaire (diminution) et de la VàD (augmentation), et pour l'audio l'usage du streaming audio / podcast (augmentation).

Les téléviseurs constituent la source principale des impacts des deux usages prépondérants, à savoir la TV linéaire et la VàD (cf. *9.3.4.1.1*). A horizon 2030, le parc de téléviseurs diminue légèrement par rapport à 2022 pour les trois scénarios (cf. *9.3.1 Présentation des données d'entrées du modèle*) en lien avec l'augmentation des usages à la demande sur autres écrans. Cependant, l'évolution anticipée du mix technologique des téléviseurs (augmentation de la taille des écrans, remplacement de la technologie LCD par l'OLED, cf. *9.2.2.1.2 Télévision*) induit une augmentation de l'impact carbone des téléviseurs, bien notable dans le scénario tendanciel. Ce phénomène a moins d'effet sur les indicateurs ressources et consommation d'énergie. Plus d'interprétation sur

ce point sont fournies partie *9.3.4.3*. D'autres éléments concernant les réseaux et centres de données entrent en jeu sur l'évolution des impacts et sont présentés partie *9.3.4 Comparaison des résultats par tier technologique entre les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030*.

Les paragraphes suivants détaillent les variations d'impacts environnementaux par usages.

TV Linéaire

La TV linéaire est l'usage le plus impactant en 2022. Bien que cet usage diminue en nombre d'heures totales en France d'ici 2030 dans tous les scénarios, l'impact sur l'indicateur climat reste stable dans le scénario Tendanciel 2030 par rapport à 2022. Cette stabilité est liée aux hypothèses d'augmentation de la taille du mix de configuration technologique des téléviseurs (cf. *9.2.2.1.2 Télévision*), le terminal le plus utilisé pour la TV linéaire. Cette décomposition des impacts par terminal sera détaillée dans la partie suivante (cf. *9.3.4.3*).

Les mesures d'écoconception et de sobriété, notamment sur la télévision (cf *9.2.2.1.2 Télévision*), permettent de compenser ce phénomène. Dans les scénarios Écoconception et Sobriété, l'impact de la TV linéaire diminue respectivement de 23% et 42% par rapport à 2022. Sur les autres indicateurs, l'impact de la TV linéaire diminue dans tous les scénarios, ce qui sera détaillé dans la partie suivante.

Vidéo à la Demande (VàD)

La vidéo à la demande (à l'acte, gratuit ou par abonnement) est le deuxième contributeur aux impacts de l'audiovisuel en 2022. L'usage de la VàD augmente fortement à horizon 2030 : +160% dans les scénarios Tendanciel et Écoconception. Cette augmentation est limitée à +31% dans le scénario Sobriété. Cette augmentation, couplée aux hypothèses (cf. *9.2.2.1 Données*) sur les terminaux (téléviseurs, ordinateurs, smartphones et tablettes) et sur la consommation de données sur les réseaux fixe et mobile, se traduit dans le scénario Tendanciel par une forte augmentation de l'impact de cet usage sur tous les indicateurs : +230% sur l'indicateur climat, +108% sur l'indicateur ressources, et +128% sur la consommation d'énergie finale.

Les mesures d'écoconception ne sont pas suffisantes pour contenir l'augmentation de 160% des usages de VàD, avec une augmentation de l'impact de respectivement 147%, 59% et 39% sur les indicateurs de changement climatique, ressources et consommation d'énergie finale. Dans le scénario Sobriété, les mesures de sobriété permettent de limiter l'augmentation des usages de VàD à +31%, ce qui se traduit, avec les mesures d'écoconception conjointement appliquées, par une baisse de respectivement -12% et -30% sur les indicateurs de ressources et de consommation d'énergie finale, mais l'impact sur le changement climatique reste plus élevé de +6% par rapport à 2022.

Streaming audio et podcasts

L'usage du streaming audio et des podcasts augmente fortement à horizon 2030 : +101% dans les scénarios Tendanciel et Écoconception. Cette augmentation est limitée à +55% dans le scénario Sobriété. Cette augmentation, associée aux hypothèses d'augmentation des terminaux (smartphones notamment, cf. *9.3.1 Présentation des données d'entrées du modèle*) et sur la consommation de données sur les réseaux fixe et mobile, se traduit dans le scénario Tendanciel par une augmentation importante de l'impact de cet usage sur tous les indicateurs : +96% sur l'indicateur changement climatique, +87% sur l'indicateur ressources, et +105% sur la consommation d'énergie finale.

Les mesures d'écoconception ne sont pas suffisantes pour contenir cette augmentation de 101% sur le streaming audio et les podcasts, avec une augmentation de l'impact de respectivement 29%, 27% et 50% sur les indicateurs climat, ressources et énergie. Dans le scénario Sobriété, les mesures de sobriété permettent de contenir cette augmentation de l'usage streaming audio et podcasts à

+55%, ce qui se traduit, avec les mesures d'écoconception conjointement appliquées, par une augmentation de l'impact limitée à +4% sur l'indicateur ressources, et une baisse de respectivement -3% et -1% sur les indicateurs climat et énergie finale.

Autres usages

Les usages TV de rattrapage et plateformes de partage de vidéos suivent environ les mêmes tendances que la vidéo à la demande, avec une augmentation plus modérée de l'usage, donc une plus faible augmentation ou plus forte diminution des impacts. Les usages radio ont plutôt tendance à diminuer en nombre d'heures d'usage. Les hypothèses sur les paramètres techniques (terminaux, réseaux, centres de données) appliquées entraînent une baisse des impacts associés à ces usages.

9.3.4 Comparaison des résultats par tier technologique entre les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030

9.3.4.1 Décomposition des impacts par tier technologique sur le scénario Tendanciel 2030

La figure suivante présente une décomposition des impacts environnementaux totaux par tier technologique (terminaux, réseaux, centres de données) pour le scénario Tendanciel 2030.

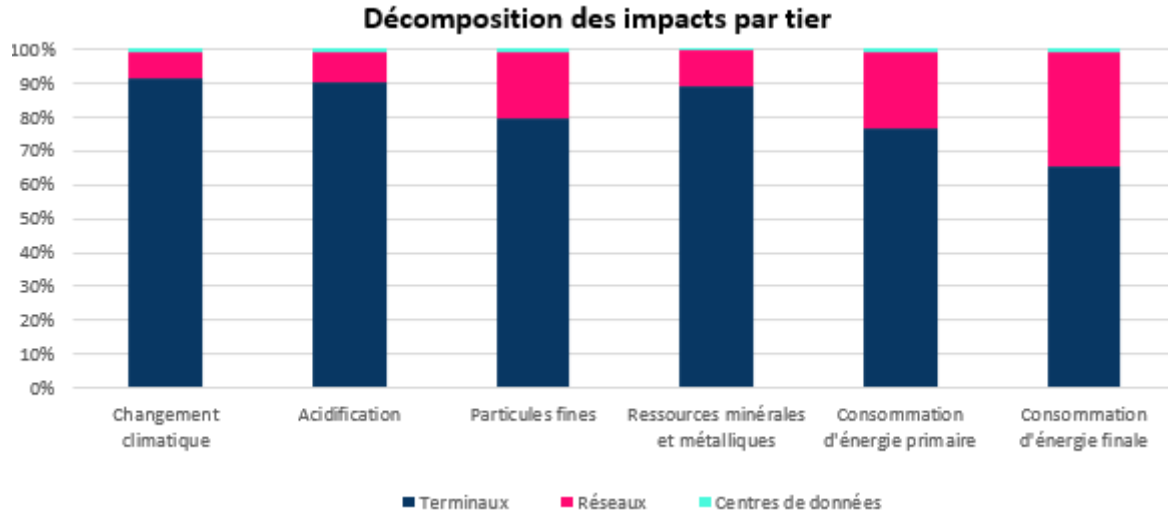


Figure 82 - Décomposition des impacts environnementaux du scénarios Tendanciel 2030 selon les 3 tiers technologiques (terminaux, réseaux et centres de données)

Comme pour l'année 2022, le tier terminaux représente le premier contributeur aux impacts de l'audiovisuel dans le scénario Tendanciel 2030 sur tous les indicateurs, suivi par le tier réseaux.

Dans les paragraphes suivants, des focus sur le tier terminaux et sur le tier réseau sont effectués.

9.3.4.1.1 Focus sur le tier terminaux

La figure suivante présente les résultats du scénario Tendanciel 2030 du tier terminaux sur les indicateurs de changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale, décomposés par terminal.

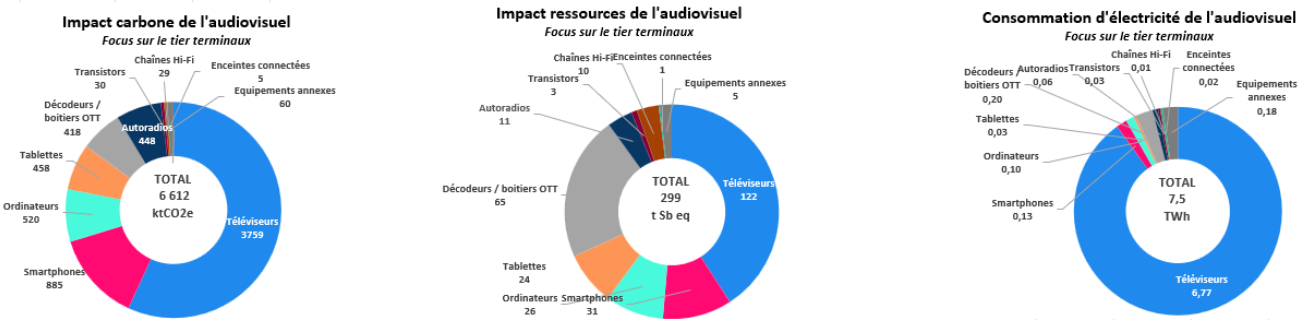


Figure 83 - Décomposition de l'impact du tier terminaux pour le scénario Tendanciel 2030, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale

9.3.4.1.2 Focus sur le tier réseaux

La figure suivante présente les résultats du scénario Tendanciel 2030 du tier réseaux sur les indicateurs de changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale, décomposés par réseau.

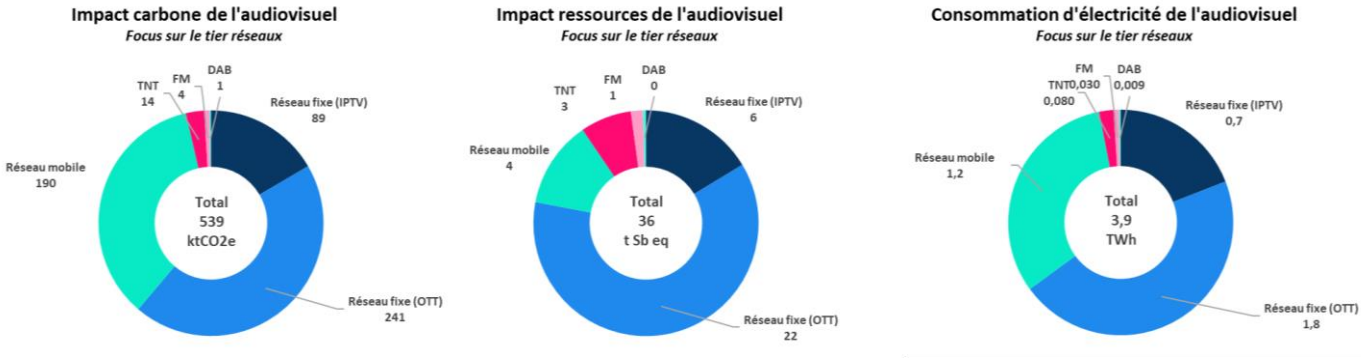


Figure 84 - Décomposition de l'impact du tier réseaux pour le scénario Tendanciel 2030, sur les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale

9.3.4.2 *Comparaison des résultats par tier entre les scénarios tendanciel, écoconception et sobriété 2030*

La comparaison des résultats des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, détaillés entre les trois tiers (terminaux, réseaux, et centres de données), selon les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale est fournie dans les graphiques suivants. L'année 2022 est également représentée pour référence.

Tableau 100 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur changement climatique, détaillé par tier

Changement climatique (kt CO2 eq)	**2022**	**Tendanciel 2030**	**Ecoconception 2030**	**Sobriété 2030**
Terminaux	4928	6612	4701	3343
Réseaux	527	539,3	507	367
Centres de données	130	68	68	48
Total	**5586**	**7219**	**5275**	**3758**

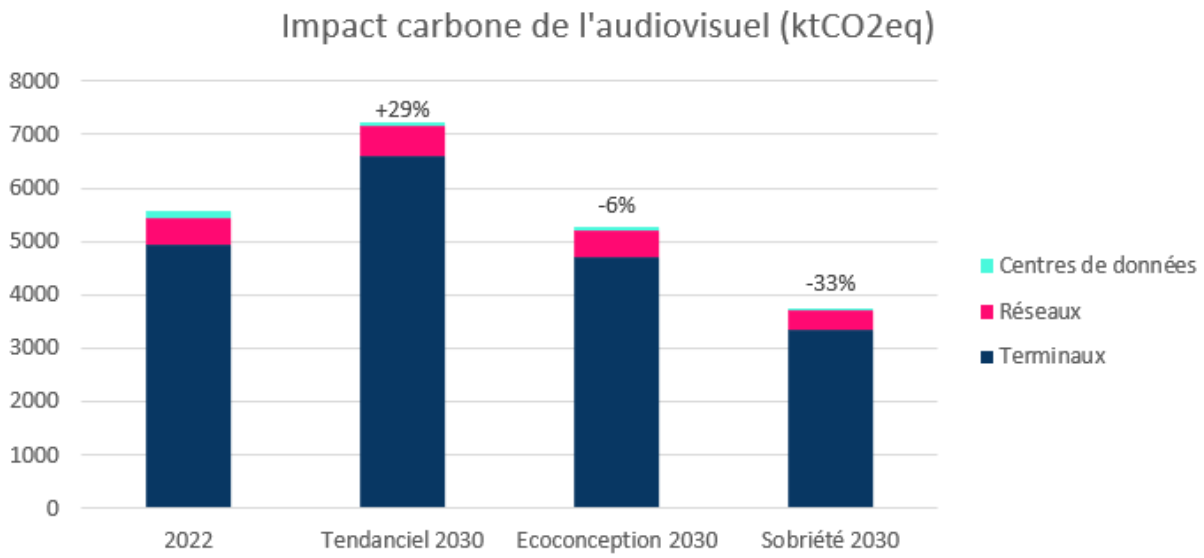


Figure 85 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur changement climatique, détaillé par tier

Tableau 101 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur ressource minérales et métalliques, détaillé par tier

Ressources minérales et métalliques (t Sb eq)	**2022**	**Tendanciel 2030**	**Ecoconception 2030**	**Sobriété 2030**
Terminaux	379	299	218	200
Réseaux	37	36	36	29

Centres de données	3	2	2	1
Total	**420**	**337**	**256**	**229**

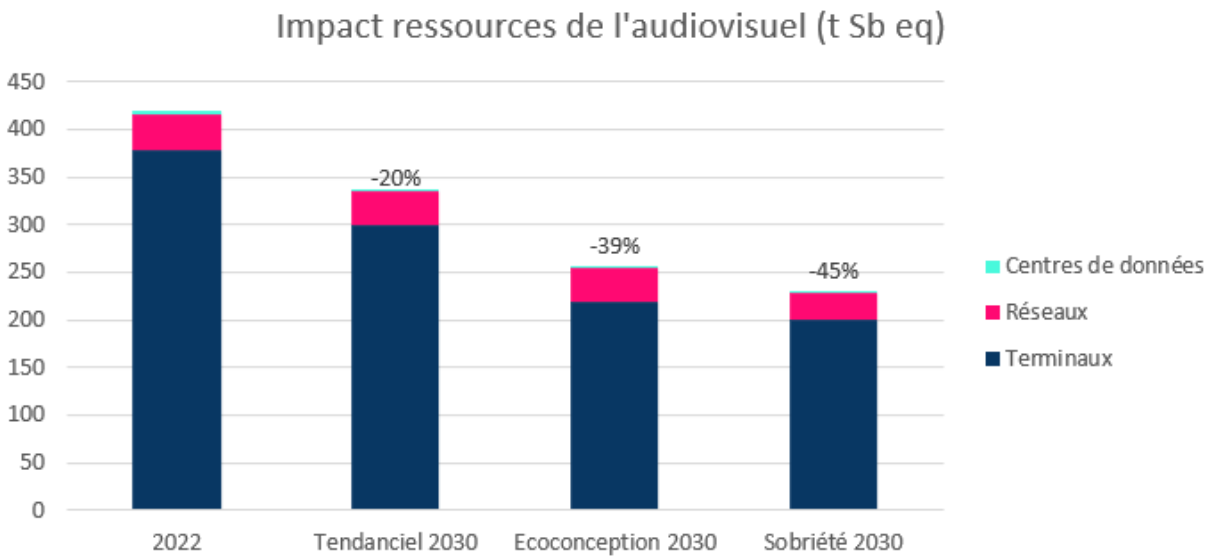


Figure 86 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur ressource minérales et métalliques, détaillé par tier

Tableau 102 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur consommation d'énergie finale, détaillé par tier

Consommation d'énergie finale (GWh)	2022	Tendanciel 2030	Ecoconception 2030	Sobriété 2030
Terminaux	9	8	4	3
Réseaux	3	3,9	3	2
Centres de données	0	0	0	0
Total	**13**	**11**	**7**	**6**

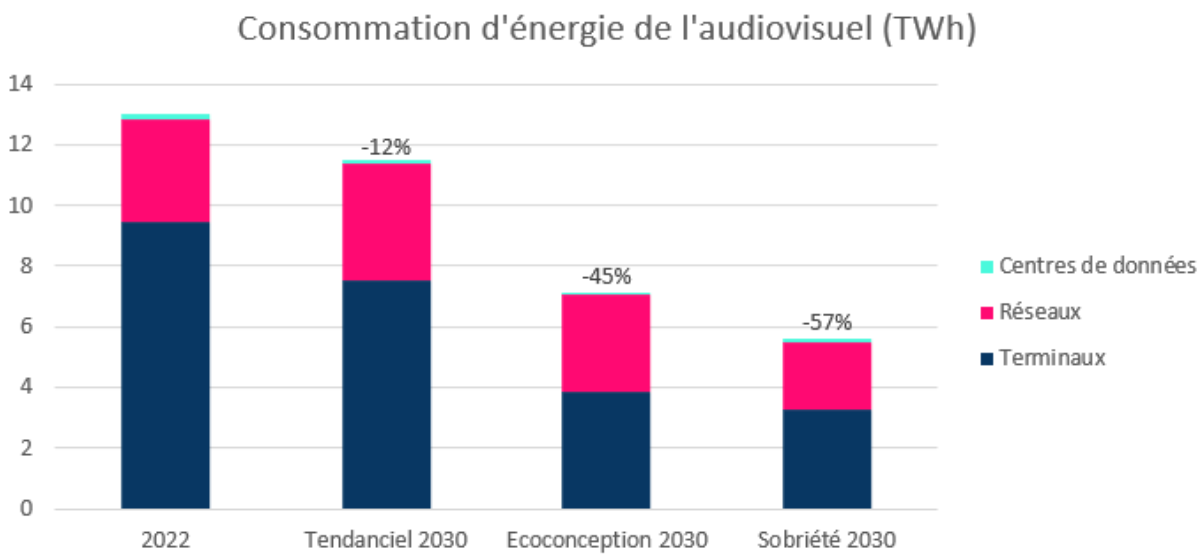


Figure 87 - Comparaison de l'impact des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur l'indicateur consommation d'énergie finale, détaillé par tier

Interprétation globale des résultats sur le scénario Tendanciel 2030

Dans le scénario Tendanciel 2030, **l'impact de l'audiovisuel sur le changement climatique augmente de 29% par rapport à 2022,** principalement à cause de l'augmentation de l'impact du tier terminaux (+34%). Sur cet indicateur, l'impact du tier réseaux reste stable (+2%) et l'impact du tier centres de données est fortement réduit (-48%) entre Tendanciel 2030 et 2022, mais leur contribution aux impacts est faible relativement au tier terminaux. Sur les autres indicateurs, l'impact du tier terminaux diminue par rapport à 2022 dans le scénario Tendanciel 2030 : -20% sur l'indicateur ressources et -12% sur l'indicateur consommation d'énergie finale.

Un focus sur le tier terminaux (cf. *9.3.4.3*Focus sur le tier) et un focus sur le tier réseaux (cf. *9.3.4.4*) sont effectués dans les parties suivantes pour analyser de plus près les sources d'augmentation ou de réduction des impacts sur ces tiers.

Sur le tier centres de données, plusieurs paramètres entrent en compte :

- l'augmentation du volume de données traitées, stockées ou transmises par les centres de données, notamment en lien avec l'augmentation des contenus à la demande et de la qualité audio/vidéo des contenus. Le volume totale de données consommées en OTT pour les usages audiovisuels augmente de 114% entre 2022 et 2030 (cf. partie *9.3.1 Présentation des données d'entrées du modèle*) ;
- l'augmentation plus générale du traitement des données utilisateurs pour la personnalisation des recommandations catalogues des plateformes[165], et l'augmentation de la taille des catalogues (plus de choix, plus de qualités disponibles) jouent également sur la sollicitation plus importante des centres de données ;
- la généralisation du Cloud, qui s'accompagne potentiellement d'une plus grande sollicitation de serveurs à l'étranger, et d'une optimisation plus importante des centres de données utilisés. Dans cette étude, il est supposé que 100% des centres de données d'origine utilisés pour les usages audiovisuels seront en Cloud en 2030 (contre 75% en 2022), et que 70% des serveurs cloud sont localisés à l'étranger ;

[165] L'impact environnemental de la personnalisation n'a pas été pris en compte dans cette étude. L'article de G. Guennebaud, A. Bugeau, A. Dudouit (2023), *Assessing VoD pressure on network power consumption*, fourni plus d'explication sur ce sujet.

- l'augmentation de l'efficacité énergétique (PUE) et du taux d'utilisation des centres de données, qui diminuent la consommation d'énergie et de ressources informatiques.

Interprétation globale des résultats sur les scénarios Ecoconception et Sobriété 2030

Les impacts des scénarios Ecoconception et Sobriété 2030 sont systématiquement plus faibles que le scénario Tendanciel : les mesures d'écoconception et de sobriété permettent effectivement de réduire les impacts sur tous les tiers technologiques, et sur tous les indicateurs.

Les mesures d'écoconception (appliquées dans le scénario Ecoconception 2030) **permettent de stabiliser l'impact de l'audiovisuel par rapport à 2022 sur l'indicateur changement climatique (-6%),** et entrainent une plus forte réduction des impacts sur les indicateurs ressources (-39%) et consommation d'énergie (-45%). Les mesures d'écoconception sont notamment efficaces sur le tier terminaux, où l'impact est fortement réduit par rapport au scénario tendanciel 2030 : -29% sur l'indicateur changement climatique, -27% sur l'indicateur ressources et -49% sur l'indicateur consommation d'énergie. Cependant, cela ne suffit pas à réduire significativement l'impact total de l'audiovisuel sur le changement climatique par rapport à 2022.

Dans le scénario Sobriété 2030, l'impact sur le changement climatique est fortement réduit par rapport à 2022 (-33%). Les mesures de sobriété, associées aux mesures d'écoconception, sont nécessaires pour freiner l'effet rebond de l'augmentation des usages qui vient « annuler » les bénéfices obtenus en termes d'optimisation et d'efficacité énergétique des terminaux et infrastructures sollicités par les usages audiovisuels. Dans le scénario Sobriété, les usages de vidéo à la demande et de streaming audio et podcasts sont contenus aux niveaux de 2022, contrairement au scénario Tendanciel et Ecoconception où ils augmentent significativement.

Un focus sur le tier terminaux et un focus sur le tier réseaux sont effectués dans les parties suivantes pour analyser de plus près les sources d'augmentation ou de réduction des impacts sur ces tiers.

9.3.4.3 Focus sur le tier terminaux

La comparaison des résultats des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur le tier terminaux, détaillés par terminal, selon les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale est fournie dans les graphiques suivants. L'année 2022 est également représentée pour référence.

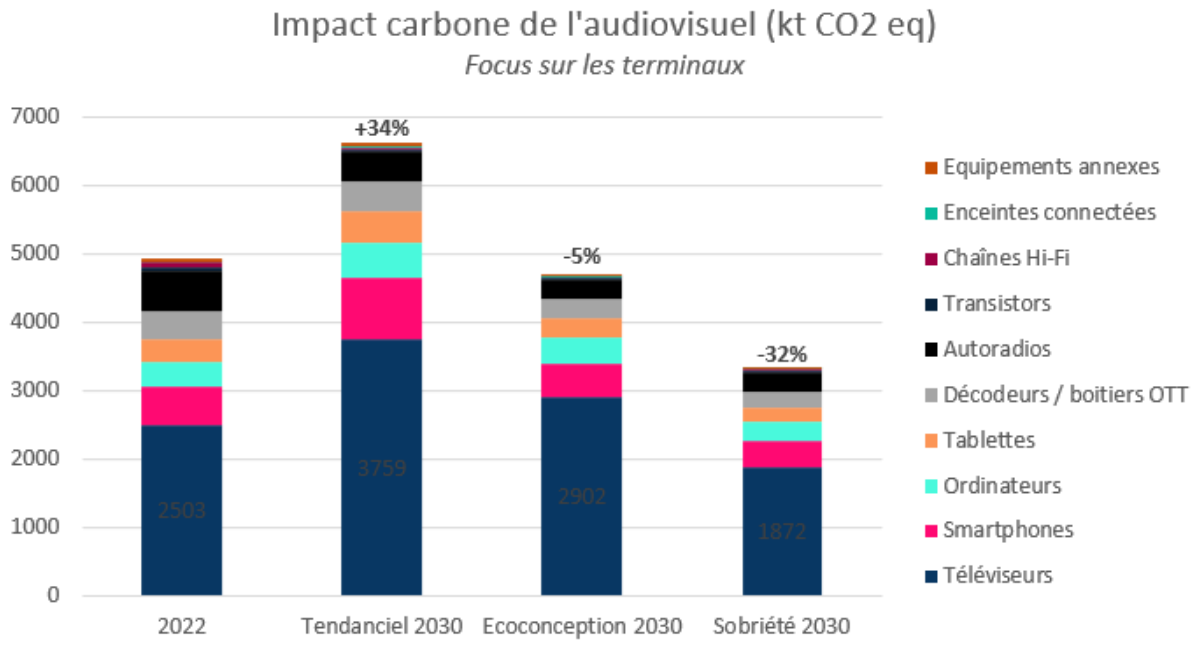


Figure 88 - Comparaison de l'impact du tier terminaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur changement climatique

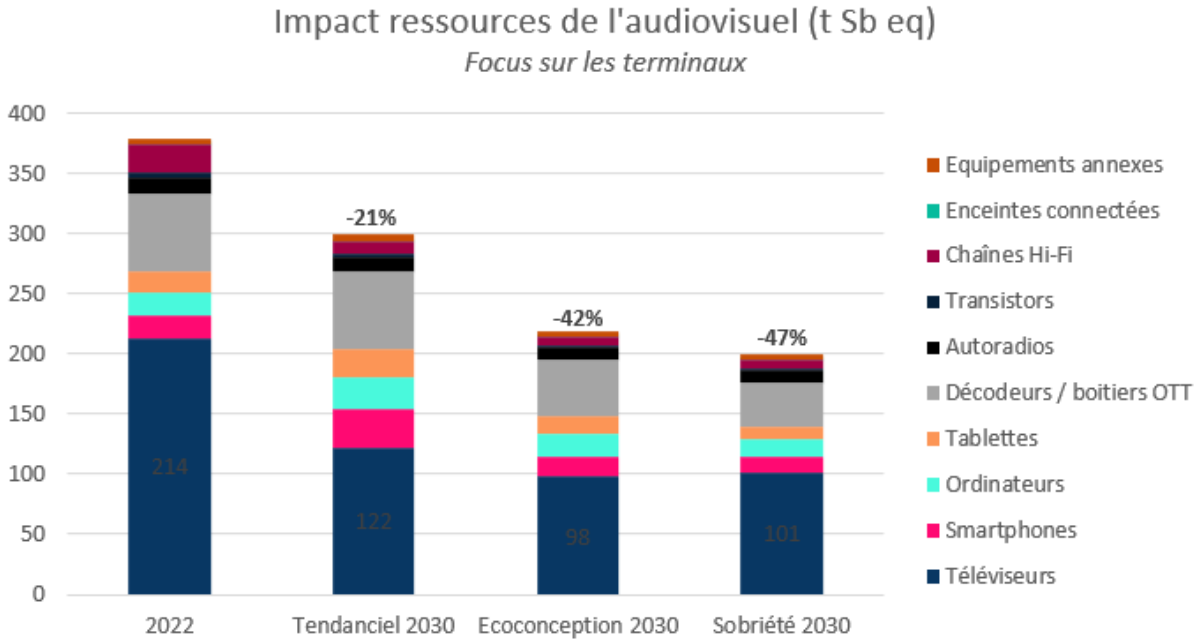


Figure 89 - Comparaison de l'impact du tier terminaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur ressources minérales et métalliques

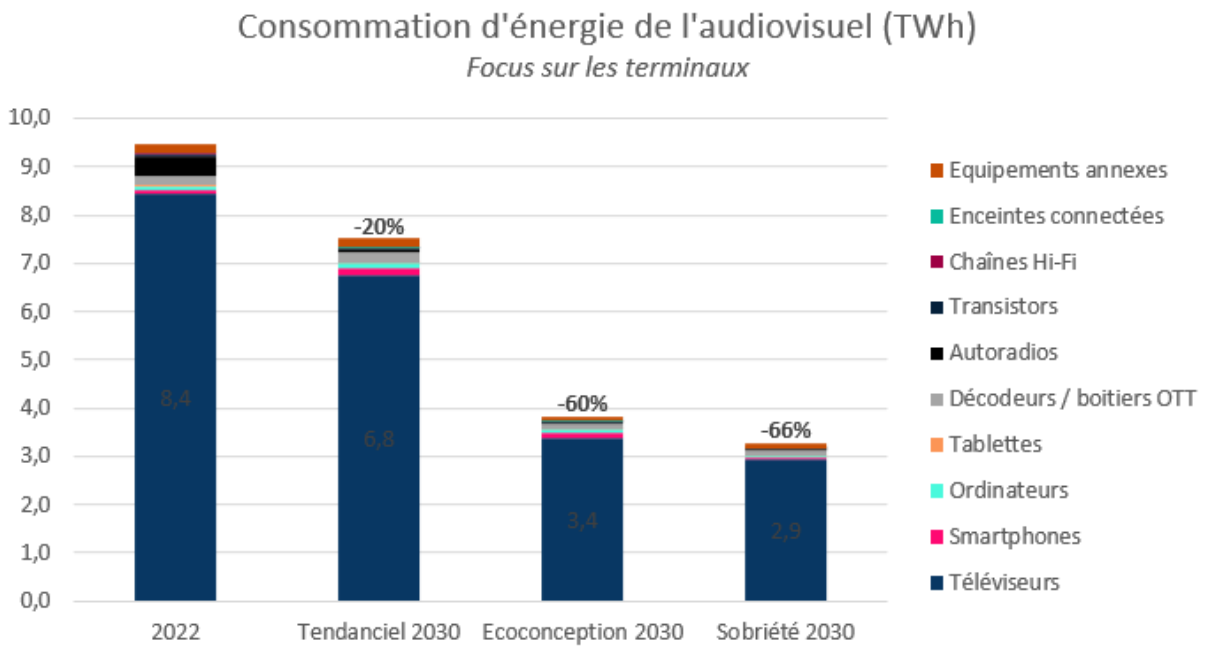


Figure 90 - Comparaison de l'impact du tier terminaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur consommation d'énergie finale

Interprétation globale du scénario Tendanciel 2030

Les téléviseurs représentent, comme pour l'année 2022, les premiers contributeurs aux impacts sur tous les indicateurs. Cela est accentué si l'on ajoute l'impact des décodeurs et boîtiers OTT, équipements utilisés conjointement aux téléviseurs. Par rapport à 2022, l'impact des téléviseurs augmente de 50% sur l'indicateur changement climatique. Cela est dû à plusieurs paramètres, qui viennent augmenter ou diminuer l'impact des téléviseurs :

- Le changement de mix technologique (plus de Smart TV, d'écrans OLED, et de plus grandes tailles d'écran) fait également augmenter l'impact de fabrication des téléviseurs, étape la plus contributrice sur le cycle de vie des téléviseurs (en France) ;
- Concernant la consommation unitaire moyenne des téléviseurs, elle est supposée constante entre 2022 et 2030 dans cette étude (donc aucun changement d'impact). En effet, il a été estimé que, bien que l'efficacité énergétique des téléviseurs (pour une taille d'écran donnée) s'améliore d'année en année, la dynamique d'augmentation de la taille des écrans (associée à une plus forte consommation électrique) vient annuler ce gain ;
- Avec ces deux hypothèses, l'impact carbone par téléviseur (cycle de vie) augmente de 91% dans le scénario Tendanciel 2030 par rapport à 2022 ;
- La baisse de l'usage des téléviseurs, principalement liée à la baisse de l'usage de la TV linéaire, compensée seulement en partie par l'augmentation de l'usage de la VàD (majoritairement sur téléviseurs), entraîne une réduction de l'usage de téléviseurs : -21% en heures d'usage totales (cf. partie *9.3.1*), et donc du nombre de téléviseurs considérés dans l'étude ;
- Cependant, au total, l'augmentation de l'impact unitaire des téléviseurs vient largement compenser la baisse de leur usage, ce qui entraîne une augmentation de l'impact total des téléviseurs sur le changement climatique.

En revanche sur l'indicateur des ressources minérales et métalliques, le changement de mix technologique des téléviseurs (plus de Smart TV, d'écrans OLED, et de plus grandes tailles d'écran) induit au contraire une réduction de l'impact unitaire des téléviseurs. Cela est notamment en lien

avec la technologie OLED, qui semble être composée de moins de ressources critiques par rapport à la technologie LCD. Ce point n'a pas pu être vérifié cependant dans cette étude, car il dépend directement des données de la base NégaOctet qui n'indiquent pas de détails à ce sujet.

Enfin sur l'indicateur consommation d'énergie, la consommation unitaire stagne (+3%), donc la consommation globale des téléviseurs diminue de 20%. Les téléviseurs contribuent pour plus de 89% à la consommation d'énergie totale de l'audiovisuel en 2022. Ainsi, la baisse de l'usage des téléviseurs est le principal facteur de la réduction de la consommation d'énergie totale de l'audiovisuel en 2030 par rapport à 2022.

Sur les autres terminaux, l'augmentation de l'usage des smartphones, des ordinateurs et des tablettes (respectivement +64%, +40% et +34% par rapport à 2022, cf. partie 9.3.1) pour la consommation de contenus à la demande (VàD, TVR, radio en ligne, streaming audio et podcasts) fait augmenter les impacts, notamment de façon significative sur les indicateurs changement climatique et ressources minérales et métalliques. Sur ces terminaux, aucun changement de technologie n'a été pris en compte, l'impact unitaire des terminaux reste le même dans le scénario tendanciel.

Interprétation globale des scénarios Ecoconception et Sobriété 2030

Les impacts des scénarios Ecoconception et Sobriété 2030 sont systématiquement plus faibles que le scénario Tendanciel sur le tier terminaux.

Les mesures d'écoconception (appliquées dans le scénario Ecoconception 2030) permettent de réduire l'impact sur l'indicateur changement climatique sur tous les terminaux par rapport à 2022, à l'exception des téléviseurs. Dans ce scénario, la principale mesure d'écoconception prise en compte sur les terminaux est l'allongement de la durée de vie (de 8 à 10 ans pour les téléviseurs), ce qui permet de diminuer l'impact de fabrication des téléviseurs par rapport au scénario Tendanciel. Cependant, malgré ce bénéfice, l'impact carbone global des téléviseurs reste plus élevé en 2030 qu'en 2022 dans ce scénario, en raison de l'évolution du mix technologique des téléviseurs (identique au scénario Tendanciel : plus de Smart TV, plus de technologie OLED, de plus grandes tailles d'écran),

Dans le scénario Sobriété 2030, dans lequel est ajouté aux mesures d'écoconception des mesures de sobriété à travers un choix consommateur plus vertueux sur le mix technologique des téléviseurs (moins de Smart TV, de moins grandes tailles d'écran que dans Tendanciel et Ecoconception 2030, cf. *9.2.2.1.2 Télévision*) et une réduction encore plus forte de l'usage des téléviseurs (-31% par rapport à 2022), l'impact des téléviseurs sur le changement climatique est cette-fois-ci bien réduit par rapport à 2022 (-25% par rapport à 2022).

Sur les autres terminaux, les mesures d'écoconception (augmentation de la durée de vie de 2 ans, gain d'efficacité énergétique) sont suffisantes pour réduire l'impact par rapport à 2022 des terminaux, comme sur les tablettes où l'impact total sur le changement climatique est réduit de 17%. Ces réductions sont d'autant plus fortes dans le scénario Sobriété 2030, notamment en lien avec la réduction des usages des terminaux pour consommer des contenus à la demande.

9.3.4.4 Focus sur le tier réseaux

La comparaison des résultats des scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030 sur le tier réseaux, détaillés par réseaux, selon les indicateurs changement climatique, ressources minérales et métalliques, et consommation d'énergie finale est fournie dans les graphiques suivants. L'année 2022 est également représentée pour référence.

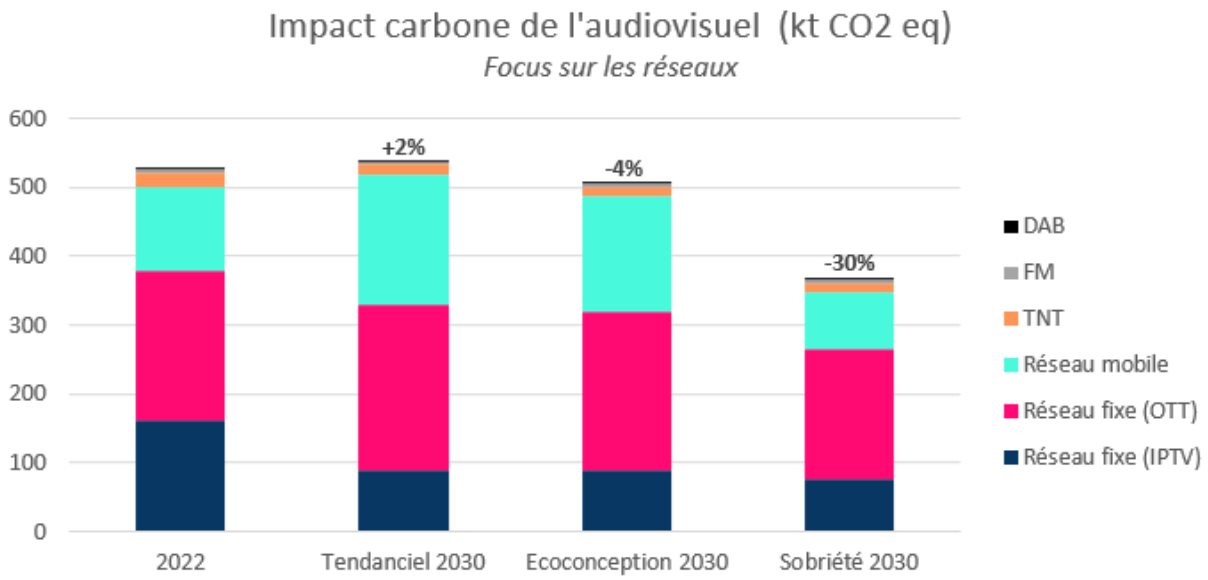


Figure 91 - Comparaison de l'impact du tier réseaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur changement climatique

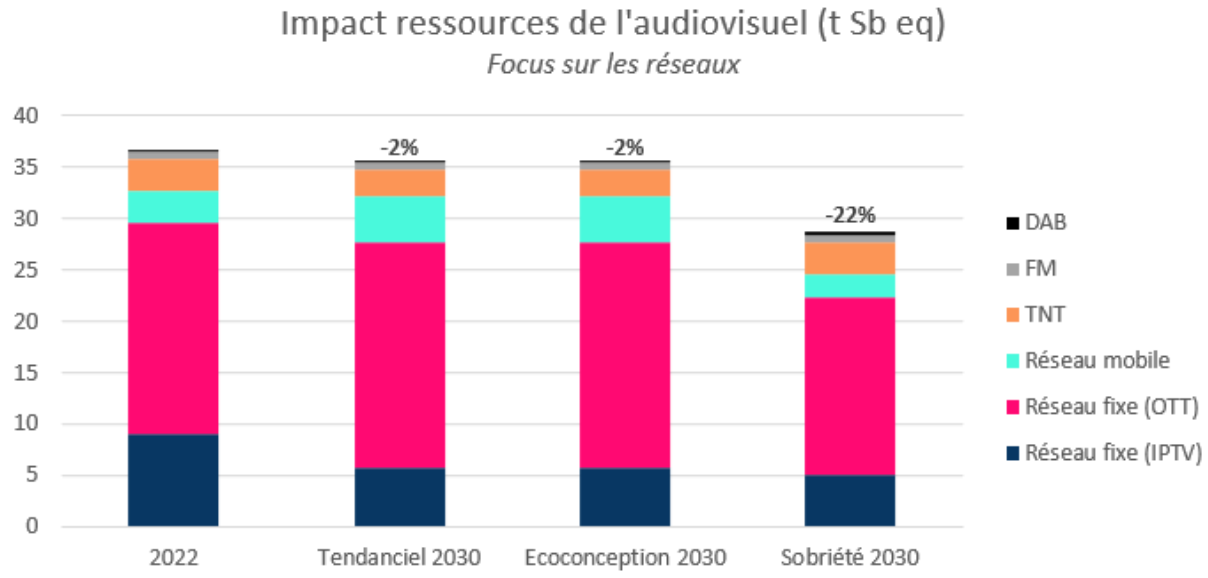


Figure 92 - Comparaison de l'impact du tier réseaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur ressources minérales et métalliques

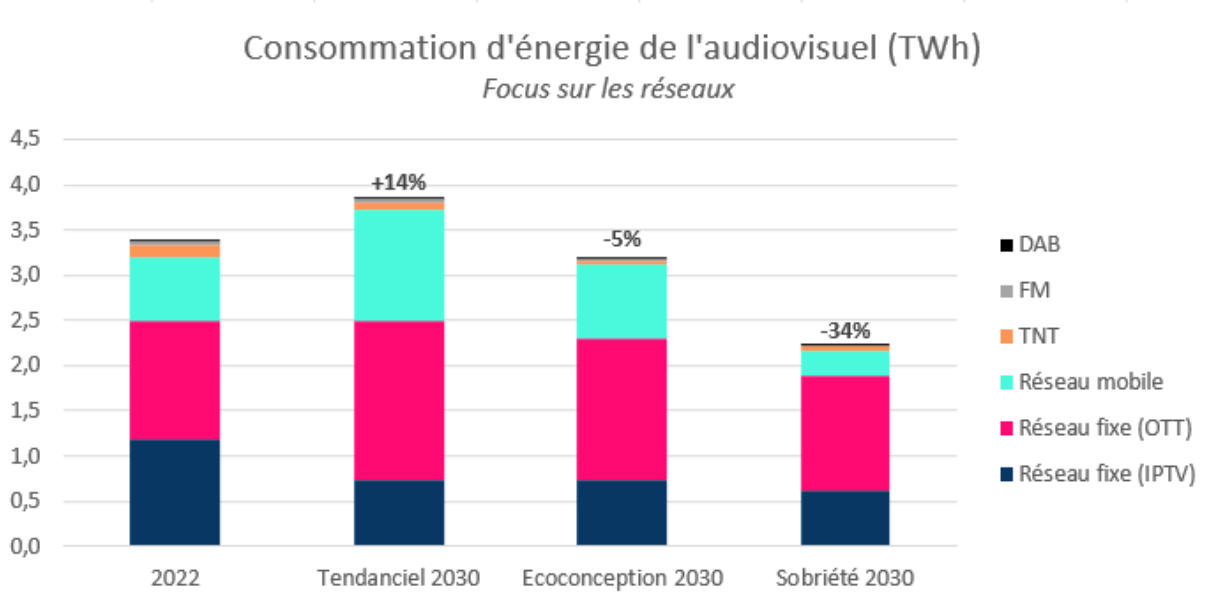


Figure 93 - Comparaison de l'impact du tier réseaux sur les scénarios Tendanciel, Ecoconception et Sobriété 2030, sur l'indicateur consommation d'énergie finale

Interprétation globale du scénario tendanciel :

Concernant l'impact environnemental des réseaux, plusieurs paramètres rentrent en compte :

- Les gains d'efficacité énergétique des terminaux du réseau ;
- l'augmentation des infrastructures pour les réseaux fixe et mobile, d'après les données prospectives de rapport ADEME-Arcep. Cela a un impact sur la consommation d'électricité totale des réseaux ;
- l'augmentation des infrastructures pour le réseau DAB+, encore en cours de déploiement. Dans le modèle, une hypothèse sur l'augmentation du nombre d'émetteurs DAB+ en France a été formulée. Cela influence l'impact de la fabrication des infrastructures et la consommation d'électricité du réseau ;
- pour les réseaux broadcast, il n'y a pas d'autres paramètres : les impacts environnementaux des réseaux TNT, FM et DAB+ sont évalués pour l'année 2030 à partir des gains d'efficacité énergétique et de l'augmentation des infrastructures anticipées, mais ne dépendent pas de l'évolution du nombre d'auditeurs ou du nombre d'heures d'écoute dans le modèle ;
- pour les réseaux fixe et mobile, l'augmentation du volume de données transmises : le volume totale de données consommées en OTT pour les usages audiovisuels augmente de 134% entre 2022 et 2030 dans le scénario tendanciel : +124% sur le réseau fixe, et +331% sur réseau mobile (cf. partie 9.3.1). Cela est en lien avec l'augmentation des contenus à la demande, ainsi que l'augmentation des débits unitaires des usages, et la généralisation de l'usage du réseau mobile devant le réseau fixe. L'augmentation des débits unitaires des usages provient de l'augmentation de la qualité audio/vidéo moyenne, notamment avec la généralisation de la 4K, compensée en partie seulement par les gains d'efficacité de la compression vidéo via la généralisation des codecs les plus récents ;
- cette augmentation du volume de données vient modifier l'allocation des impacts totaux des réseaux aux usages audiovisuels (composante *α* uniquement, cf. partie *6.3.1 Modèle environnementale pour les réseaux fixe & mobile*) et a peu d'influence sur le réseau fixe mais a une influence significative sur le réseau mobile.

Ainsi, dans le scénario tendanciel, les impacts des réseaux FM et TNT diminuent en raison de gains modérés d'efficacité énergétique des terminaux du réseau : -33% et -26% sur l'indicateur changement climatique pour la TNT et la FM, respectivement, par rapport à 2022. En revanche, l'impact du réseau DAB+, en cours de déploiement, augmente : +140% sur l'indicateur changement climatique, par rapport à 2022.

Concernant les réseaux internet, l'impact du réseau mobile, qui représentait 23% de l'impact total du tier réseaux sur le changement climatique, augmente de 57% en 2030, pour en représenter 35%. Cela est en lien avec l'augmentation de l'usage du réseau mobile devant le réseau fixe, l'augmentation des contenus à la demande et l'augmentation du débit de données moyen. Quant au réseau fixe, dont l'impact environnemental est moins sensible au trafic, l'augmentation est plus modérée : +10% sur l'indicateur changement climatique entre 2022 et 2030.

Interprétation globale des scénarios Ecoconception et Sobriété 2030:

Dans le scénario Ecoconception, les gains d'efficacité énergétique sont plus importants que dans le scénario Tendanciel, mais aucun autre levier n'est actionné. Ainsi, la consommation énergétique totale du tier réseaux est réduite de 17% par rapport au scénario Tendanciel, ce qui se traduit par une réduction de 6% sur l'indicateur changement climatique (par rapport au scénario Tendanciel), mais aucune réduction sur l'indicateur des ressources minérales et métalliques.

Dans le scénario Sobriété, la limitation des usages à la demande et la réduction de la qualité vidéo permettent notamment de limiter la sollicitation du réseau mobile, qui devient plus faible que sur l'année 2022 : l'impact du réseau mobile diminue de 31% sur l'indicateur changement climatique par rapport à 2022. Les bénéfices sont également visibles sur le réseau fixe, dans une moindre mesure : l'impact du réseau fixe est réduit de 14% sur l'indicateur changement climatique, par rapport à 2022.

9.4 Conclusions de l'analyse prospective à horizon 2030

9.4.1 Principaux enseignements de l'analyse prospective à horizon 2030

En suivant la tendance actuelle, sans mesures d'écoconception ni de sobriété, l'impact sur le changement climatique **à horizon 2030 des usages audiovisuels est estimé à 7,2 $MtCO_2eq$**, soit une **augmentation de +29% par rapport à l'impact sur 2022**. La consommation énergétique tend en revanche à diminuer (de -12% par rapport à 2022, principalement lié au gain d'efficacité énergétique des terminaux à horizon 2030) pour atteindre 11,5 TWh.

En mettant en place des **pratiques d'écoconception**, qui se traduisent notamment par un allongement de la durée de vie des terminaux et la réduction de leur consommation d'énergie, l'impact sur le changement climatique **à horizon 2030 des usages audiovisuels peut être contenu à un total estimé à 5,3 $MtCO_2eq$,** soit une **légère baisse** de -6% par rapport à 2022. La consommation d'énergie est fortement diminuée (-45% par rapport à 2022) et atteint 7,1 TWh.

Aux pratiques d'écoconception peuvent **s'ajouter des mesures de sobriété numérique** du côté des utilisateurs, qui se traduisent notamment par une réduction ou une limitation de certains usages à la demande, des choix de qualités audio/vidéo plus faibles, et des choix de technologies plus « sobres » dans les achats de terminaux. Dans ce cas, l'impact sur le changement climatique **à horizon 2030 des usages audiovisuels diminue davantage et atteint 3,8 $MtCO_2eq$,** soit une baisse de -33% par rapport à l'impact sur 2022. La consommation d'énergie est également fortement diminuée (-57% par rapport à 2022) et atteint 5,6 TWh.

Les paramètres les plus déterminants dans l'augmentation des impacts de l'audiovisuels sont notamment :

- **l'évolution des technologies de téléviseurs** (augmentation du parc de Smart TV et de la taille d'écran), déterminante sur l'impact de fabrication des téléviseurs. Les téléviseurs sont les terminaux le plus utilisés et les premiers contributeurs aux impacts de l'audiovisuel ;
- **la durée de vie des terminaux**: la fabrication des terminaux correspond à l'étape du cycle de vie la plus impactante. L'allongement de la durée de vie des terminaux permet de réduire les achats de terminaux neufs, ce qui a un effet significatif sur l'empreinte des terminaux pour les usages audiovisuels ;
- **l'augmentation des usages à la demande**, associée à une augmentation des qualités audio/vidéo des contenus consommés, qui se traduit par une augmentation de la sollicitation des réseaux fixe et mobile.

Scénario Tendanciel 2030 :

Le **volume d'heures total** à horizon 2030 varie peu par rapport à 2022, en revanche on observe un changement dans la répartition des usages, notamment avec moins de TV linéaire ou de radio en direct (respectivement - 40% et -33% entre 2022 et 2030) et plus de service à la demande, comme la vidéo à la demande, les podcasts et le streaming audio (respectivement +160% et +101% entre 2022 et 2030). De ce changement d'usage découlent des changements au niveau de l'utilisation des terminaux utilisateurs et des réseaux de télécommunication, qui impliquent des impacts environnementaux supplémentaires.

L'impact total des terminaux augmente sur le changement climatique par rapport à 2022 (+34%) et **diminue pour la consommation d'énergie finale** (-20%). La **télévision reste le terminal le plus utilisé** malgré une baisse du nombre d'heures d'usage (-21% en heures d'usage totales par rapport à 2022), liée à la diminution de l'usage de TV linéaire. L'augmentation des usages à la demande fait augmenter l'emploi des smartphones, des ordinateurs et des tablettes (respectivement +64%, +40% et +34% par rapport à 2022), moins énergivores que la télévision.

A ce changement d'usage s'ajoute les évolutions technologiques. La plus notable est celle du téléviseur, en changeant son mix de configuration et une taille plus grande, le téléviseur de 2030 a un impact environnemental plus important que celui de 2022 (+50% d'impact sur le changement climatique que celui de 2022) et annule à l'échelle globale le bénéfice de la réduction d'utilisation des téléviseurs.

L'impact total des réseaux reste stable par rapport à 2022 pour le changement climatique (+2%), mais **augmente au niveau de la consommation d'énergie** (+13%). La tendance entraîne la diminution de l'utilisation des réseaux broadcast et l'**augmentation des réseaux internet fixe et mobile** (respectivement +53% et +95% par rapport à 2022), dû à l'augmentation des contenus à la demande.
L'évolution des réseaux fixe et mobile donne lieu à une augmentation du nombre d'infrastructures, ce qui a un impact sur la consommation d'électricité, mais limité grâce au gain d'efficacité énergétique pris en compte.
A cette tendance s'ajoute l'augmentation des débits unitaires des usages pour atteindre de meilleures qualités d'image faisant augmenter le volume total de données, ce qui a un impact important sur le réseau mobile.

L'impact du tier centres de données est fortement réduit entre 2022 et Tendanciel 2030, notamment grâce à l'optimisation des infrastructures des centres de données considérée à horizon 2030, mais leur contribution aux impacts est faible relativement au tier terminaux.

Scénario Ecoconception et Sobriété 2030 :

La tendance des usages audiovisuels reste identique entre le scénario Tendanciel 2030 et le scénario Ecoconception, mais varie avec le scénario Sobriété 2030. En effet, les pratiques d'écoconception mises en place dans le premier scénario alternatif au tendanciel, ne modifient pas les prévisions sur l'évolution des comportements utilisateur, seules les mesures de sobriété numérique font varier ces comportements.

Les **mesures d'écoconception et de sobriété** permettent effectivement de **réduire les impacts** sur tous les tiers technologiques, et sur tous les indicateurs.

Les **mesures d'écoconception** (appliquées dans le scénario Ecoconception 2030) permettent de stabiliser (légère baisse) l'impact de l'audiovisuel par rapport à 2022 sur l'indicateur changement climatique (-6%), et entrainent une réduction des impacts plus importante sur les indicateurs ressources minérales et métalliques (-39%) et consommation d'énergie (-45%). Les **réductions d'impacts sont notamment sur le tier terminaux**, grâce au gain d'efficacité énergétique et à l'allongement de la durée de vie des terminaux.

Cependant, les mesures d'écoconception ne suffisent pas à réduire significativement l'impact total de l'audiovisuel par rapport à 2022. L'ajout de **mesures de sobriété** dans le scénario Sobriété 2030 permet de **réduire davantage l'impact total des usages audiovisuels**. Ces mesures concernent plus particulièrement la limitation de l'augmentation des **usages à la demande** (l'usage de la VàD et du streaming audio/podcasts notamment), des choix de **qualités audio/vidéo plus faibles**, des choix de modes d'accès (réseaux) plus pertinents (se tourner vers des réseaux broadcast lorsque c'est possible, **privilégier le réseau fixe devant le réseau mobile**), et des choix de **technologies plus « sobres »** dans les achats de terminaux proposées. A titre d'exemple, le choix des technologies des téléviseurs est concerné, ainsi une configuration plus sobre de ces appareils est prise en compte dans ce scénario, aboutissant à une réduction de l'impact des téléviseurs (-25% sur le changement climatique par rapport à 2022).

9.4.2 Limites de l'analyse prospective à horizon 2030

L'évaluation des impacts environnementaux des usages audiovisuels, à travers les terminaux, réseaux et centres de données, est complexe et possède plusieurs limites qu'il convient de rappeler. L'analyse prospective à horizon 2030 a été effectuée à partir du modèle développé sur l'année 2022, en y ajoutant des hypothèses sur l'évolution des usages et des technologies à horizon 2030. L'analyse prospective possède donc les mêmes limites que l'évaluation des scénarios d'usage et de l'audiovisuel à l'échelle France en 2022 (présentées partie *8.2*), ainsi que des limites supplémentaires. Les limites de l'analyse prospective sont présentées ci-dessous.

Usages et périmètres :

- Non prise en compte de la décarbonation de l'économie, hormis sur la phase d'utilisation (mix électrique modifié). Exemple : la décarbonation de l'industrie n'est pas prise en compte (pour la production des matières premières notamment).
- Non prise en compte des réseaux sociaux, (Instagram, Facebook, Snapchat, TikTok, etc.) qui peuvent être considérés comme des usages audiovisuels et qui sont dans une dynamique d'augmentation forte d'ici à 2030. Peu de données robustes et exhaustives ont pu être collectées sur les réseaux sociaux, et cet usage pose également des difficultés méthodologiques (quelle part des réseaux sociaux considérer comme de la consommation « audiovisuelle » ?).
- Tendances sur les usages : les volumes d'usages ont été extrapolés à 2030 à partir de tendances observées sur les dernières années. Cependant, il est probable que des évènements externes viennent rompre les tendances, ou que des effets de seuils aient lieu sur certaines dynamiques d'ici à 2030.
- Non prise en compte des éléments inexistants dans le modèle 2022, tels que les usages disruptifs.
- Non prise en compte de l'évolution des temps de publicité par usage (supposés équivalents à 2022). La quantité de publicité totale varie cependant par rapport à 2022, en raison de l'évolution des usages (moins de contenus linéaires, plus de contenus à la demande).

Terminaux :

- Une augmentation de 2 ans de la durée de vie de tous les terminaux a été considérée pour les scénarios écoconception et sobriété. Les mesures d'écoconception permettent effectivement d'allonger la durée de vie (faciliter la réparation, le reconditionnement, etc.) mais certaines mesures de sobriété appliquées conjointement (éviter l'obsolescence culturelle notamment) pourraient augmenter davantage la durée de vie des terminaux. Cela n'a pas été considéré.
- Intensité d'usage des terminaux : ce paramètre n'a pas été ajusté, bien qu'il soit probable qu'il évolue également avec les autres paramètres.
- Mix de configuration stable sur la plupart des terminaux.

Réseaux

- Réseaux broadcast :
    - Hypothèse sur les infrastructures du réseau DAB+ : le déploiement du réseau a commencé par les zones plus faciles à couvrir, et sera plus difficile pour atteindre les derniers pourcents de taux de couverture. Par manque de données, une hypothèse a été formulée sur le nombre d'émetteurs DAB+ à horizon 2030, mais ce chiffre possède des incertitudes.
- Réseaux internet :

- Extrapolation du modèle du PCR FAI avec composante *a* et *b*, en recalculant les composantes par abonné et par an à partir des données mises à jour de consommation de données (Go) et de nombre d'abonnés en 2030
- A nouveau, il convient de rappeler qu'il s'agit d'une analyse attributionnelle. Nous avons cherché à attribuer aux usages audiovisuels inclus dans cette étude une part de l'augmentation attendue des impacts des réseaux internet. Une étude publiée en 2024 par le Shift Project intitulé « Energie, climat : Des réseaux sobres pour des usages connectés résilients » a étudié l'évolution des usages des réseaux mobiles et l'impact carbone associé, avec une approche conséquentielle. Les résultats obtenus par l'étude suggèrent que les contraintes réglementaires anticipent l'augmentation du trafic, c'est-à-dire que le déploiement minimum prévu par la réglementation est plus déterminant dans les impacts que l'augmentation effective du trafic.

Centres de données :

- Extrapolation des gains d'efficacité : par exemple sur les CDN, forte tendance à la réduction de l'intensité énergétique des CDN par gigaoctet transporté, cependant cette tendance peut arriver à un plateau, comme on l'observe depuis quelques années sur la loi de Moore[166].
- Centres de données origine : pas de prise en compte de l'augmentation du traitement de données utilisateur (en lien avec la généralisation des contenus à la demande), ni de l'augmentation des catalogues des plateformes et du besoin de stockage associé. Des paramètres fixes de nombre de serveurs et de baies de stockage par heure d'usage ont été conservés.

[166] Peper, F. The End of Moore's Law: Opportunities for Natural Computing?. New Gener. Comput. 35, 253–269 (2017). https://doi.org/10.1007/s00354-017-0020-4

10

Références

10 REFERENCES

ADEME, et Arcep. « Evaluation environnementale du numérique en France - 1/3 Etat des lieux et pistes d'action », 2022.

ADEME, et Arcep. « Evaluation environnementale du numérique en France - 2/3 Equipements et infrastructures », 2022.

ADEME, et Arcep. « Evaluation environnementale du numérique en France - 3/3 Analyse prospective », 2022.

ADEME. « Evaluation environnementale de la fourniture d'accès à Internet en France », 2024.

ADEME. « Impact environnemental du reconditionnement », 2022.

Arcep. « L'état d'internet en France », 2023.

Arcep, et ADEME. « EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES TIC : ANALYSE DES ECARTS METHODOLOGIQUES - Comité d'experts techniques sur la mesure (Avril 2023) », 2023.

Arcep, et Arcom. « Référentiel general ecoconception des services numeriques 2024 » .

Arcom. « Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, Résultats des 3e et 4e trimestres 2022 pour la télévision et la radio », 2023.

Carbon Trust. « Carbon Impact of Video Streaming », 2021.

CNC. « Observatoire de la vidéo à la demande », janvier 2023.

CREDOC. « Barometre-du-numerique - 2023 », 2023.

LoCaT. « Quantitative Study of the GHG Emissions of Delivering TV Content », 2021.

Médiamétrie. « Communiqué de presse - audience radio Janvier-Mars 2023 », 2023.

Médiamétrie. « Communiqué de presse Global Audio 2023 », 2023.

Médiamétrie. « Communiqué de presse Global Radio Janvier-Mars 2023 », 2023.

The Shift Project. « Energie, climat : Des réseaux sobres pour des usages connectés résilients », 2024.

11

Annexes

11 ANNEXES

11.1 ANNEXE A - Acteurs du secteur de l'audiovisuel interrogés

Tableau 103 - Liste des acteurs du secteur audiovisuel interrogés

Entreprise	Rôle au sein des services audiovisuels
Radio France	Service public de radio. Regroupe cinq stations radios nationales, et de nombreuses radios locales.
TDF	Opérateur d'infrastructures et de réseaux numériques. TDF opère notamment une partie des réseaux FM, DAB+ et TNT
Deezer	Plateforme de streaming audio
Orange	Fournisseur d'accès à internet
Akamaï	Fournisseur de services CDN, en particulier pour le streaming
Google	Détient notamment la plateforme de partage de vidéos YouTube
Amazon	Détient notamment la plateforme de vidéos à la demande Prime Video

11.2 ANNEXE B – Description des éléments de l'état des lieux des différentes technologies de diffusion et consommation audiovisuelle en France

11.2.1 Les terminaux de consommation audiovisuelle

11.2.1.1 Les téléviseurs

11.2.1.1.1 Définition

Un téléviseur désigne un appareil électronique permettant de recevoir et visualiser sur un écran, des émissions de télévision ou des sources vidéo provenant d'appareils externes.

11.2.1.1.2 Typologie

Deux catégories de téléviseurs sont répertoriées :

- les téléviseurs « non connectés », permettant de réceptionner des programmes TV par un tuner TNT ou satellite intégré ou non (décodeur annexe) ;
- les téléviseurs connectés, pouvant accéder à internet via une connexion filaire ou sans fil ; La réception de la télévision peut s'effectuer par internet ou par les mêmes modes de réception que les téléviseurs non connectés.

Parmi les téléviseurs connectés, sont distingués les téléviseurs à connexion directe (les « Smart TV connectées », qui ont accès au réseau fixe sans équipement intermédiaire) et les téléviseurs à connexion indirecte (les TV disposant d'un accès à des contenus en ligne par l'intermédiaire des équipements périphériques connectés comme les boîtiers OTT[167], les décodeurs TV reliés à une box FAI, et les consoles de jeux connectées).

Depuis plusieurs années, le téléviseur est le terminal numérique le plus présent au sein des foyers français. En 2022, 90,1% des foyers sont équipés d'au moins une télévision, avec une moyenne de 1,5 écrans de téléviseur par foyer français. Ainsi, même si le téléviseur connaît une légère baisse tendancielle depuis quelques années, il conserve une place centrale au sein des foyers français, notamment avec la progression des téléviseurs connectés. En 2022, 88% des foyers équipés TV et accédant à internet, disposent d'un téléviseur connecté. Le décodeur TV relié à la box d'un FAI reste le premier mode de connexion du téléviseur à Internet, et concerne 69% des foyers équipés TV et accédant à Internet en 2022, suivi par la Smart TV connectée (43%) et le boîtier TV connecté (27%) qui connaissent de fortes progressions (respectivement +15 points et +8 points en trois ans)[168].

11.2.1.1.3 Équipements périphériques

Pour afficher l'information visuelle, le téléviseur a parfois besoin d'équipements annexes pour décoder les signaux reçus par l'intermédiaire des différents réseaux (TNT, satellite, IPTV géré, OTT).

Les équipements périphériques peuvent également être répertoriés en deux catégories, similaires à celles des téléviseurs.

---

[167] OTT : « Over the top », mode de distribution de contenus sur internet sans l'intermédiaire des fournisseurs d'accès à internet au-delà de l'acheminement des données. La diffusion OTT se définit par opposition aux réseaux classiques de diffusion de services de télévision (réseaux gérés par des fournisseurs d'accès à internet, réseau hertzien, câble, etc.). Exemple : Apple TV, Molotov, Chromecast, etc.

[168] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine résultats des 3e et 4e trimestres 2022 pour la télévision et la radio.

- Les équipements périphériques non connectés pour les téléviseurs « non connectés », avec :
    - le décodeur TNT : boîtier de décodage des signaux du réseau TNT permettant de visionner la télévision en direct. A noter qu'aujourd'hui, la plupart des téléviseurs ont un décodeur TNT directement intégré.
    - le décodeur satellite : boîtier de décodage des signaux du réseau satellite permettant de visionner la télévision en direct.

- Les équipements périphériques connectés pour les téléviseurs connectés indirectement à internet, avec :
    - le décodeur FAI : boîtier de connexion mis à disposition par les fournisseurs d'accès à internet (en France on trouve Orange, Free, SFR et Bouygues) pour permettre de réceptionner les chaînes TV en direct via le réseau IPTV géré. Le décodeur, étant connecté à internet, permet également un accès à des services supplémentaires (vidéos à la demande, vidéos en ligne, télévision de rattrapage, etc.) ;
    - les boîtiers TV connectés : équipement OTT permettant de visualiser dans une interface spécifique et en streaming des programmes audiovisuels (en direct ou à la demande). Ils permettent également de « basculer » un flux vidéo lancé sur un appareil mobile vers un téléviseur (exemples : Chromecast, Apple TV) ;
    - les consoles de jeux vidéo : appareils électroniques conçus pour jouer à des jeux vidéo. Les consoles dites 'de salon' se branchent sur un écran et permettent un accès un internet.

11.2.1.1.4 Applications

Avec sa fonction d'affichage de contenus audiovisuels, le téléviseur possède un large panel d'applications, tel que :

- visionner des programmes TV en direct, en différé ou à la demande ;
- visionner des vidéos en ligne ;
- écouter des contenus audio en ligne ;
- jouer à des jeux vidéo, en local ou en ligne *;*
- accéder à des contenus audiovisuels physiques (DVD, CD…), lorsque le téléviseur est couplé à un lecteur de DVD ou de disque.

11.2.1.2 Les postes radio

11.2.1.2.1 Définition

Un poste radio permet la réception et le décodage d'ondes radio afin d'émettre un son sur des enceintes.

11.2.1.2.2 Typologie

Les postes radio ont différentes formes et sont parfois intégrés dans des terminaux servant d'autres fonctions. L'Arcom détaille le taux de pénétration des terminaux permettant l'écoute de la radio[169]:

[169] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, résultats des 3e et 4e trimestres 2022 pour la télévision et la radio.

- le transistor est la forme la plus simple des postes radio, remplissant uniquement la fonction de réception et de lecture des ondes radios. En 2022, 35,1% de la population française en est équipée (+0,9 point par rapport à 2021) ;
- l'autoradio est le support dédié à l'écoute de la radio ayant le taux de pénétration le plus important au sein de la population : 76,4% des Français en possèdent un, dont 16,8% qui sont compatibles avec la technologie DAB+. En effet, l'autoradio est un terminal très répandu dans les véhicules, dont la plupart des foyers sont équipés ;
- la chaîne Hi-Fi permet d'écouter de la musique en local (support de contenu physique ou numérique) mais également de consommer de la radio. Plus de la moitié des Français en sont équipés (53,1% en 2022), malgré sa tendance à la baisse (-10 points par rapport à 2020, stable sur un an) ;
- le radio-réveil FM est également présent chez près de la moitié des Français (46,5% en 2022), malgré une baisse significative sur un an (-6 points par rapport à 2021) ;
- la station d'accueil permet de diffuser des contenus audio d'un autre terminal comme un smartphone, mais certaines sont également équipées de leurs propres antennes radio. En 2022, 21,9% de la population en est équipée (-1,3 point sur un an, +5,2 points par rapport à 2020) ;
- les postes fixes et/ou radio-réveil permettant la réception DAB+ restent minoritaires : 13,7% de la population en possède un.

11.2.1.2.3 Applications

Les postes radio permettent d'écouter les chaînes radio diffusées via les réseaux hertziens (FM, DAB+). En 2022, 91,7% des individus de 13 ans et plus possédaient un support dédié à la radio[170]. Cependant, pour une partie des postes, l'écoute de la radio n'est pas le seul usage. La chaîne Hi-Fi peut par exemple diffuser de la musique stockée sur des supports physiques (CD, supports USB etc.), le réveil sert à afficher l'heure et prévoir des alarmes, la station d'accueil diffuse principalement les contenus joués par les terminaux qu'elle accueille.

11.2.1.3 Les ordinateurs

11.2.1.3.1 Définition

Un ordinateur est une machine de traitement de l'information numérique.

11.2.1.3.2 Typologie

On distingue deux types d'ordinateurs :

- l'ordinateur portable : un ordinateur permettant un transport facile, avec un poids et des dimensions adéquates, ainsi qu'un écran intégré. Une de ses particularités est de pouvoir l'utiliser pendant de longue période sans connexion directe à une source d'alimentation ;
- l'ordinateur fixe : un ordinateur non conçu pour la mobilité du fait de son poids, de ses dimensions importantes et du besoin d'alimentation permanente. Il est composé d'une unité centrale et d'équipements périphériques tels que l'écran, le clavier, la souris, des haut-parleurs, etc.

[170] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, résultats des 3e et 4e trimestres 2022 pour la télévision et la radio.

11.2.1.3.3 Applications

L'ordinateur est un terminal omniprésent dans les foyers français. En 2022, 86,2% des foyers disposent d'au moins un ordinateur, avec une moyenne de 1,6 ordinateurs par foyer[171].

L'ordinateur, majoritairement portable, est un terminal largement utilisé pour la consommation de contenus audiovisuels, permettant le visionnage de vidéos en ligne (VàD, vidéos de plateformes de partage et de réseaux sociaux), de programmes TV en direct ou en différé. L'ordinateur est aussi abondamment utilisé pour l'écoute de contenus audio en ligne (avec le streaming musical, les clips musicaux, les podcasts natifs, etc.), ainsi que pour l'écoute de la radio numérique (avec la webradio et le podcast radio).

11.2.1.4 Les téléphones mobiles

11.2.1.4.1 Définition

Un téléphone mobile permet à un utilisateur de passer et recevoir des appels via un réseau mobile de télécommunications.

11.2.1.4.2 Typologie

Il existe 2 types de téléphones portables :

- les feature phones comportent usuellement un petit écran non tactile, un clavier et une caméra. Ils permettent de remplir les fonctionnalités de base d'un téléphone, mais également d'écouter de la musique ou de la radio, et d'accéder à internet via un navigateur web de base ;
- les smartphones possèdent un écran tactile. Ils permettent d'accéder à internet via des réseaux notamment Wi-Fi et mobiles, d'être géolocalisé ainsi que d'utiliser diverses applications téléchargeables.

11.2.1.4.3 Applications

Depuis plusieurs années, les smartphones sont largement plus utilisés que les feature phones. On dénombre plus de 69,6 millions de smartphones en France en juillet 2019, contre 7,88 millions de feature phones[172].

Les smartphones conservent les fonctions d'appels et de messagerie des téléphones, et permettent également la navigation sur internet, la géolocalisation, la prise de photographies, et l'utilisation de diverses applications de gestions, de loisirs etc. 82% des Français naviguent sur le web avec leur smartphone, ce qui en fait le premier usage sur ce terminal[173].

En 2022, 87% des personnes de 12 ans et plus possédaient un smartphone. Le smartphone est le terminal privilégié des Français pour se connecter à internet, et 75% d'entre eux l'utilisent quotidiennement[174].

[171] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, résultats des 3e et 4e trimestres 2022 pour la télévision et la radio
[172] ADEME & Arcep. (2022). Evaluation environnementale du numérique en France—2/3 Equipements et infrastructures.
[173] CREDOC (2022) - Baromètre du numérique, édition 2022, pour Arcep, Arcom, ANCT, CGE.
[174] CREDOC (2022) - Baromètre du numérique, édition 2022, pour Arcep, Arcom, ANCT, CGE.

11.2.1.5 Les tablettes

11.2.1.5.1 Définition

Une tablette possède les mêmes fonctionnalités qu'un ordinateur portable, seulement tout est concentré sous la forme d'un écran tactile, aucun clavier physique n'est intégré. La tablette peut également avoir un clavier physique connecté.

11.2.1.5.2 Applications

La tablette est un terminal moins présent au sein des foyers français en comparaison avec le téléviseur, l'ordinateur et le smartphone. En 2022, 46,9% des foyers sont équipés d'au moins une tablette, avec un nombre moyen par foyer de 0,6[175].

La tablette est également munie d'une connexion à internet, qui lui permet le même type d'applications que l'ordinateur, tel que le visionnage de vidéos en ligne (VàD, plateformes de partage de vidéos, réseaux sociaux, etc.), de programmes TV en direct ou en différé, mais également l'écoute de contenus audio en ligne (avec le streaming musical, la radio via internet, les podcasts, etc.).

11.2.1.6 Les vidéoprojecteurs

11.2.1.6.1 Définition

« Un projecteur est un dispositif optique, pour le traitement des informations d'image vidéo analogiques ou numériques, dans n'importe quel format de diffusion, de stockage ou de mise en réseau pour moduler une source lumineuse et projeter l'image résultante sur un écran externe. »[176].

11.2.1.6.2 Applications

Un vidéoprojecteur est un appareil qui permet de projeter sur un écran ou un mur l'image d'une source vidéo, comme un ordinateur, un lecteur DVD, un support USB, etc. Il existe différents types de vidéoprojecteurs, selon la résolution, la luminosité, la distance de projection, et la technologie d'affichage.

Il existe aussi des vidéoprojecteurs connectés, qui sont capables de se connecter à Internet et d'accéder à des contenus et des services en ligne, comme des applications, des vidéos à la demande, des jeux, ou des réseaux sociaux. Ces vidéoprojecteurs n'ont pas besoin d'être branchés à un autre équipement, ils disposent d'une mémoire interne, d'un système d'exploitation, d'un haut-parleur, d'une télécommande.

D'après le rapport sur « l'évaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective » de l'ADEME & l'Arcep, en 2020 la France comptait 4 619 971 projecteurs. En prenant la répartition entre usages professionnels et privés donnée par l'étude « Données gisement DEEE ménager pour ADEME » de 2019, 49% des projecteurs sont destinés à des usages personnels. Ainsi, ramené au nombre de foyers en France (30,4 millions en 2021[177]), les foyers possèdent en moyenne 0,1 projecteur.

[175] Arcom. (2023). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine, résultats des 3e et 4e trimestres 2022 pour la télévision et la radio.
[176] European Commission (2020). ICT Impact study, Final report, prepared by VHK and Viegand Maagøe for the European Commission
[177] https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-du-logement-edition-2022

Les principaux usages personnels du vidéoprojecteur sont le cinéma à domicile et le divertissement (jeux, photos, etc.). Tandis que pour les usages professionnels, le vidéoprojecteur est principalement utilisé pour les présentations professionnelles ou éducatives.

11.2.1.7 Autres équipements

11.2.1.7.1 Les enceintes connectées

Une enceinte connectée est un dispositif de haut-parleur intelligent muni d'une commande vocale, qui intègre un assistant virtuel doté d'une intelligence artificielle avec laquelle l'utilisateur peut interagir par la parole. L'enceinte peut interagir avec les objets qui lui sont connectés sans fil, en Wi-Fi ou Bluetooth (téléviseurs, enceintes bluetooth, etc.). L'enceinte peut également accéder à internet et lire des contenus audio, sur une plateforme de streaming audio par exemple.

L'usage de l'enceinte connectée est en pleine expansion. En 2022, 27 % des 12 ans et plus possèdent une enceinte connectée avec un assistant vocal [178].

11.2.1.7.2 Les casques de réalité virtuelle

Un casque de réalité virtuelle est un dispositif porté sur la tête, alliant écran devant les yeux et haut-parleurs sur les oreilles, qui permet de plonger l'utilisateur dans une réalité virtuelle et immersive.

Plusieurs types de casques de réalité virtuelle existent. Une partie d'entre eux sont très simples, constitués de carton et de lentilles en verre, et nécessite l'utilisation d'un smartphone comme source d'affichage. Cette technologie est très accessible car elle est peu onéreuse et se base sur un terminal principal que la plupart des utilisateurs possèdent déjà.

L'autre technologie plus connue et plus complexe utilise son propre affichage et ses capteurs pour permettre une expérience encore plus immersive. Dans cette catégorie on peut noter des différences technologiques entre les casques filaires et ceux fonctionnant sur batterie, ainsi que des technologies d'écran différentes, LCD ou OLED. Ce sont par exemple les casques HTC Vive ou Meta Quest.

En 2022, 7% des internautes possédaient un casque de réalité virtuelle[179].

Les casques de réalité virtuelle peuvent permettre de visualiser des contenus audiovisuels en trois dimensions, mais également de jouer à des jeux vidéo spécialement conçus pour cette technologie.

11.2.1.7.3 Les consoles de jeux

La console de jeu est un appareil informatique qui se rapproche d'un ordinateur par certains composants, notamment avec une unité centrale, une mémoire du système (RAM), une architecture vidéo (GPU), des lecteurs optiques et/ou disques durs, etc.). La fonctionnalité principale d'une console est de jouer à des jeux vidéo en ligne ou hors ligne, mais elle possède également de nombreuses autres fonctionnalités complémentaires (regarder du streaming vidéo, écoute de podcasts, etc.). On peut distinguer deux types de consoles :

- les consoles de jeux de salon : ce sont des consoles peu mobiles, généralement connectées à un écran de télévision, sur lequel se branchent les sorties audio et vidéo et également des manettes externes ;

[178] CREDOC (2023) – Baromètre du numérique édition 2022, pour Arcep, Arcom, ANCT, CGE
[179] CREDOC (2022) - Baromètre du numérique, édition 2022, pour Arcep, Arcom, ANCT, CGE.

- les consoles de jeux portables : ce sont des consoles de petite taille, qui possèdent leur propre écran et qui ont pour la plupart des manettes directement intégrées. Elles sont de ce fait autonomes et facilement transportables.

11.2.1.7.4 Les équipements périphériques

Ecouteurs :

Des écouteurs sont des dispositifs qui se placent dans des oreilles et qui permettent de restituer des contenus sonores. Ils transforment des signaux électriques en sons perceptibles par l'oreille, on les accroche ou les porte sur celle-ci pour l'écoute de sons.

Casque audio :

Le casque audio est composé de deux écouteurs, un pour chaque oreille. Chaque écouteur renferme une mini-enceinte constituée d'un petit haut-parleur dont la membrane, très fine, est capable de restituer toutes les fréquences audibles.

Les casques audio se relient à une source sonore par l'intermédiaire d'un connecteur (ou prise jack). Certains casques audio s'utilisent sans fil, alimentés par des piles ou des batteries rechargeables et équipés d'un récepteur d'ondes radio ou infra-rouge, voire Bluetooth ou Wi-Fi, pour communiquer avec une base reliée à la source audio.

Enceinte :

Une enceinte est un caisson (baffle) qui est relié un ou plusieurs haut-parleurs, permettant la reproduction du son à partir d'un signal électrique fourni par un amplificateur audio. Elle permet aux haut-parleurs (grâce à leur membrane) de transmettre à l'air une variation de pression efficace.

11.2.2 Les réseaux de diffusion de contenus audiovisuels

11.2.2.1 Les réseaux internet fixe et mobile

11.2.2.1.1 Définition

Le réseau internet est un mode de diffusion de la donnée qui s'opère par voie terrestre selon deux moyens possibles[180] :

- le réseau fixe, utilisant la voie physique des câbles pour connecter les abonnés à Internet et qui se caractérise par deux technologies principales :
    - Technologies FTTx (“Fibre To The x”) : ensemble de technologies amenant les câbles de fibres optiques jusqu’à l'utilisateur. Elle permet des vitesses de transfert d’environ 1 Gbit/s. On peut citer :
        - FTTH : Fiber To The Home ;
        - FTTB : Fiber To The Building ;
        - FTTO : Fiber To The Office ;
        - FTTE : Fiber To The Enterprise.
    - Technologies xDSL : ensemble de technologies de communication utilisant les câbles de cuivre des lignes téléphoniques pour l’accès à Internet. Le débit dépend de la distance entre l’abonné et le NRA (Nœud de Raccordement d'Abonnés). L’ordre de grandeur des débits descendants est de 30 Mbits/s.

[180] Source : ADEME. (2024). *Empreinte environnementale de la fourniture d’accès internet en France.*

- le réseau mobile, qui est une technologie sans-fil utilisant les ondes hertziennes pour la connexion internet., dont l'architecture et le fonctionnement sont régies par les standards du 3GPP. En 2023, les quatre principales générations de réseau mobile en France sont :
    - 2G (aussi appelé GSM ou GPRS/EDGE) : elle utilise les fréquences radio de 900 MHz ;
    - 3G (aussi appelé UMTS ou HSPA/HSPA+) : elle utilise plusieurs fréquences radio dans différentes bandes, dont 900 MHz et 2100 MHz ;
    - 4G (aussi appelé LTE/LTE-Advanced) : elle est susceptible d'utiliser différentes bandes de fréquences dont celles de 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz et 2600 MHz ;
    - 5G (aussi appelé NR) : actuellement, elle peut utiliser différentes bandes de fréquences dont 700 MHz et 3.4 à 3.8 GHz. A l'avenir, elle pourrait utiliser des fréquences beaucoup plus hautes, dites aussi « ondes millimétriques ».

En 2022, les codecs les plus utilisés sur le réseau internet pour la distribution des contenus audiovisuels sont encodés, d'une part avec H.264 qui représente la moitié du trafic vidéo sur internet, d'autre part avec VP9 et HEVC qui se partagent l'autre moitié des flux et le codec AV1, plus récent, reste minoritaire[181].

Depuis la démocratisation d'Internet, son taux d'utilisation ne fait que progresser, atteignant un taux de pénétration de 92% au sein de la population française en 2022. Par ailleurs, 8 utilisateurs sur 10 en ont un usage quotidien[182]. La hausse de son utilisation s'accompagne d'un accès à un grand nombre d'applications, permettant la navigation web mais également la diffusion de contenus audiovisuels en ligne, la communication via des applications dédiées, le « e-commerce » (l'achat sur des sites et plateformes), le divertissement (jeux vidéo, réseaux sociaux, etc.).

11.2.2.1.2 Décomposition du réseau

Le réseau mobile peut être découpé en trois grandes parties :

- le réseau d'accès radio (RAN), qui regroupe l'ensemble des infrastructures qui permettent de générer les ondes radio pour connecter les terminaux des utilisateurs ;
- le réseau de transport mobile, qui relie les antennes du RAN et les agrège en des liaisons haut débit ;
- le réseau cœur mobile, qui relient le réseau mobile au backbone et qui concentre l'intelligence du réseau.

Du côté du réseau fixe, on distingue :

- un réseau de raccordement, qui fait le raccordement entre le point de branchement et la box des abonnés ;
- des réseaux de distribution et de transport, qui permettent la liaison en fibre optique entre l'OLT et le point de branchement ;
- un réseau backbone fixe des opérateurs français, qui connecte l'ensemble du réseau fixe au réseau international de transit d'Internet.

On appelle « Réseau d'accès fixe » l'ensemble formé par le réseau de raccordement et la boucle locale. Le terme de boucle locale fixe désigne l'ensemble des réseaux fixes de transport, distribution et de raccordement.

[181] Source : L'état d'internet en France. Arcep, 2023. https://www.arcep.fr/actualites/actualites-et-communiques/detail/n/numerique-040723.html
[182] CREDOC (2023) - Baromètre du numérique, édition 2022, pour Arcep, Arcom, ANCT, CGE

Le réseau internet est détaillé dans la partie rose de la figure suivante.

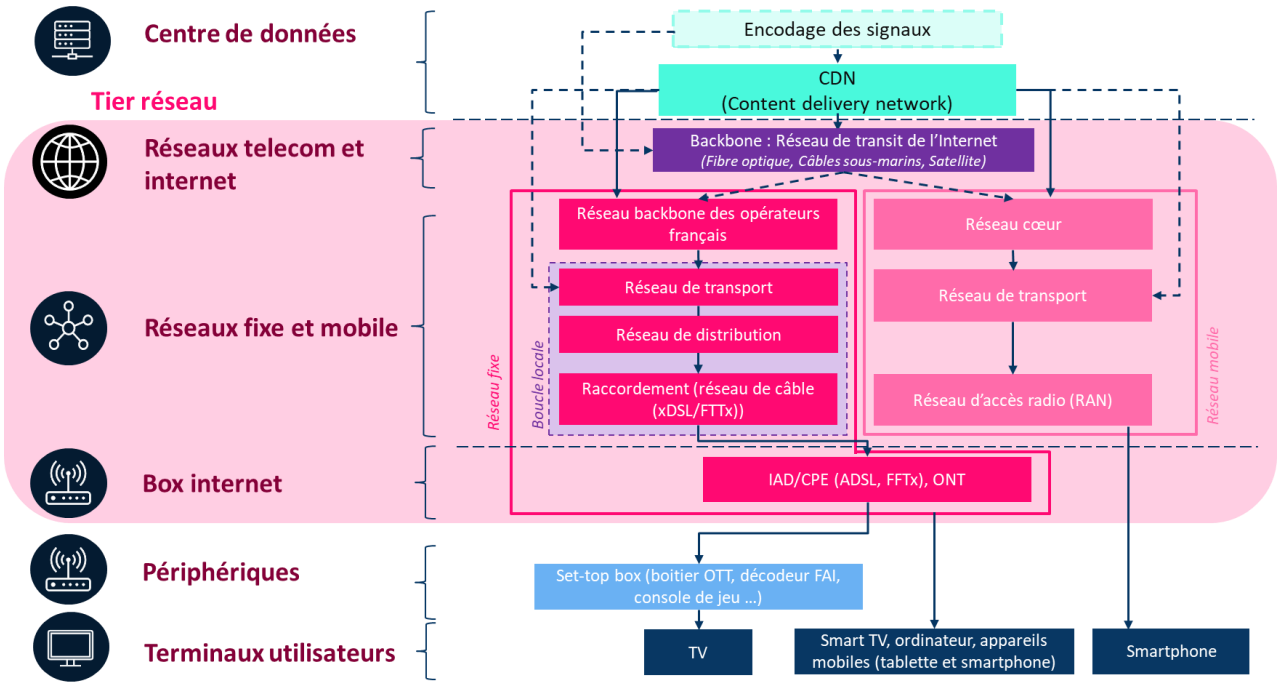


Figure 94 – Schéma de la chaîne de valeur de la diffusion par Internet

11.2.2.2 Le réseau TNT

11.2.2.2.1 Définition

La TNT est une technologie de diffusion hertzienne pour la télévision qui utilise la modulation par codage d'impulsion numérique pour transmettre des données. Depuis 2016, les chaînes de la TNT sont diffusées avec la norme de diffusion DVB-T (« Digital Video Broadcasting – Terrestrial »)[183] et les flux de données sont compressés avec le codec H.264. Cette évolution technique a permis d'enrichir le nombre de chaînes par multiplex[184] et de généraliser la Haute Définition (HD), mais aussi de libérer une partie de la bande de fréquence 700 MHz en faveur des opérateurs de téléphonie mobile. Le réseau TNT diffuse aujourd'hui sur l'ensemble du territoire français dans la bande ultra haute fréquences (UHF) 470-694 MHz. Une évolution vers la norme de diffusion DVBT-2, permettant la diffusion en UHD est en cours d'expérimentation et sera utilisée par France Télévisions à l'occasion des Jeux Olympiques et Paralympiques de 2024.

Le réseau TNT possède une large couverture nationale (plus de 97 % de la population couverte en hexagone) et diffuse environ 80 chaînes nationales ou locales. Le mode de diffusion de la TNT permet de regarder la télévision en linéaire, ce qui désigne le mode de consommation « traditionnel » de la télévision par lequel un programme est regardé au moment de sa diffusion[185].

11.2.2.2.2 Décomposition du réseau

Le réseau TNT débute juste après les opérations de codage et multiplexage des données. Les multiplex sont alors transmis à un réseau d'émetteurs situés sur des pylônes répartis sur une large zone géographique et qui assure la diffusion du signal. Les multiplex nationaux sont déployés,

[183] Norme européenne de diffusion de la télévision numérique terrestre utilisée en France et à titre majoritaire par de nombreux pays dans le reste du monde. Son successeur est le DVB-T2.
[184] Groupe de chaînes de télévision ou de radios diffusées sur un même canal, c'est-à-dire sur une même gamme de fréquences. En France hexagonale, les chaînes nationales de la TNT sont actuellement reparties sur 6 multiplex.
[185] TDF. (2018). Livre blanc TNT : la place de la télévision numérique terrestre dans le paysage audiovisuel français.

chacun, sur 1626 sites, à l'exception du multiplex R3 déployé sur 1136 sites qui présente une couverture légèrement inférieure. La réception du signal se fait ensuite par antennes râteaux équipées d'adaptateurs. Dans certain cas, lorsque le signal est utilisé pour plusieurs foyers, un amplificateur d'antenne peut être ajouté. Le signal est ensuite décodé par un décodeur TNT (le plus souvent directement intégré dans le téléviseur).

Le réseau TNT est détaillé dans la partie rose de la figure suivante.

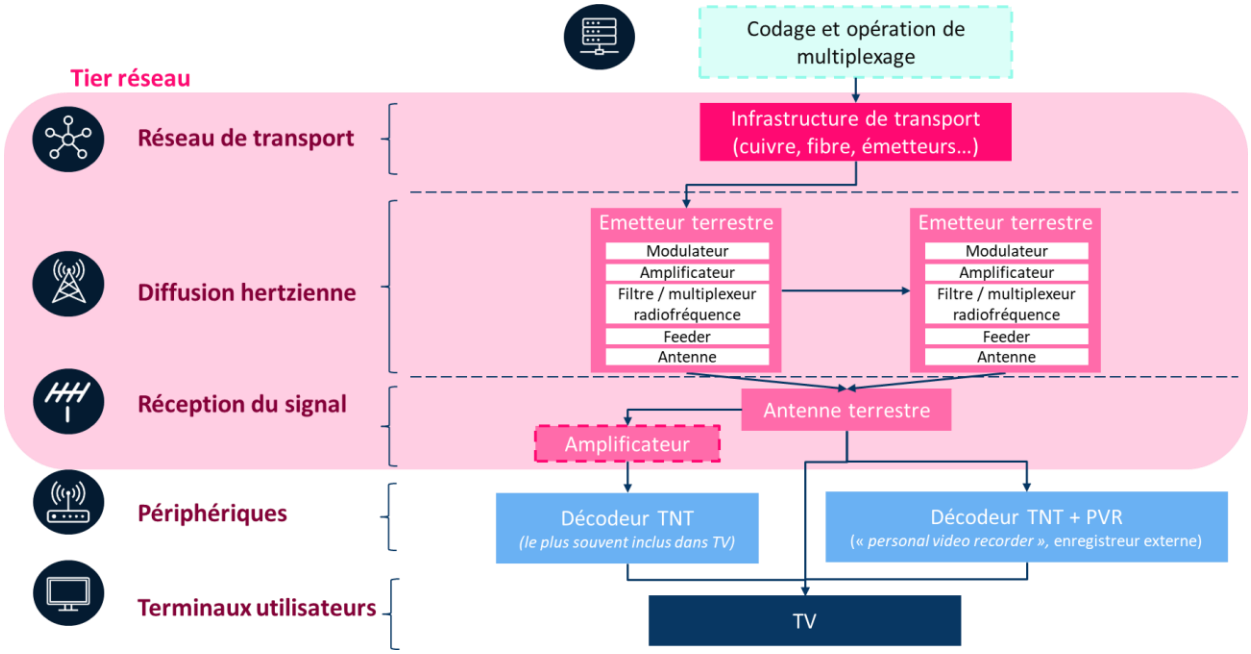


Figure 95 - Schéma de la chaîne de valeur de la diffusion TNT

11.2.2.3 Le réseau IPTV géré

11.2.2.3.1 Définition

L'IPTV ou « *Internet Protocol Television* » est un mode de diffusion de la télévision par flux de données vidéos encodées comme une série de paquets IP, via les réseaux internet. Cette technologie est apparue au début des années 2000, initialement développée en s'appuyant sur la technologie multicast présente dans les réseaux IP depuis les années 1980. Le multicast permet d'envoyer les informations une seule fois pour plusieurs personnes. En effet, les progrès technologiques ont permis une augmentation du débit de transmission des données au niveau du réseau d'accès (à cette époque avec l'ADSL) devenu compatible avec la transmission de contenus vidéo grâce à l'amélioration des algorithmes de compression vidéo. Aujourd'hui, la technologie de codec vidéo la plus employée pour l'IPTV géré est H.264 suivi de AVS.

L'IPTV géré est fournie par les fournisseurs d'accès à internet (FAI) qui proposent de plus en plus d'offres « *triple play* » permettant à l'utilisateur d'accéder avec une seule box internet à la téléphonie fixe, internet et la diffusion de télévision (à l'aide d'un décodeur FAI relié à la box internet).

11.2.2.3.2 Décomposition du réseau

La technologie IPTV utilise l'infrastructure du réseau IP, cependant la transmission des flux de données s'opère différemment de la transmission classique du réseau internet fixe.

Le réseau internet fixe utilise le mode de transmission unicast, c'est-à-dire que les données sont envoyées d'un émetteur vers un seul récepteur. Le flux transmis n'est pas priorisé au niveau du réseau, le traitement des données est identique quel que soit le contenu diffusé et sa provenance, ce qui répond à la "Neutralité du Net".

A l'inverse, la diffusion via IPTV géré s'appuie sur la technologie multicast, qui permet à un même paquet de données d'être reçu par plusieurs terminaux à la fois. Ce sont les équipements IP du réseau qui se chargent de répliquer le flux si nécessaire, ainsi une même chaîne est transmise une seule fois sur certain segment du réseau. Les segments du réseau IP pouvant utiliser la technologie multicast sont le segment du réseau d'agrégation ou de collecte et le segment du réseau core. Les flux IPTV géré sont ainsi priorisés sur des segments entiers du réseau IP, ce qui assure une certaine qualité de réception de la TV linéaire. Ce mécanisme est opéré par des opérateurs indépendants (les FAI) et est prévue par le règlement européen de « neutralité du net ». Il est à noter que la diffusion via IPTV géré au niveau du segment du réseau d'accès utilise la technologie unicast pour la transmission des données jusqu'à l'utilisateur. De plus la gestion de cette diffusion n'étant pas standardisée, implique le développement d'équipement spécifique (décodeur FAI) par les différents opérateurs.

Le réseau IPTV géré est détaillé dans la partie rose de la figure suivante.

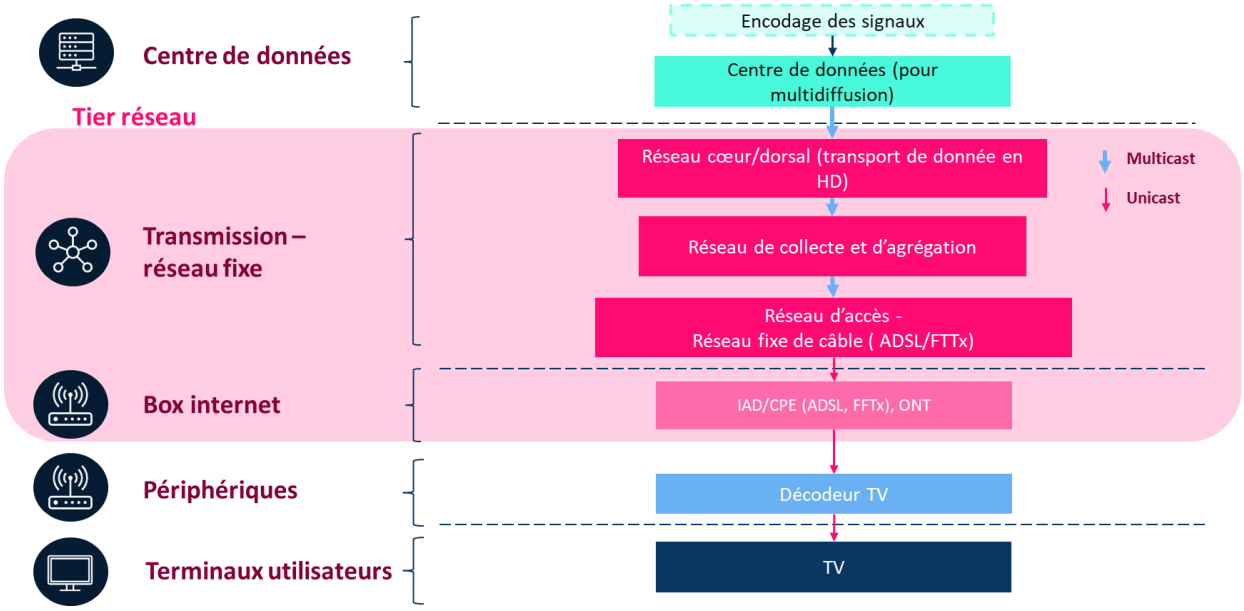


Figure 96 – Schéma de la chaîne de valeur de la diffusion par IPTV géré

11.2.2.4 Le réseau satellite

11.2.2.4.1 Définition

Le réseau satellite est un réseau très similaire au réseau TNT, qui permet aussi de diffuser la télévision linéaire par voie hertzienne, mais à l'aide de satellites situés en orbite autour de la Terre, à la place des antennes terrestre du réseau TNT. Les chaînes diffusées via le réseau satellite sont régies par la norme de diffusion DVB-S (« Digital Video Broadcasting – Satellite »)[186] et les flux de données sont encodées avec H.264, ce qui permet une diffusion en HD. Cette technologie donne lieu de recevoir, en plus des chaînes TNT, des bouquets de chaînes et de services exclusivement satellite.

[186] Norme européenne de diffusion de la télévision numérique satellite, son successeur est le DVB-S2.

11.2.2.4.2 Décomposition du réseau

A la différence du réseau TNT, les multiplex sont transmis à un réseau de satellites via des stations terriennes , qui diffusent ensuite le signal sur toute la surface de la terre. Le signal est alors réceptionné par antenne parabolique directement installée chez le consommateur, puis transmis à un décodeur avant d'arriver sur l'écran du téléviseur.

Le réseau satellite est détaillé dans la figure suivante.

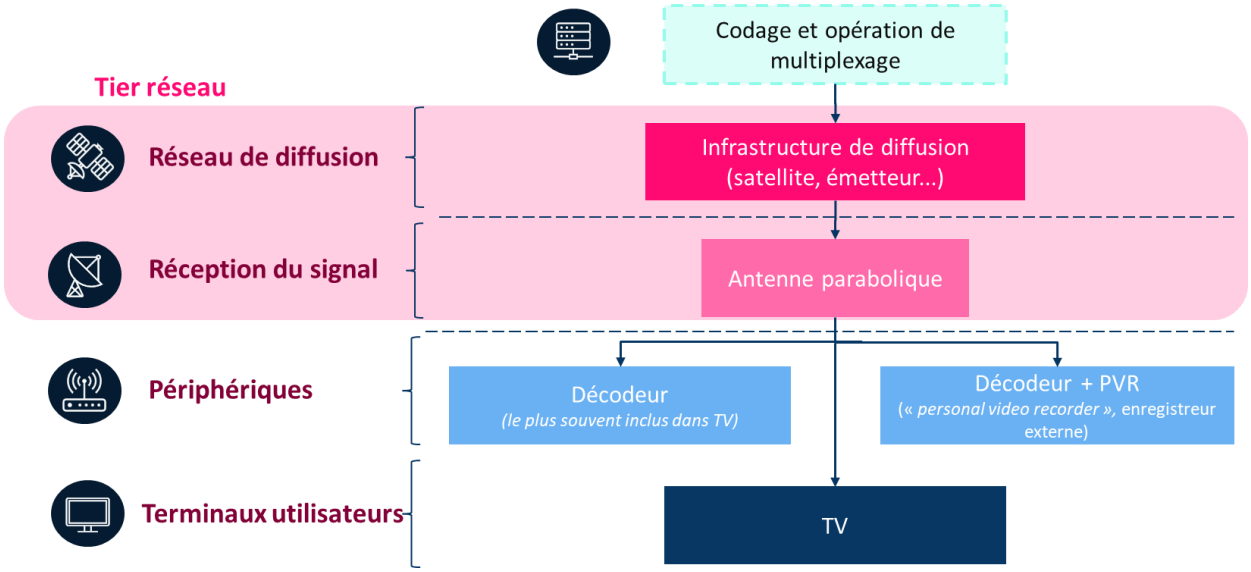


Figure 97 – Schéma de la chaîne de valeur de la diffusion par satellite

11.2.2.5 Le réseau FM

11.2.2.5.1 Définition

La FM est un procédé de radiodiffusion qui utilise la modulation de fréquence analogique pour coder des données et les émettre par voie hertzienne. La bande de très hautes fréquences allant de 87,5MHz à 108MHz est allouée à ce type de diffusion.

Le réseau FM permet de diffuser des programmes radiophoniques (musique, information, divertissement, etc.) à destination du grand public. Les radios peuvent être diffusées à l'échelle nationale, ou à des échelles locales.

11.2.2.5.2 Décomposition du réseau

La tête du réseau FM débute par les infrastructures des diffuseurs. Les signaux sont ensuite transmis à des premiers émetteurs, puis la diffusion s'effectue par ondes hertziennes, à l'aide d'un réseau d'émetteurs situés sur des pylônes répartis sur une large zone géographique. La réception du signal se fait ensuite par les terminaux utilisateurs, munis d'une antenne. Le signal est ensuite décodé, et transmis sur des enceintes, écouteurs, ou autres appareils d'écoute.

Le réseau FM est détaillé dans la partie rose de la figure suivante.

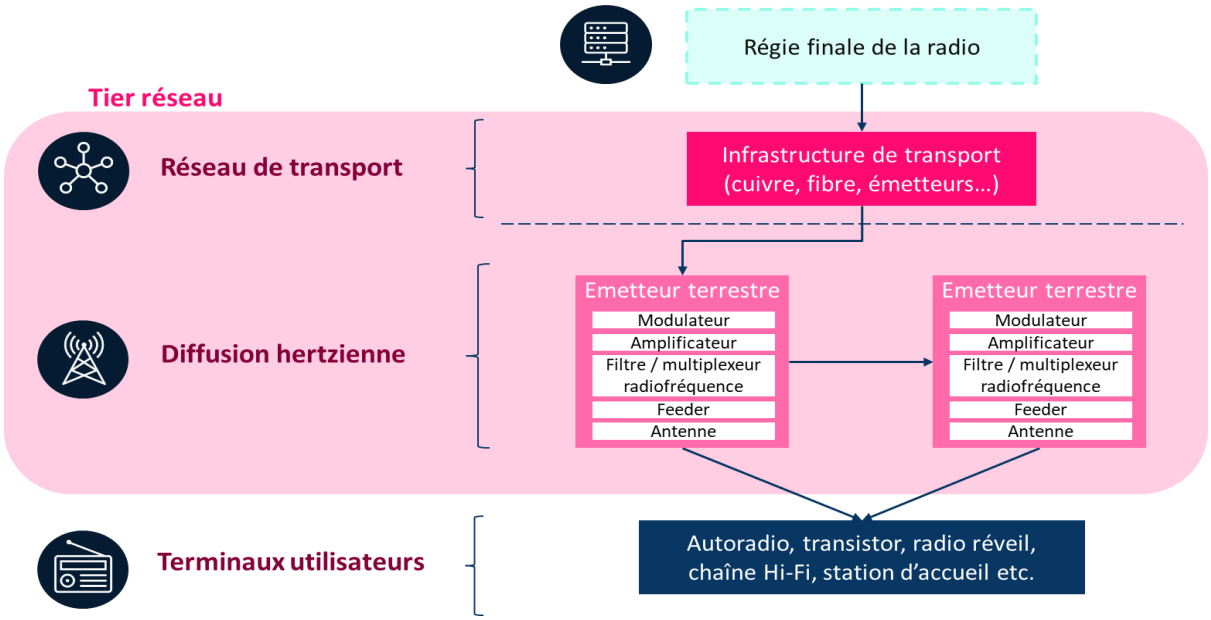


Figure 98 - Schéma de la chaîne de valeur de la diffusion FM

11.2.2.6 Le réseau DAB+

11.2.2.6.1 Définition

Comme le réseau FM, le réseau DAB+ permet de diffuser des programmes radiophoniques (musique, information, divertissement, etc.) à destination du grand public. Les radios peuvent être diffusées l'échelle nationale, ou à des échelles locales.

Le DAB+ est une technologie de diffusion hertzienne pour la radio qui utilise la modulation par codage d'impulsion numérique pour transmettre des données. Le DAB+ utilise le codec audio HE-AAC version 2 (AAC+), une amélioration par rapport à la technologie DAB. La bande de très hautes fréquences allant de 174 à 240MHz est allouée à ce type de diffusion.

Cette technologie permet d'une part de palier la saturation de la bande FM dans plusieurs zones, et d'autre part de proposer un plus grand nombre de programmes (plusieurs radios pouvant être émises sur une même fréquence), d'émettre un son de meilleure qualité, et d'assurer une continuité d'écoute en mobilité de qualité supérieure à la FM. Des données numériques plus variées peuvent également être transmises (logo et images en plus des titres de chansons)[187].

11.2.2.6.2 Décomposition du réseau

Le réseau DAB+ se décompose selon la même architecture que le réseau FM, et débute par les infrastructures des diffuseurs (pylônes, émetteurs, antennes, etc.). Pour le réseau DAB+, les signaux des différentes radios sont multiplexés en un seul signal. Une fréquence radio DAB+ émise par un émetteur DAB+ contient 13 radios différentes en France. Les signaux sont ensuite transmis à des premiers émetteurs, puis la diffusion s'effectue par ondes hertziennes, à l'aide d'un réseau d'émetteurs situés sur des pylônes répartis sur une large zone géographique. La réception du signal se fait ensuite par les terminaux utilisateurs, munis d'une puce spécifique. Le signal est ensuite décodé, et diffusé sur des enceintes, écouteurs, ou autres appareils d'écoute.

Le réseau DAB+ se décompose de la même manière que le réseau FM (cf. Figure 98).

[187] https://www.csa.fr/Informer/Comment-recevoir-la-television-et-la-radio/DAB-tout-savoir-sur-la-radio-numerique-terrestre/Tout-savoir-sur-la-reception-et-le-deploiement-du-DAB

11.3 ANNEXE C – Description des éléments de l'état des lieux des différents usages audiovisuels en France

11.3.1 Etat des lieux des usages audio

11.3.1.1 La radio hertzienne

11.3.1.1.1 Définition

La radio hertzienne correspond à l'écoute d'un contenu audio diffusé en direct, que ce soit de la musique, des informations pratiques (info trafic, météo), des émissions thématiques ou des actualités. La radio hertzienne utilise un mode de diffusion hertzien ou "broadcast" au sens où la transmission est effectuée sans les adresses des utilisateurs.

11.3.1.1.2 Terminaux

Les terminaux permettant la réception de la radio sont très variés, les terminaux pris en compte dans cette étude sont décrits dans la partie *3.3.1 Les terminaux de consommation audiovisuelle.* Parmi eux se trouvent les postes radio, transistors, autoradios, chaînes Hi-Fi, radio-réveils, ou encore stations d'accueil.

11.3.1.1.3 Réseaux

Les réseaux pouvant être utilisés pour accéder à la radio hertzienne sont les réseaux FM et DAB+.

La répartition entre les usages en FM et en DAB+ est difficile à mesurer. Le déploiement du DAB+ est pour l'instant concentré sur les zones urbaines, la couverture est donc moins développée que celle du réseau FM.

Concernant les terminaux, tous les véhicules neufs vendus depuis le 21 juin 2020 doivent permettre la réception du DAB+, et une grande variété de récepteurs compatibles DAB+ existe[188], mais le parc d'équipements n'est pas encore assez renouvelé. Par ailleurs, il est très complexe d'estimer la répartition entre l'utilisation du réseau FM et DAB+ car les terminaux, spécifiquement les autoradios, passent automatiquement de l'un à l'autre en fonction de la qualité de la réception, et ce, sans en informer l'auditeur.

11.3.1.1.4 Serveurs et centres de données

Les modes de diffusion hertziens ne nécessitent que des centres de données « origine » pour stocker l'ensemble des données radio.

11.3.1.1.5 Volume d'usage

Tout confondu (numérique et radio classique), 39,3 millions de français écoutent chaque jour la radio, dont 8,8 millions sur des supports numériques, soit 15,9% des 13 ans et plus. La moyenne d'écoute journalière est de 2h31 (2h13 sur les support numériques).[189][190].

11.3.1.2 La radio via internet

11.3.1.2.1 Définition

La radio via internet correspond à l'écoute d'un contenu similaire à la radio hertzienne, mais diffusé via les réseaux fixes et mobiles internet. Certains diffuseurs diffusent le même contenu via internet

[188] https://www.dabplus.fr/recepteurs/
[189] Médiamétrie. (2023). Communiqué de presse Global Radio Septembre-Octobre 2022.
[190] Médiamétrie. (2022). Audience de la Radio en France en Janvier-Mars 2023.

et via les réseaux hertziens, tandis que d'autres ne diffusent qu'à travers l'un de ces modes. Les radios dont la diffusion se fait uniquement en ligne peuvent être appelées webradios.

La radio via internet peut être en direct, ou en différé. On parle alors de podcasts replay, par opposition aux podcasts natifs, exclusivement écoutés à la demande.

11.3.1.2.2 Terminaux

Les terminaux permettant la réception de la radio sont tous les appareils permettant d'accéder à internet, c'est-à-dire les téléphones mobiles, les ordinateurs, les tablettes, les enceintes connectés, les consoles de jeux et les téléviseurs. L'usage de ces terminaux numériques est détaillé dans la partie *3.4.1 Etat des lieux des usages .*

11.3.1.2.3 Réseaux

La radio en direct via internet est transmise via les réseaux donnant accès à internet : les réseaux fixes (xDSL et FTTx) et mobiles (3G/4G/5G). La description de ces réseaux est détaillée dans la partie *3.3.2 Les réseaux de diffusion de contenus audiovisuels.*

11.3.1.2.4 Serveurs et centres de données

La radio en direct via internet nécessite des centres de données « origine » pour faire stocker l'ensemble des données radio.

11.3.1.2.5 Volume d'usage

Côté diffusion numérique, l'Alliance pour les Chiffres de la Presse et des Média (ACPM) a certifié près de 133 millions d'heures d'écoutes de radio en direct via internet sur le mois de juin 2023, en France[191].

Les podcasts radio représentent quant à eux 5% des usages audio. En juin 2023, 17.8 millions de podcasts (natifs et replay) ont été téléchargés en France d'après l'ACPM[192].

11.3.1.3 L'audio en ligne

11.3.1.3.1 Définition

L'audio en ligne réunit tous les usages audio qui ne sont ni en direct, ni en physique (CD, supports USB etc.). Cela comprend donc le streaming audio sur des plateformes dédiées, le streaming musical vidéo, qui consiste à utiliser une vidéo en fond visuel, et l'écoute de podcasts « natifs », c'est-à-dire créés exclusivement pour être écoutés à la demande.

11.3.1.3.2 Terminaux

Les terminaux qui permettent l'écoute d'audio à la demande sont tous les appareils fournissant un accès à internet, c'est-à-dire les téléphones mobiles, les ordinateurs, les tablettes, les consoles de jeux et les téléviseurs. Les enceintes et casques connectés permettent également d'écouter des contenus audio lorsque ces derniers sont diffusés sur des équipements connectés directement à internet. L'usage de ces équipements numériques est détaillé dans la partie *3.4.2 Etat des lieux des usages vidéo.*

[191] https://www.acpm.fr/Actualites/Les-publications/Communiques-des-Podcasts/ACPM-Classements-des-Podcasts-Juin-2023
[192] https://www.acpm.fr/Actualites/Les-publications/Communiques-des-Podcasts/ACPM-Classements-des-Podcasts-Juin-2023

11.3.1.3.3 Réseaux

Les réseaux qui permettent d'écouter la radio en différé sont tous les réseaux qui donnent accès à internet, c'est-à-dire les réseaux fixes (xDSL et FTTx) ainsi que les réseaux mobiles (3G/4G/5G). La description des réseaux est détaillée dans la partie *3.3.2 Les réseaux de diffusion de contenus audiovisuels.*

11.3.1.3.4 Serveurs et centres de données

Les diffuseurs de musique en streaming stockent l'ensemble de leurs données dans des centres de données « origine », le plus souvent en interne. Et ce sont les CDN (« *Content Delivery Network* »), alimentés par ces centres de données origines, contenant seulement les données des titres les plus écoutés, qui se situent au plus proche de l'utilisateur et qui transmettent les informations.

11.3.1.3.5 Volume d'usage

La musique en streaming représente 31% de la consommation d'audio en France, dont 10% de musique vidéo écoutée en fond sonore[193]. Environ 120 000 morceaux (musique ou autres) sont ajoutés chaque jour aux catalogues des plateformes de streaming, et ce nombre croit de façon exponentielle. Le catalogue représente actuellement environ 90 millions de morceaux[194].

Au sein des usages audio musicaux, le streaming représente une part de plus en plus importante. En France en 2021, 72% de l'écoute de musique était effectuée via les services de streaming payant, contre 51% en 2019. Ce mode de consommation est particulièrement présent chez les plus jeunes : il représente 89% de l'écoute de musique chez les 16-24 ans[195].

Les podcasts natifs représentent quant à eux 2% des usages audio[196].

11.3.2 Etat des lieux des usages vidéo

11.3.2.1 La télévision en linéaire

11.3.2.1.1 Définition

La télévision linéaire désigne le mode de consommation « traditionnel » de la télévision par lequel un programme est regardé au moment de sa diffusion.

11.3.2.1.2 Terminaux

La télévision en linéaire peut être visionnée sur différents terminaux, dont le téléviseur, terminal historiquement prévu spécifiquement pour cet usage. Si les téléviseurs permettent désormais d'autres modes de consommation (type vidéo à la demande), le visionnage de programmes TV en direct ou en différé reste prépondérant : il représentait 80% du temps d'utilisation total des téléviseurs, en France en 2022[197].

Les téléviseurs peuvent accéder à des programmes TV à l'aide d'un équipement annexe permettant de réceptionner le signal (comme les décodeurs TNT, les décodeurs satellite, les décodeurs FAI, les consoles de jeu, ou encore les boîtiers OTT), ou directement lorsque le décodeur est intégré au téléviseur. Des Smart TV connectées sont également capables d'accéder aux programmes TV grâce à une connexion internet.

[193] Médiamétrie. (2023). Communiqué de presse Global Audio 2023.
[194] Source : Entretien du 17/07/23 avec Deezer
[195] IFPFI. (2021). La consommation de musique 2021.
[196] Médiamétrie. (2023). Communiqué de presse Global Audio 2023.
[197] Médiamétrie. (2022). Année TV 2022.

La télévision linéaire peut également être visionnée sur tous les autres équipements connectés à internet et capables d'afficher des contenus vidéos (ordinateurs, smartphone, tablettes, etc.), via le site de la chaîne ou une application dédiée.

11.3.2.1.3 Réseaux

La TV linéaire peut être réceptionnée selon plusieurs modes de diffusion, via des réseaux de type broadcast ou via le réseau internet.

La TV via réseau broadcast prend en compte la diffusion via TNT et la diffusion via satellite. La TV via réseau internet comprend la diffusion via IPTV géré et la diffusion OTT.

Au sein de ces modes de diffusion, on compte 45,3% des foyers qui réceptionnent la télévision uniquement par IPTV géré et OTT, 18% qui la réceptionne par IPTV géré et TNT (sur l'ensemble des téléviseurs des foyers, 19,8% qui ont la réception uniquement TNT et 5,6% des foyers la reçoivent par satellite[198].

La télévision linéaire via OTT se fait via un accès à internet, c'est-à-dire en utilisant les réseaux fixes (xDSL et FTTx) ainsi que les réseaux mobiles (3G/4G/5G).

La description des réseaux est détaillée dans la partie *3.3.2 Les réseaux de diffusion de contenus audiovisuels*.

11.3.2.1.4 Serveurs et centres de données

La TV linéaire qui utilise les modes de diffusion TNT et satellite n'a besoin que de stocker l'ensemble de ses données dans des centres de données « origine ».

En revanche, dans le cas de la diffusion par internet (IPTV géré ou OTT), la télévision linéaire utilise des centres de données pour héberger ses contenus et des réseaux de CDN pour les transmettre aux utilisateurs.

11.3.2.1.5 Volume d'usage

En 2022, le nombre de téléspectateurs quotidiens regardant les programmes TV (en direct ou différé) s'élève à 43,3 millions, pour une durée moyenne de visionnage de 3h26 par jour[199]. Ainsi le nombre d'heure total de visionnage sur l'année 2022 est de 54,3 milliards.

11.3.2.2 La vidéo à la demande

11.3.2.2.1 Définition

La vidéo à la demande (VàD) est un service de mise à disposition de vidéos (programme TV, série, film, etc.) sur un serveur réseau.

La VàD est un terme assez générique qui peut être découpé en 4 catégories :

- la « vidéo à la demande par abonnement » (VàDA), qui permet d'accéder à un catalogue de contenus grâce à un abonnement mensuel ou annuel. Les plateformes de SVOD les plus connues sont Netflix, Amazon Prime Video, OCS, Disney+, etc ;
- la « télévision de rattrapage » (TVR), que l'on appelle également *Replay*. Elle permet d'accéder à des contenus de rattrapage des chaînes TV, initialement diffusés en linéaire ;
- la « vidéo à la demande gratuit » (VàD gratuit), ou la VàD financée par la publicité. Il s'agit de plateformes où le contenu est gratuit, mais où les consommateurs doivent regarder des publicités pour accéder au contenu de leur choix (TF1+, M6+, etc.) ;

[198] Arcom. (2022). Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers de France métropolitaine
[199] Mediamétrie. (2022b). Année TV 2022.

- La « vidéo à la demande à l'acte » (VàD à l'acte), ou la VàD à la location ou à l'achat. Ce sont les plateformes où il est possible de louer pour une durée déterminée ou d'acheter des titres, tels que des films, des séries, des documentaires, etc.

11.3.2.2.2 Terminaux

La VàD est accessible sur tous les terminaux permettant de regarder des vidéos et possédant une connexion à internet. Cependant d'après le « baromètre trimestriel de la vidéo », de 2022 du CNC, les supports les plus utilisés pour la consommation de VàD sont[200] :

- la télévision, avec un taux de pénétration de 88% ;
- l'ordinateur, avec un taux de pénétration de 39,3% ;
- le smartphone, avec un taux de pénétration de 27,3% ;
- la tablette, avec un taux de pénétration de 17,6%.

11.3.2.2.3 Réseaux

Les réseaux qui permettent de regarder de la VàD sont tous les réseaux qui donnent accès à internet, c'est-à-dire les réseaux fixes (xDSL et FTTx) ainsi que les réseaux mobiles (3G/4G/5G). La description des réseaux est détaillée dans la partie *3.3.2 Les réseaux de diffusion de contenus audiovisuels*.

En effet, les réseaux TNT et satellite ne permettent pas la diffusion à la demande. Ils sont composés d'émetteurs diffusant les signaux TV en instantané, ce qui ne leur donne pas la capacité de conserver le signal pour le transmettre lorsque l'utilisateur le souhaite. Ainsi, pour améliorer l'offre de services interactifs mis à disposition sur la TNT, afin notamment de proposer la télévision de rattrapage ou la vidéo à la demande par abonnement, la TNT peut être couplé au service OTT avec la norme HbbTV « Hybrid Broadcast Broadband TV »[201], à condition de posséder un téléviseur compatible et une connexion internet.

11.3.2.2.4 Serveurs et centres de données

Pour pouvoir répondre aux requêtes des utilisateur en instantané, le mode de diffusion à la demande nécessite un stockage de données dans des centres de données « origine ». Les CDN sont ensuite utilisés pour amener les données au plus proche de l'utilisateur.

11.3.2.2.5 Volume d'usage

La vidéo à la demande prend de plus en plus d'ampleur au sein de la consommation de vidéo. En 2022, la consommation à la demande représentait 50% de la consommation vidéo totale des 18-64 ans (TV, VàD, autres vidéos sur internet y compris les plateformes gratuites de vidéos), contre 34% en 2018. Cela est d'autant plus le cas chez les plus jeunes, où elle représente 81% de la consommation vidéo totale chez les 18-24 ans.[202]

Parmi les services de VàD, la VàDA possède une place importante au sien de la consommation vidéo des foyers. En 2022, 48% des foyers français sont abonnés à un service de VàDA[203]. En 2019, les consommateurs passaient en moyenne environ 2 heures par jour sur la plateforme Netflix[204].

[200] CNC. (2022). CNC - Baromètre trimestriel de la vidéo - Année 2022.

[201] Norme européenne de communication qui permet de combiner les flux diffusés à des flux internet sur les téléviseurs connectés (Smart TV) ou boîtiers TV. HbbTV permet notamment aux chaînes de télévision de publier en plus et en accompagnement de leur diffusion hertzienne de programmes télévisés, un accès à des contenus OTT interactifs (guide de programme, télévision de rattrapage…).

[202] CNC. (2022). – Observatoire de la vidéo à la demande

[203] Médiamétrie. (2022). *Communiqué de presse Année Internet 2022*.

[204] https://www.carbonbrief.org/factcheck-what-is-the-carbon-footprint-of-streaming-video-on-netflix/

11.3.2.3 Les plateformes de partage de vidéo (PPV)

11.3.2.3.1 Définition

Est considéré comme service de plateforme de partage de vidéos tout service remplissant les conditions suivantes :

1. Le service est fourni au moyen d'un réseau de communications électroniques ;
2. La fourniture de programmes ou de vidéos créées par l'utilisateur pour informer, divertir ou éduquer est l'objet principal du service proprement dit ou d'une partie dissociable de ce service, ou représente une fonctionnalité essentielle du service ;
3. Le fournisseur du service n'a pas de responsabilité éditoriale sur les contenus mentionnés au 2° mais en détermine l'organisation ;
4. Le service relève d'une activité économique

11.3.2.3.2 Terminaux

Les PPV sont accessibles sur tous les terminaux permettant de regarder des vidéos et possédant une connexion à internet, comme les smartphones, ordinateurs, tablettes ou encore téléviseur connecté à internet. 88% des visionnages de vidéo sur YouTube, plus grand acteur du marché des PPV, se font sur smartphone.[205]

11.3.2.3.3 Réseaux

Les réseaux qui permettent de regarder d'utiliser les PPV sont tous les réseaux qui donnent accès à internet, c'est-à-dire les réseaux fixes (xDSL et FTTx) ainsi que les réseaux mobiles (3G/4G/5G). La description des réseaux est détaillée dans la partie *3.3.2 Les réseaux de diffusion de contenus audiovisuels.*

11.3.2.3.4 Serveurs et centres de données

Comme pour la VàD, les PPV utilisent des centres de données « origine » et des CDN pour la transmission de leurs contenus.

11.3.2.3.5 Volume d'usage

Les plateformes de partage de vidéo occupent une place importante dans le paysage de l'audiovisuel, comme YouTube, qui constitue le 2ème site internet le plus visité en 2022 dans le monde derrière Google, avec 33 milliards de visiteurs annuels[206], et un temps d'utilisation quotidien de 36 minutes par jour (1h08 chez les 15-24 ans)[207]. Ou encore TikTok qui est la 1ème application la plus téléchargée en 2022 selon Statista[208], avec 22.4 millions de visiteurs uniques mensuels et un temps moyen d'utilisation de l'application de 95 minutes par jour[209].

[205] https://www.demandsage.com/youtube-stats/
[206] https://www.monpetitforfait.com/vpn/aides/top-30-sites-visites-monde-2021
[207] https://www.blogdumoderateur.com/chiffres-youtube/
[208] https://www.statista.com/statistics/1285960/top-downloaded-mobile-apps-worldwide/
[209] https://www.blogdumoderateur.com/chiffres-tiktok/

11.4 ANNEXE D - Description des principaux codecs vidéo

Les informations de cette annexe sont issues du rapport « L'état d'internet en France » réalisé par l'Arcep en 2023[210].

Le tableau suivant récapitule les principaux codecs vidéo utilisé au cours du temps.

Tableau 104 – Description des principaux codecs vidéo

Nom des Codecs	Date de création	Description
H.262 / MPEG-2 Part 2	1995	H.262/MPEG-2 a été peu utilisé sur internet, mais c'est le codec utilisé sur tous les DVD vidéo. Il était également utilisé pour la télévision TNT de première génération (de 2005 à 2016), la télévision sur le câble et sur les premières des box « *triple play* » en France. Le H.262/ MPEG-2 est bien moins efficace que le H.264/AVC et les opérateurs ont tous changé les équipements des clients incompatibles H.264/AVC afin de pouvoir arrêter l'utilisation de ce codec peu efficace. En 2021 la principale utilisation du MPEG-2 reste la lecture de DVD vidéo. Les revendeurs de produits et services utilisant la norme H.262/MPEG-2 doivent payer des droits pour l'utilisation d'une technologie brevetée. Le dernier brevet américain ayant expiré le 14 février 2018, seuls les brevets philippins et malaisiens sont restés actifs après cette date.
H.264 / AVC	2003	H.264/AVC est aujourd'hui supporté par presque tout ce qui est connecté à internet. Seul quelques rares puristes de *l'open source* n'installent pas ce codec propriétaire sur leur Linux / BSD. Il est massivement utilisé pour tout ce qui enregistre et lit de la vidéo. La TNT HD utilise H.264/AVC depuis son lancement en 2008 (en complément de la TNT SD en H.262/MPEG-2 de 2008 à 2016). Conçu il y a 20 ans, H.264/AVC a 2 inconvénients : il existe maintenant des codecs plus efficaces en compression vidéo et il est payant (les revendeurs de produits et services utilisant la norme H.264/AVC doivent payer des droits pour l'utilisation d'une technologie brevetée). Firefox n'a pas de licence H.264 mais utilise le codec intégré dans le système d'exploitation.
VP8	2008	VP8 est un codec propriétaire techniquement proche de H.264/AVC, développé par On2. En février 2010, Google a racheté l'entreprise. La *Free Software Foundation* a écrit une lettre ouverte à Google pour demander de diffuser VP8 sous licence libre et de l'utiliser sur le site de partage de vidéo YouTube, ce que Google fait le 19 mai 2010 en l'intégrant au projet WebM sous licence Creative Commons paternité (CCby) avec une implémentation sous licence BSD. Son avantage sur H.264 était d'être un format ouvert à une époque où H.264/ AVC n'était pas systématiquement pris en charge par les navigateurs internet. Il a été utilisé par YouTube en plus de H.264 avant que VP9 prenne sa place. L'algorithme de compression utilisé pour les images-clés du VP8 est utilisé dans le format d'image WebP, format qui est plus efficace que le JPEG.

[210] Source : https://www.arcep.fr/actualites/actualites-et-communiques/detail/n/numerique-040723.html

VP9	2012	VP9 est le successeur de VP8. VP9 est significativement plus performant que VP8 et H.264/AVC. VP9 permet d'avoir un débit et une qualité vidéo comparable à H.265/HEVC, mais contrairement à ce dernier, il est ouvert et sans redevance. VP9 est utilisable sur tous les équipements récents, sauf sur Safari et iOS où il y a des restrictions à l'utilisation de VP9. Apple a pourtant implémenté VP9, mais ne le rend disponible que pour des cas où il est indispensable comme WebRTC pour que les utilisateurs d'iPhone / Mac puissent passer des appels vidéo ou sur YouTube afin d'avoir accès aux résolutions 4k où seuls les codecs VP9 et AV1 sont proposés.
H.265/HEVC	2013	Sur internet, H.265 est principalement poussé par Apple qui le propose depuis 2017, avec iOS 11 et macOS High Sierra. Apple fait partie des entreprises qui touchent des royalties sur ce codec. H.265/HEVC est gourmand : il comptait au début réclamer des royalties à hauteur de 0,5 % des revenus générés par la diffusion de flux vidéo (donc 0,5 % des prix des vidéos à la demande iraient chez le groupe d'industriels Access Advance anciennement HEVC Advanced). H.265 aurait dû être une réussite y compris sur internet, mais c'était sans compter sur l'arrivée des codecs ouverts VP9 et AV1 et de l'absence de support de H.265 hors de l'écosystème Apple et de l'écosystème de la diffusion TV traditionnelle : Firefox, Edge, Chrome et de nombreux autres navigateurs ne permettent pas de lire des vidéos encodées avec H.265. H.265 est utilisé par les Blu-ray Ultra HD et les FAI pour diffuser les chaînes 4K et il pourrait être utilisé pour la TNT HD dans quelques années, ce qui impliquerait l'utilisation de décodeurs TNT externes pour les nombreuses TV non compatibles. Voici un extrait de la page Wikipedia sur H.265 : « *Le 26 juin 2012, MPEG LA a annoncé sa volonté de licencier les brevets sur HEVC. Cependant, contrairement aux codecs MPEG précédents, MPEG LA n'a pas fait l'unanimité, et deux organismes rivaux de licence des brevets ont émergé : HEVC Advance et Velos Media. Par ailleurs, certains gros industriels préfèrent licencier directement leurs brevets sans passer par des organismes de gestion des droits. Les montants des redevances sont en hausse par rapport aux standards précédents, et ne sont parfois pas publics. Devant une telle incertitude sur les coûts, qui se chiffrent parfois en millions de dollars, est créée l'Alliance for Open Media, qui vise à créer un codec libre de droits ».* Pour plusieurs analystes, la multiplicité du nombre de pools avec lesquels négocier les brevets aurait entravé l'utilisation d'HEVC et incité de nombreux acteurs à pousser un codec performant libre de droits : AV1.
AV1	2018	AV1 est plus performant que VP9 et H.264. AV1 a une efficacité proche de H.265/HEVC (certaines études montrent que AV1 est plus performant que H.265/ HEVC, d'autres moins). AV1 est développé par *l'Alliance for Open Media*. AV1 est utilisable sur tous les navigateurs récents, sauf sur Safari. AV1 bénéficie d'une accélération *hardware* (permettant de moins solliciter le CPU) sur les générations de smartphones et de microprocesseurs conçus en 2021. La lecture reste possible sur les smartphones plus anciens en utilisant le microprocesseur pour décoder le flux.

		AV1 aura probablement un autre avantage sur H.264 en étant encore lisible dans 15 ans. Ceux qui ont encore des vidéos encodées en MPEG-2, le format utilisé par le DVD vidéos s'en sont aperçus puisque le support du MPEG-2 est de plus en plus supprimé des logiciels et matériels. Par exemple Windows 10 ne l'intègre plus pour éviter d'avoir à payer une licence, alors qu'il était intégré dans les précédentes versions de Windows. Sous Linux les vidéos, MPEG-2 ne sont pas lisibles de base. H.264 pourrait connaître le même sort à terme. L'algorithme de compression utilisé pour les images-clés du AV1 est utilisé dans le format d'image AVIF, format qui est plus efficace que le JPEG et WebP.
H.266/VVC	2020	H.266 / VVC pour Versatile Video Coding a été publié le *Joint Video Experts Team* (JVET) le 6 juillet 2020. Comme pour HEVC, 2 patent pools se sont mis en place pour l'utilisation des brevets : MPEG LA et Access Advance. VVC serait plus efficace que AV1. Il est trop tôt pour savoir s'il sera utilisé.
AV2	En développement	AV2 est le codec successeur d'AV1, sur lequel travaille *l'Alliance for Open Media.*

11.5 ANNEXE E – Rapport détaillé des mesures en laboratoire

11.5.1 Introduction

Dans le cadre d'un projet d'étude sur l'impact environnemental de l'audiovisuel, le cabinet I Care by BearinPoint a sollicité Greenspector pour réaliser un certain nombre de mesures pour évaluer les impacts de chacun des scénarios d'usages retenus.

Cette partie vise à présenter toutes les conclusions des mesures réalisées.

11.5.2 Conditions de test

11.5.2.1 Réseau

Pour la TV :

Opérateur : Orange
Type de connexion : FTTH
Débit montant 957,42 Mbit/s
Débit descendant 404,87 Mbit/s
Latence : 14ms
TV connectée via un câble Ethernet

Pour les smartphones :

Opérateur : SFR
Type de connexion : LTE
Débit montant 117,3 Mbit/s
Débit descendant 28,2 Mbit/s
Latence : 5ms

Pour le PC :

Opérateur : VA solutions
Type de connexion : fibre optique
Débit montant : 100 Mbit/s
Débit descendant : 100 Mbit/s
Latence : 15 ms
PC connecté en WIFI
Génération WIFI 5 suivant la norme 802.11ac vague 2
Fréquence d'utilisation : 5 GHz

11.5.2.2 Matériel

Pour cette étude, les mesures ont été réalisées sur différent éléments matériels :

Pour la TV :

Marque : Samsung
Code Modèle : UE49MU6175
Techno Ecran : LCD TFT à rétroéclairage LED
Diagonale : 123 cm (48")

Format : Ultra HD (4K) : Définition de 3840x2160 + 60p
Navigateur : TizenBrowser 2.0.4.0420184
Paramètre TV : Usine (Pas de changement des paramètres de luminosité, son (niveau “2” - moyen) ou autre)
Consommation
max. : 150 Watt
normale : 90 Watt
Année de sortie : 2017
SoC : Processeur Quad-Core
Système d’exploitation : Tizen 3.0

Pour les smartphones :

Marque : Samsung
Modèle : Galaxy S22
SoC : Qualcomm Snapdragon 8 Gen 1
Build Model : SM-S901U1
Version d’Android : 13
Logiciel de lecture vidéo : Lecteur vidéo du navigateur Google Chrome (version 119.0.6045.134)

Marque : Samsung
Modèle : Galaxy S7
SoC : Samsung Exynos 8890
Build Model : SM-G930F
Version d’Android : 8
Logiciel de lecture vidéo : Lecteur vidéo du navigateur Google Chrome (version 114.0.5735.61)

Pour le PC :

Marque : HP
Modèle : ProBook 450 G8
Processeur : Intel Core i5-1135G7
Mémoire cache : 8 Go
Carte graphique : Intel Iris Xe
Disque dur principal : SSD PCIe NVMe M.2 TLC 512 Go
Système d’exploitation : Windows 10
Logiciel de lecture vidéo : Lecteur vidéo du navigateur Google Chrome (version 119.0.6045.105)

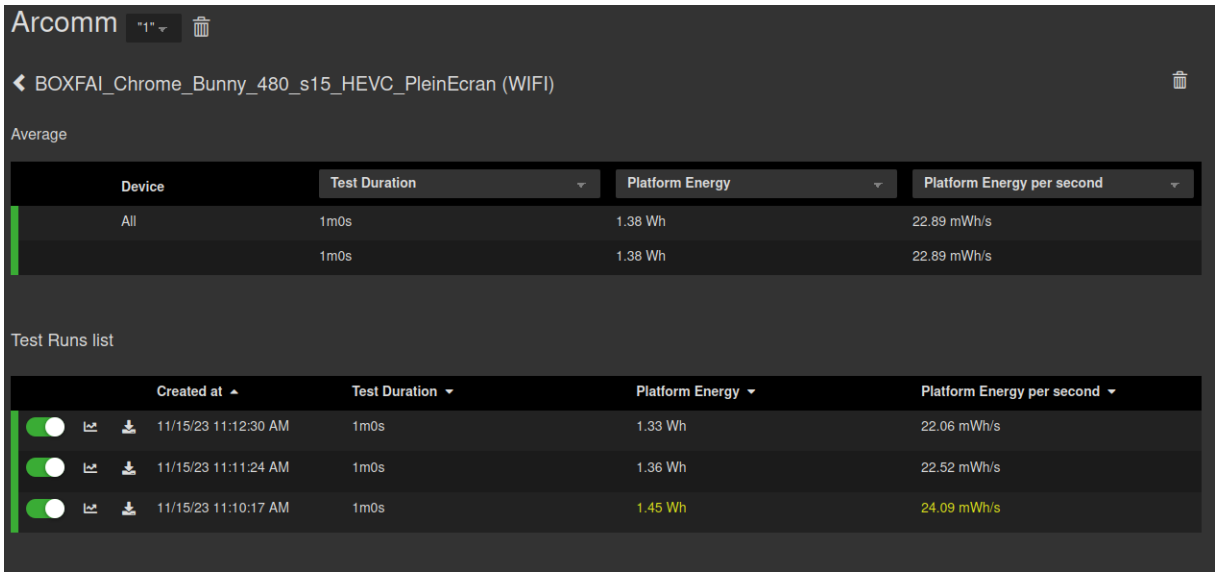
11.5.2.3 Environnement de mesure

Boitier de mesure Hardware entre TV et prise : Yocto-Watt (https://www.yoctopuce.com/FR/products/capteurs-electriques-usb/yocto-watt)
Type : Wattmètre digital
Plage de mesure (I : Intensité) : -16...16A DC/rms
Plage de mesure (U : Tension) : -250...250 DC/rms
Précision AC (50Hz/60Hz) : 0,02 W / 1,5%
Précision DC : 0,002 W / 1,5%

Environnement de récupération et de traitement des mesures : Greenspector Studio

11.5.3 Méthodologie

Un module de mesure est intégré entre la TV ou le PC mesuré et la prise électrique. Ce module « Testrunner » de Greenspector Studio mesure la consommation d'énergie AC, et est connecté à un ordinateur pour récupérer les mesures et les transférer aux serveurs Greenspector pour analyse.



Pour les téléphones, il s'agit de mesures avec des sondes logicielles pour relever les consommations d'énergie et de données.

Les mesures sont lancées pendant 1 minute. Plusieurs itérations sont réalisées (minimum trois) afin de garantir la pertinence et limiter les artéfacts liés à la mesure elle-même. Les conditions de tests sont notées pour traçabilité des mesures.

Deux modes de mesures sont possibles :

- Changement systématique du contenu entre les itérations. Ceci a l'avantage d'éviter les stratégies de cache CDN côté utilisateur mais a le désavantage d'introduire une variabilité sur des contenus différents (aussi plus de représentativité du fonctionnement utilisateur) ;
- Les itérations se font sur une vidéo lue en continue. Ceci a l'avantage de pouvoir figer le contenu mais le désavantage d'introduire une potentielle sous-estimation de la consommation compte-tenu des technologies de cache.

La solution de changement systématique est privilégiée dans cette campagne de test pour les plateformes de streaming. La stratégie de vidéo en continue sera utilisée pour figer l'impact du contenu et étudier certains paramètres (Codec par exemple).

Les résultats sont extraits dans un fichier excel pour transmission et analyse. Le fichier excel contient un onglet "Résultats bruts de mesure" (données brutes), un onglet "Focus résultats", un onglet "Statistiques" (pour analyse de la répartition des mesures).

Dans l'onglet "Résultats bruts de mesure", on retrouve :

- Le nom du test

- La mesure (mWh/s) ou (mAh)
- L'écart-type de la mesure (%)
- Le nombre d'itérations
- Des colonnes de traitement du contexte de mesure (Analyse post-extraction)

Compte tenu de la diversité du matériel et du temps imparti, il a été convenu que le parcours utilisateur ne soit pas automatisé. Ainsi, chacune des mesures est indépendante et peut être comparée à une autre, quelle que soit les plateformes étudiées.

11.5.4 Analyse des données

Les résultats d'énergie (🔋) présentées peuvent être soit traduits par des vitesses de décharge (mWh/s) instantanées pour le PC et la télévision, soit projetés sur 1 minute comme pour le smartphone (mAh).

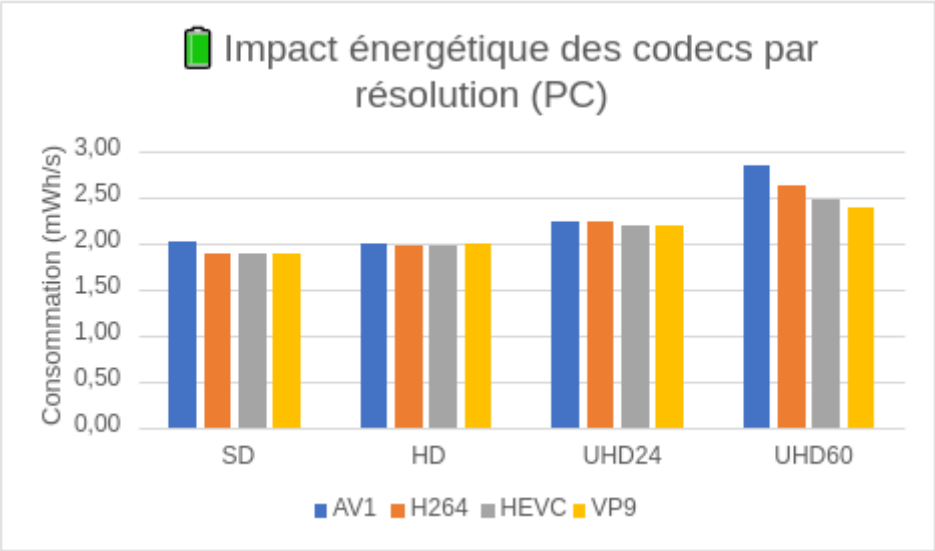
Pour les données (💾), les résultats sont toujours projetés sur 1 minute (Mo).

11.5.4.1 Impact de la qualité

11.5.4.1.1 Comparaison des codecs et résolutions

PC :

La première étude menée est celle de l'impact de différents codecs par résolutions. La vidéo Big Buck Bunny a été utilisée à cet effet avec les codecs AV1, H264, HEVC et VP9 pour une mesure sur 1 minute.

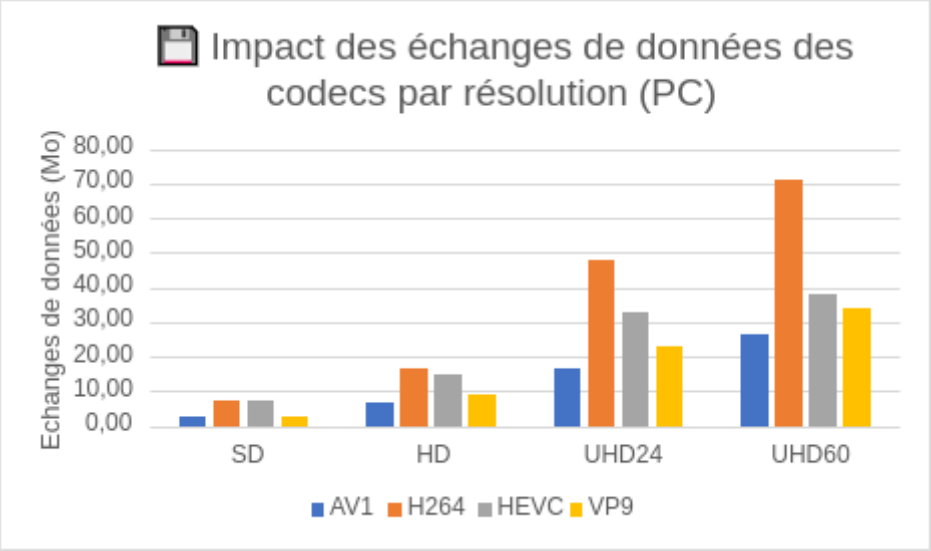


D'un point de vue énergétique, il apparaît une tendance de consommation croissante lorsque la résolution augmente. Ceci est d'autant plus remarquable pour le codec AV1 qui a un impact plus important que H264, HEVC et VP9.

Pour ces trois derniers codecs, les impacts restent autour d'un même ordre de grandeur. Pour une résolution donnée, il y a peu de différence de consommation énergétique. Seul VP9 serait légèrement moins impactant.

Pour AV1, il est constaté une consommation importante et ce encore plus à mesure que la résolution augmente. Cet effet serait dû à la complexité d'encodage qui nécessiterait plus de calculs du côté des composants électroniques comme le processeur et le bloc mémoire. Cette quantité de calculs induit une consommation énergétique importante afin de traiter le décodage rapidement pour permettre une lecture fluide du contenu.

De ces résultats, il apparaît alors que la **lecture d'un contenu avec un codec VP9 serait le moins impactant énergétiquement quel que soit la résolution**, passant de 1,88 mWh/s en SD à 2,38 mWh/s en UHD60.



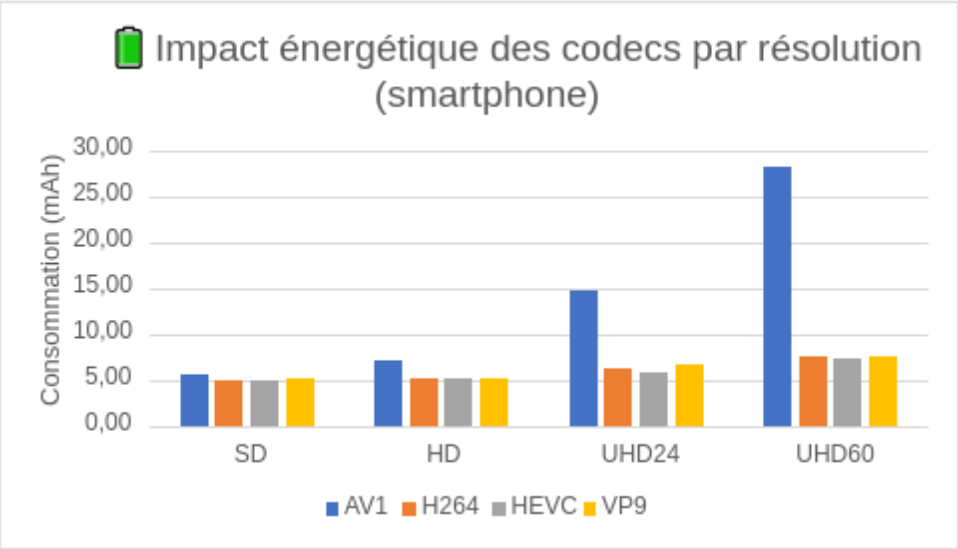
Au niveau des données, le constat reste le même en ce qui concerne l'augmentation de la consommation de données à mesure que la résolution augmente.

En revanche, le codec AV1 est celui qui consomme le moins de données. Cela peut s'expliquer par la compression appliquée qui est bien plus performante qu'H264 notamment. Cela corrèle avec la consommation énergétique plus élevée pour décompresser ce codec. Plus de calculs sont nécessaires pour lire une vidéo avec un codec qui diminue significativement la taille originale d'une vidéo.

En ce qui concerne H264, les échanges de données sont très importants et, ce, plus encore lorsque la résolution est au maximum.

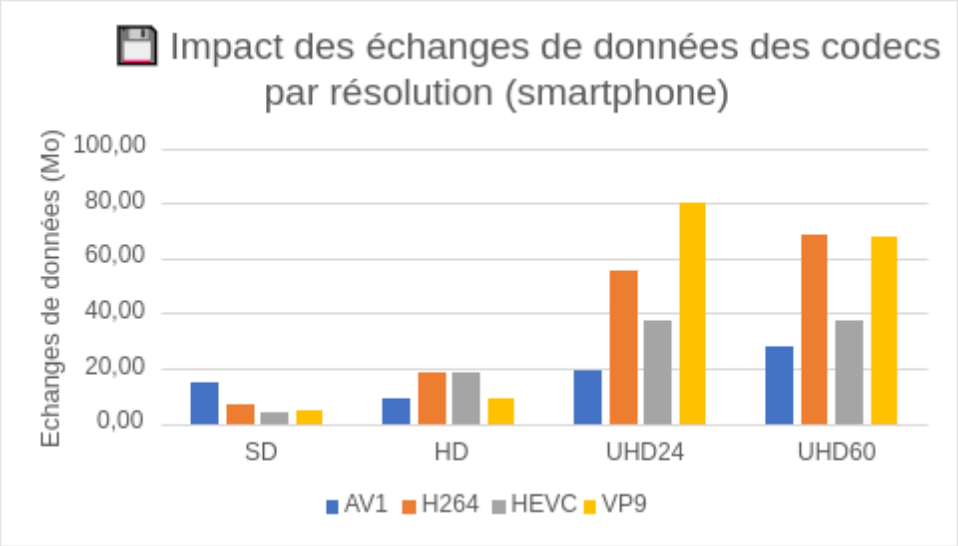
Smartphones :

Pour les smartphones, les résultats suivent une tendance similaire à celle du PC.



Ici, à mesure que la résolution augmente, la consommation énergétique augmente également. Et ceci est d'autant plus notable pour le codec AV1. Pour ce codec, la consommation passe de 5 mAh en SD à plus de 25 mAh en UHD60.

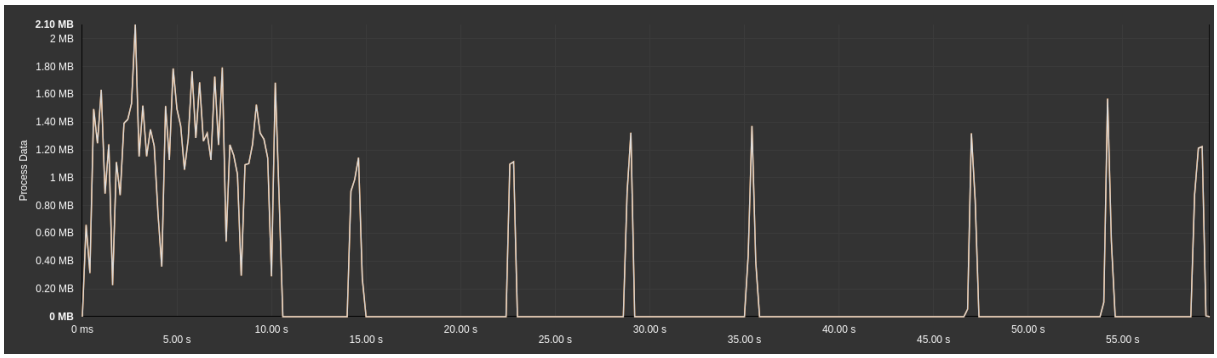
Les raisons de cette différence par rapport aux autres codecs corrèlent avec ce qui a été énoncé dans la partie PC. Le codec est plus complexe à décoder et nécessite plus de calculs, donc plus de ressources.



Au niveau des données, la tendance montre que le codec H264 est plus consommateur. Cela correspond aux précédents constats pour le PC.

Ensuite, les codecs VP9 et HEVC sont assez consommateurs également en termes de données.

Néanmoins, en projetant les résultats sur la durée totale de la vidéo (10 minutes), il apparaît que la consommation de données est différente de ce que l'on pouvait attendre par rapport aux spécifications (200 Mo). Ci-dessous, un exemple avec les échanges de données pour une vidéo codec VP9 en UHD24 :



Big Buck Bunny – VP9 UHD24

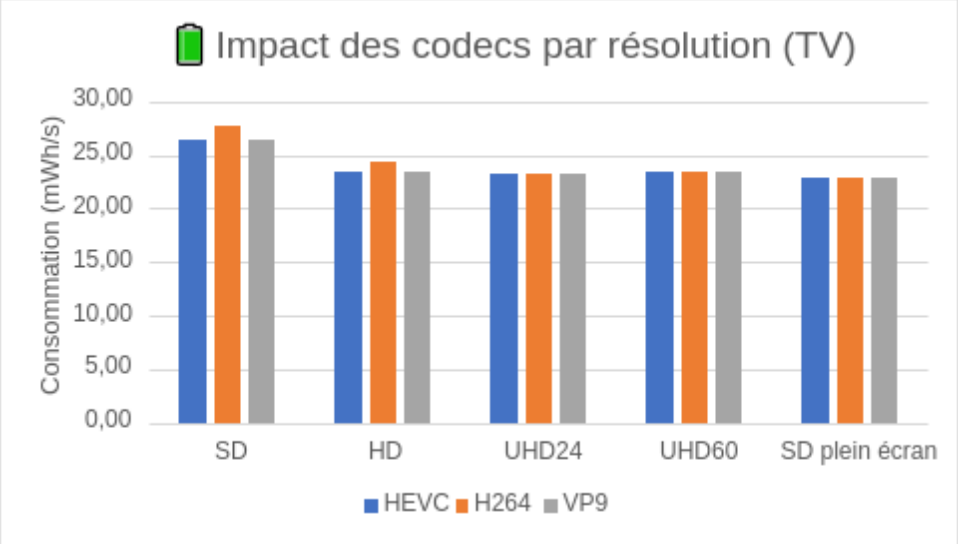
La courbe des échanges de données révèle un grand échange de données au tout début de la mesure de la lecture et des pics irréguliers ensuite. Cela signifie que la plus grande partie de la vidéo est chargée au début de la lecture.

Ce sur-échange de données et l'irrégularité des pics de valeur variable conduit à avoir des résultats élevés si l'on projette sur une heure. L'hypothèse d'un comportement plus périodique peut alors être émise en remplaçant les échanges de données entre 0 et 10 secondes par deux pics d'une valeur de 1,2 Mo (moyenne des autres pics), avec un total de 16 Mo de données échangées. Reporté à 10 minutes, cela revient à 160 Mo de données échangées. Ce qui correspond mieux avec les poids de la vidéo.

A la vue de la tendance précédente, il apparaît que les pics d'échanges de données ne sont pas périodiques. Il peut avoir des pics plus resserrés et d'autres plus distants. Cela conduit à des résultats qui peuvent différés des attentes prévues lors d'une mesure sur 1 minute.

TV :

Au niveau de la télévision, seuls les codecs HEVC, H264 et VP9 ont pu être lus et mesurés au niveau de l'énergie. Les vidéos encodés en AV1 ne se lançaient pas sur Tizen Browser en raison d'un problème de compatibilité.



Il n'apparaît pas la même tendance que pour le PC ou le smartphone.

Ici, il peut être observé une légère augmentation de la consommation pour le codec H264 sur les qualités les plus faible (SD et HD).

Pour VP9 et HEVC, ce constat ne peut être fait que pour la qualité la plus faible (SD).

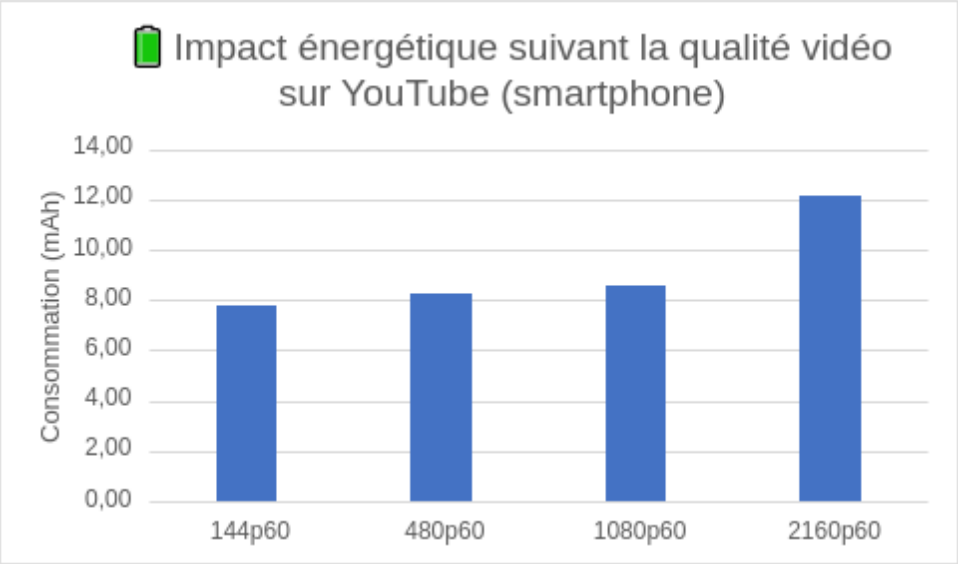
En outre, il est à noter qu'un des paramètres qui a plus d'impact que l'image elle-même est le mode d'affichage (plein écran / normal) de la vidéo. Dans le cas des vidéos, et particulièrement en SD, s'il n'y a pas de redimensionnement, il y a un cadre noir. Ce cadre noir est le plus consommateur sur l'écran TFT (comme sur les technologies OLED), d'où une consommation plus importante de la vidéo en SD sans redimensionnement par rapport au plein écran.

Ce constat du cadre noir reste cependant anecdotique si l'on considère que les utilisateurs visualisent les vidéos en plein écran.

11.5.4.1.2 Variation de la qualité de YouTube

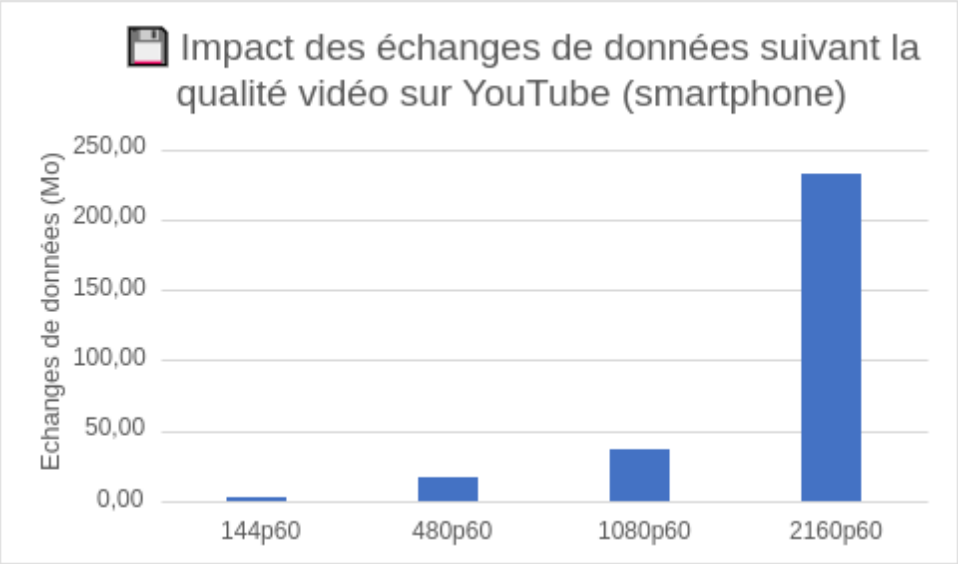
Smartphones :

Il est également possible d'étudier l'impact de la résolution avec une application de streaming comme YouTube.



De manière analogue à ce qui a pu être observé pour les vidéos Big Buck Bunny, la résolution est un facteur important sur l'impact énergétique.

Ici, pour une même vidéo, la consommation passe de moins de 8 mAh à plus de 12 mAh.

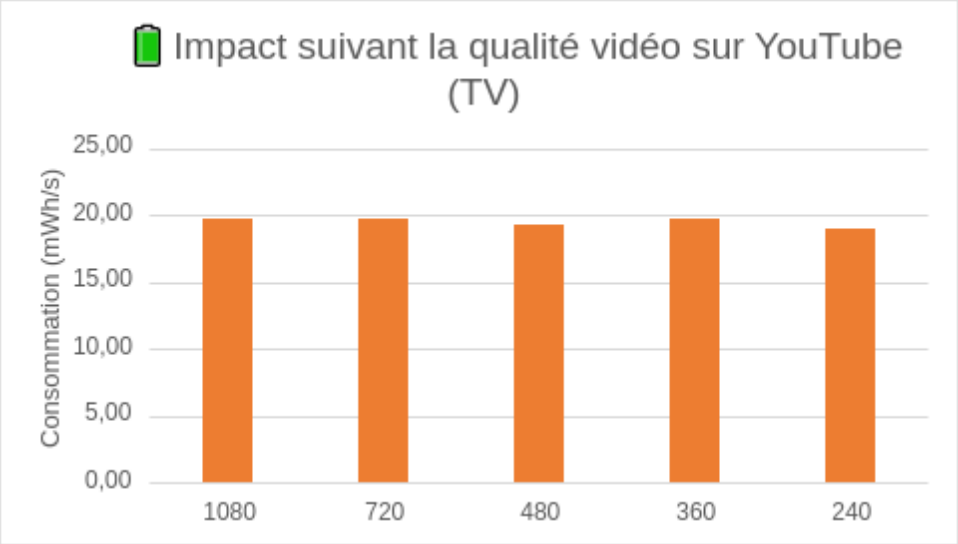


Au niveau des données, le constat est le même. La tendance est même exponentielle dans ce cas avec une consommation de données très importants, plus de 200 Mo.

En termes d'impact, il serait recommandé de visionner une vidéo avec la plus faible résolution. Mais en considérant le confort visuel pour les utilisateurs, visionner une vidéo à 1080p60 au lieu de 2160p60 permet de diminuer son impact de manière significative.

TV :

L'impact de la résolution peut aussi être étudié sur YouTube sur la télévision.

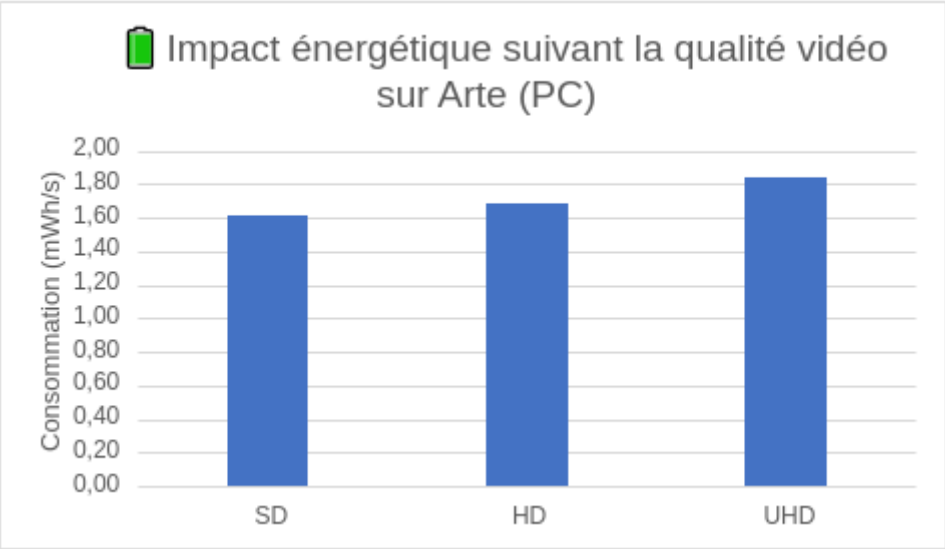


Ici, aucune tendance particulière ne se dessine. Les faibles différences de consommations entre les différentes résolutions ne permettent pas de conclure quant à un impact de la résolution de YouTube sur la télévision.

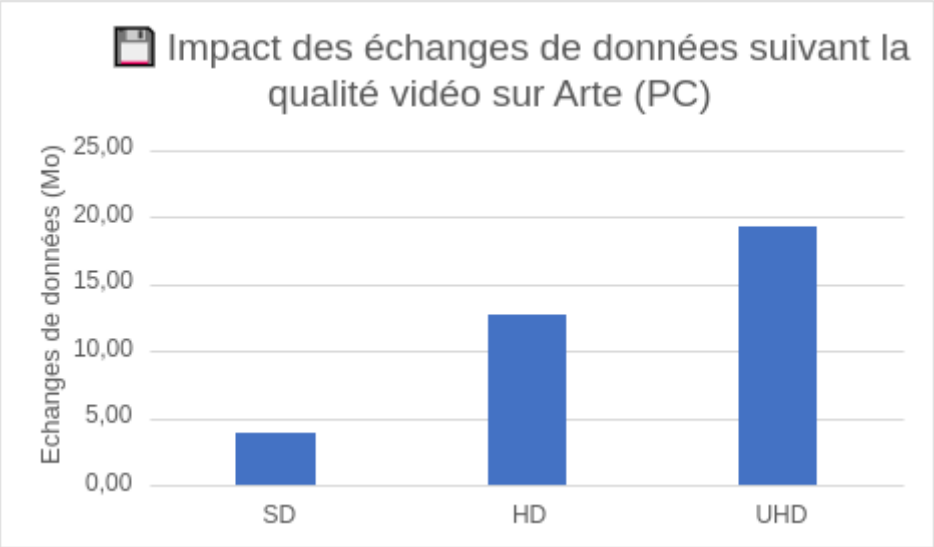
11.5.4.1.3 Variation de la qualité d'Arte

PC :

En ce qui concerne une plateforme de replay d'une chaîne de télévision, le constat n'est pas le même que pour YouTube sur la télévision.



D'un point de vue énergétique, il apparaît une légère croissance de la consommation lorsque la résolution augmente. Ceci peut être corrélé avec la consommation de données.



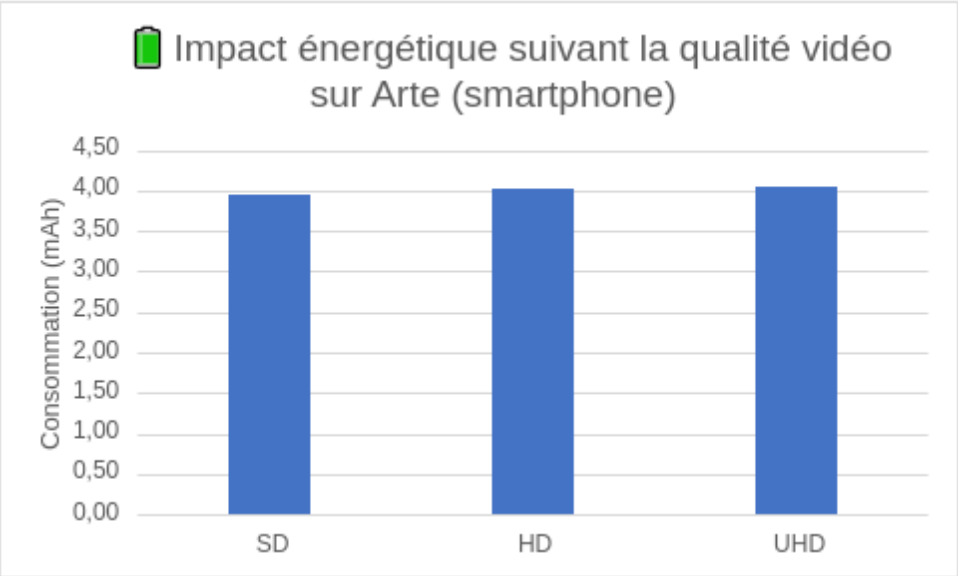
Il peut être observé une augmentation significative des échanges de données à mesure que la résolution augmente, passant de 3,83 Mo à 19,27 Mo.

Cette consommation importante de données entraîne une plus forte activité des composants électronique de l'appareil, ce qui a un impact non négligeable sur la consommation énergétique.

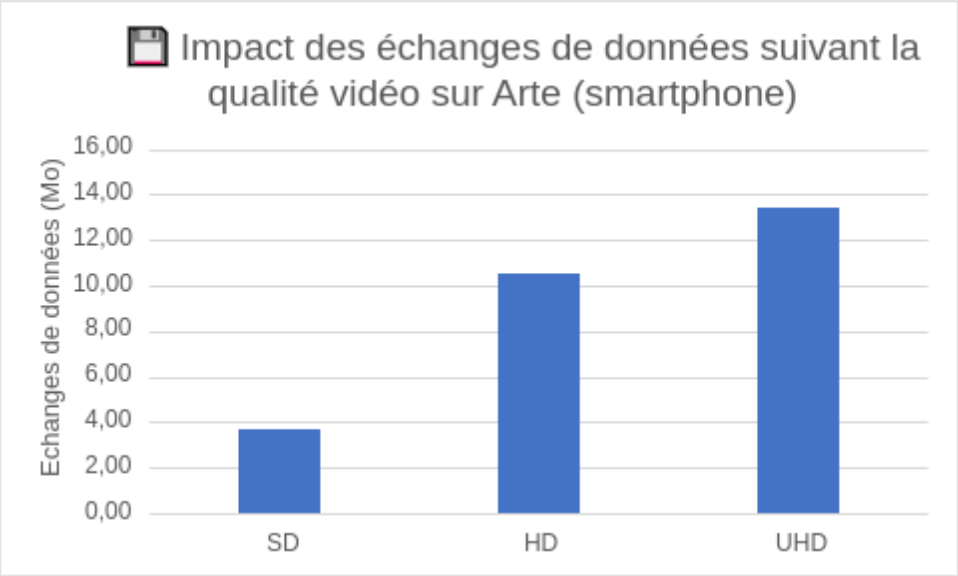
De ce fait, lire un contenu en SD apparaît ici comme beaucoup moins impactant par rapport à une autre résolution.

Smartphones :

Sur smartphone, les consommations énergétiques ne permettent pas de conclure quant à l'impact de la résolution sur une application de replay TV.



Les résultats montrent une consommation relativement constante autour de 4 mAh.

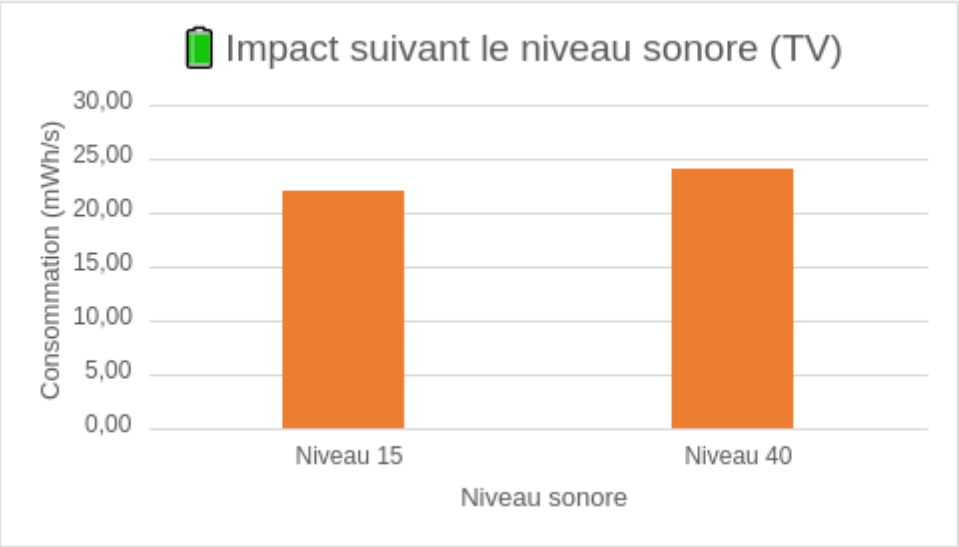


En ce qui concerne les échanges de données, l'impact de la résolution est plus notable. En effet, les consommations augmentent à mesure que la résolution augmente en qualité.

11.5.4.1.4 Etude de l'impact du son sur la télévision

La qualité d'une vidéo s'est révélée être un paramètre important en ce qui concerne la consommation énergétique et de données, en particulier pour les smartphones. Un autre paramètre a été considéré : celui du niveau sonore.

En complément de la première étude menée, une comparaison entre deux niveaux sonores a été réalisée sur la télévision en visionnant un programme sur Molotov en HD.



Les résultats montrent qu'il n'y a pas d'impact significatif sur le téléviseur lors de l'augmentation du niveau sonore. Le passage du niveau 15 (48 dB à 1,5 m de l'écran et des enceintes) au niveau 40 (55 dB à 1,5 m de l'écran et des enceintes) montre une augmentation de 8% de la consommation d'énergie. L'impact du son peut alors être considéré comme négligeable sur le téléviseur.

11.5.4.2 Impact du réseau

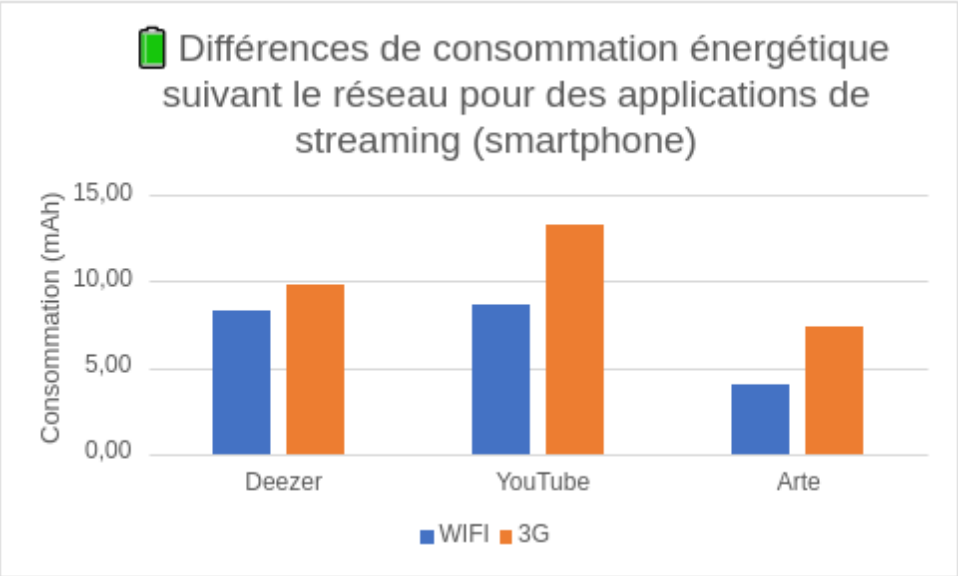
11.5.4.2.1 Comparaison de l'impact du réseau sur des application de streaming audio (Deezer), vidéo (YouTube) et replay TV (Arte)

Smartphones :

Pour comparer l'impact que peut représenter le réseau sur un même appareil, il a été choisi le cas de la lecture d'un contenu sur Arte, YouTube et Deezer avec un Samsung Galaxy S22.

Les réseaux comparés sont la WIFI et la 3G.

Etant donné que le contenu à lire était le même, les échanges de données demeurent sensiblement de même grandeur. L'axe sur lequel l'étude va se porter est celui de l'énergie. Les résultats sont exposés ci-dessous.



En observant les résultats, il en ressort que la 3G représente un plus fort impact énergétique que la WIFI lorsqu'il s'agit de la lecture d'un contenu sur une plateforme de streaming. Ce phénomène est constaté au niveau de l'ensemble des plateformes.

Il apparaît même que l'impact est, dans ce cas, un peu moins du double de celui en WIFI. Cela implique qu'il y a une plus forte activité au niveau des composants électroniques du téléphone.

En effet, l'activation des cellules réseau (ici, en 3G) engendre une plus forte activité électronique et ce d'autant plus qu'il y a des échanges de données sur le réseau. A l'inverse, en WIFI, la cellule activée va générer moins d'activité, et ce quelle que soit la quantité de données.

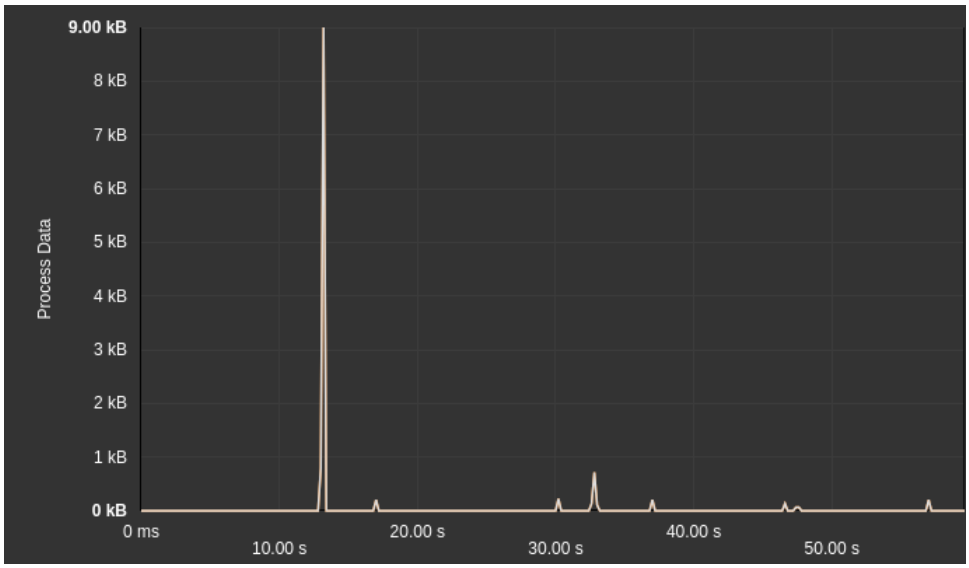
Il en résulte qu'à long terme utiliser la 3G pour la lecture d'un contenu de streaming entraîne une forte consommation énergétique et une décharge plus rapide du téléphone.

11.5.4.2.2 Etude de la différence d'impact entre une lecture en ligne et une lecture hors-ligne (téléchargée) sur Deezer

En plus de l'impact du réseau, le fait de lire ou non un contenu en ligne peut représenter une source d'impact.

Pour Deezer, il apparaît qu'il faut considérer comme échange de données important celui du chargement pour la lecture d'un contenu d'une durée de 3min30s environ (durée totale moyenne des audio mesurés). Il peut être ajouté les données en transit pour le fonctionnement de l'application. Dans le cas d'une heure d'écoute d'audio d'une durée de 3min30, il y aurait environ 17 audio lus. Dans le cas du smartphone Samsung S22 en Wifi, le résultat est de 17 * 6,75 Mo = 114,75 Mo. A cela, on ajoute les données échangées par l'application pendant la lecture 843 octets * 60 = 51 ko. Soit un total de 115,25 Mo/h.

Dans le cas hors-ligne, peu d'échanges de données sont observés. Seules les données liées au fonctionnement de l'application sont à prendre en compte. Les résultats sont de 9 ko avec un pic unique pour le lancement du contenu et des pics réguliers de 225 octets pendant la lecture.



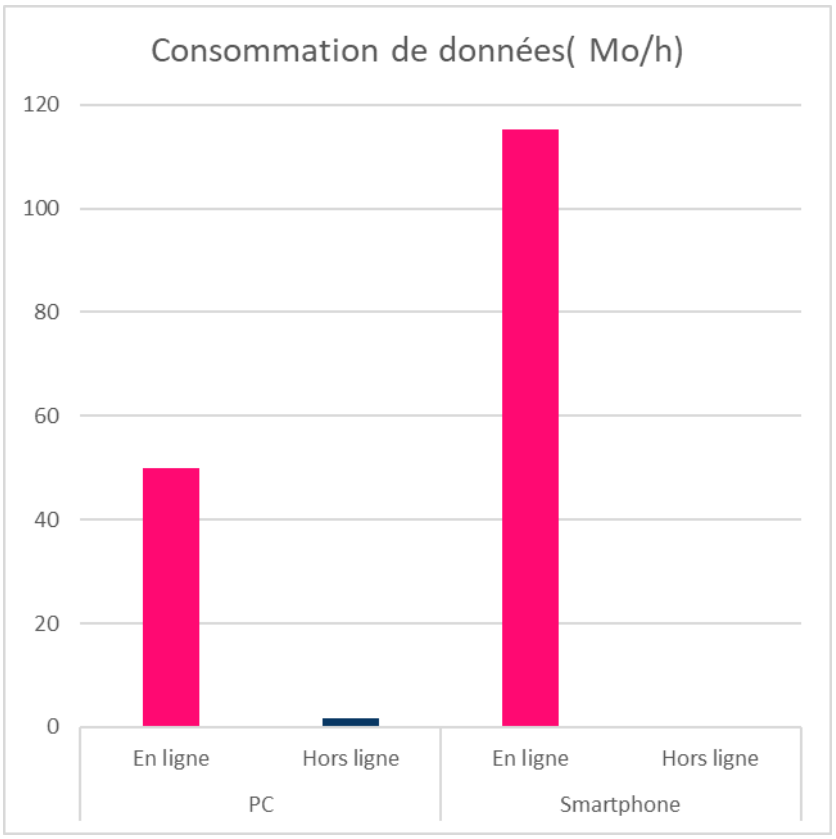
Deezer – Lecture hors-ligne

Pour reprendre le raisonnement en écoute active, 17 * 9 ko = 153 ko. On ajoute les échanges de données de fonctionnement : 225 * 60 = 14 ko. On obtient un total de 0,167 Mo/h.

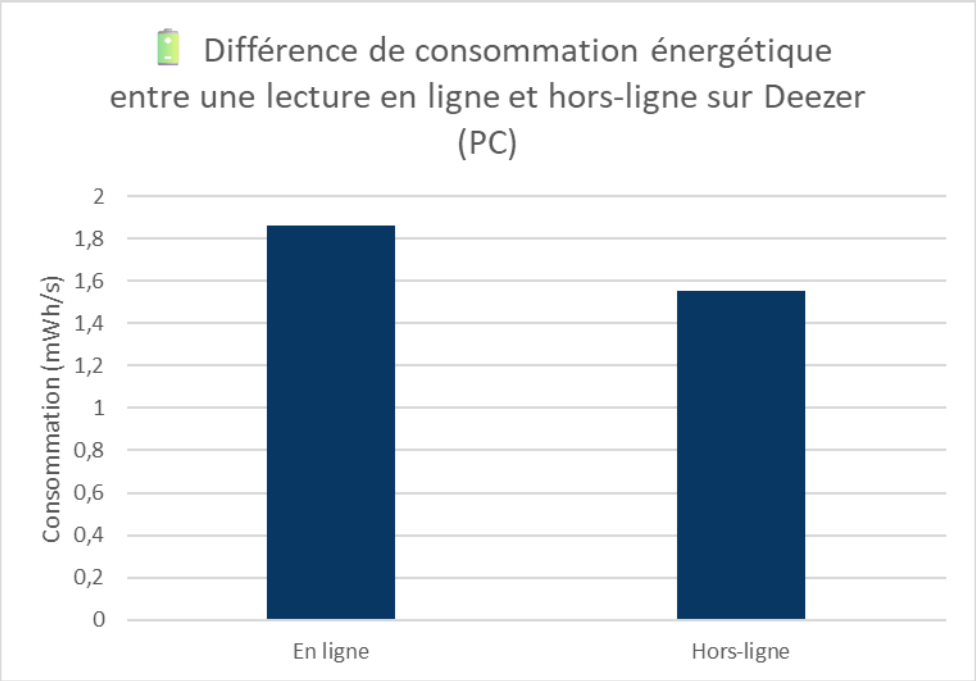
Pour le PC, la même méthode peut être appliquée. 17 * 2,84 Mo = 48,28 Mo pour les chargements. 28,61 * 60 = 1,72 Mo pour les données de fonctionne du système. Soit 50 Mo/h.

La moyenne des échanges de données pour tout équipement confondu peut être réalisée, pour cela une moyenne avec les résultats présentés en choisissant 50% smartphone et 50% PC doit être faite, et donc un total de 83 Mo/h. Cela reste très proche de résultats présents dans la littérature.

Les consommation de données selon les différents supports et modes sont présentés dans la figure suivante.



Le visionnage d'un contenu préalablement téléchargé ou non impacte également la consommation énergétique du terminal. La figure suivante présente cette différence de consommation sur une PC.



Cette différence peut être due à la limitation des échanges de données avec le réseau pour le chargement et la lecture de contenus.

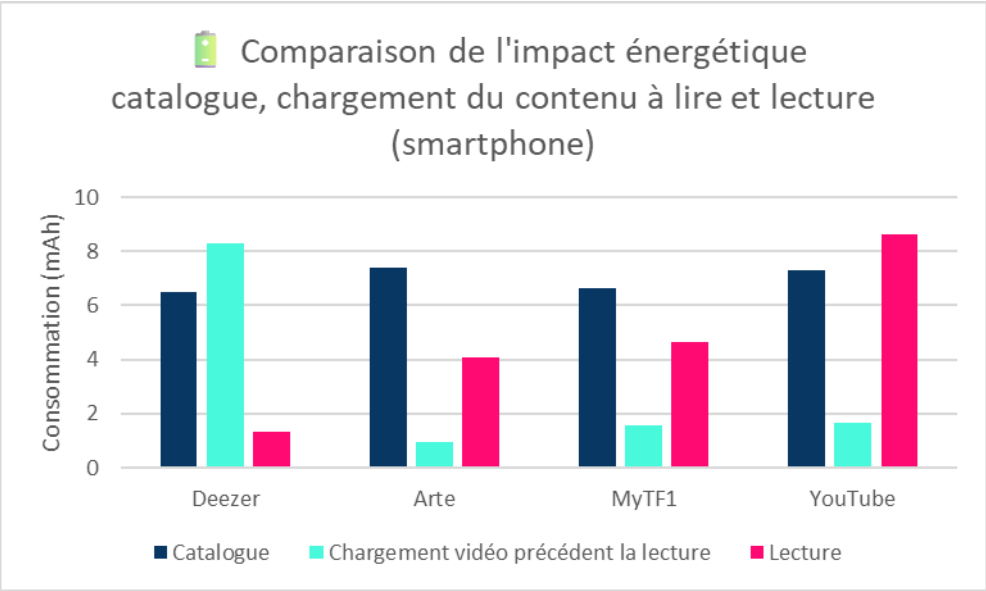
11.5.4.3 Impact des étapes du parcours utilisateur

11.5.4.3.1 Comparaison entre la consommation du parcours du catalogue et de la lecture d'un contenu depuis sa sélection

PC :

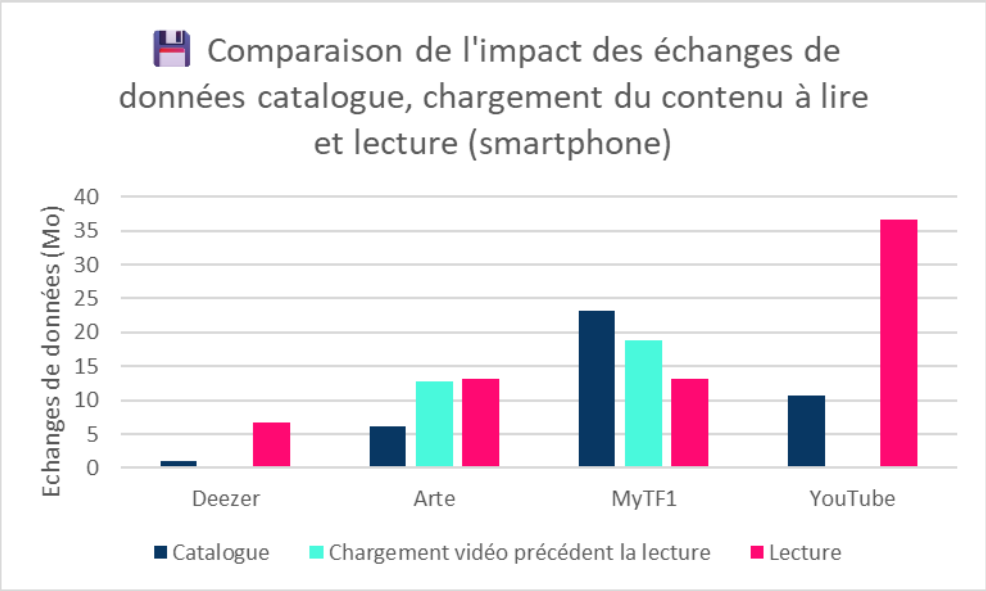
Pour la lecture d'un contenu, un utilisateur de plateforme de streaming suit un parcours dans lequel il commence par consulter un catalogue avant de choisir un contenu, le charger en le sélectionnant (jonction) et, enfin, le lire.

Il est possible d'étudier l'impact de ces différentes étapes sur différentes plateformes.



Tout d'abord, la consommation énergétique en lecture apparaît comme la plus faible. En effet, la lecture vidéo ou audio profite de l'accélération matérielle qui permet de réduire la consommation des ressources. Ceci diffère du catalogue qui est lié à différents éléments (chargement de données, animation, éléments HTML, image…) qui apparaissent pendant le défilement de la page.

Le catalogue a un impact très fort par rapport au chargement du contenu à visionner alors que cette partie du parcours est plus longue. Le chargement ne représente que 3 secondes au maximum pour afficher la fenêtre de lecture. En comparaison, le temps moyen passé à sélectionner un programme était de 10min30s en 2023 (*Nielsen U.S streaming content consumer surveys*)



Au niveau des données, il apparaît que la lecture est ce qu'il y a de plus impactant pour les plateformes de replay des chaînes de télévision avec le chargement du contenu vidéo.

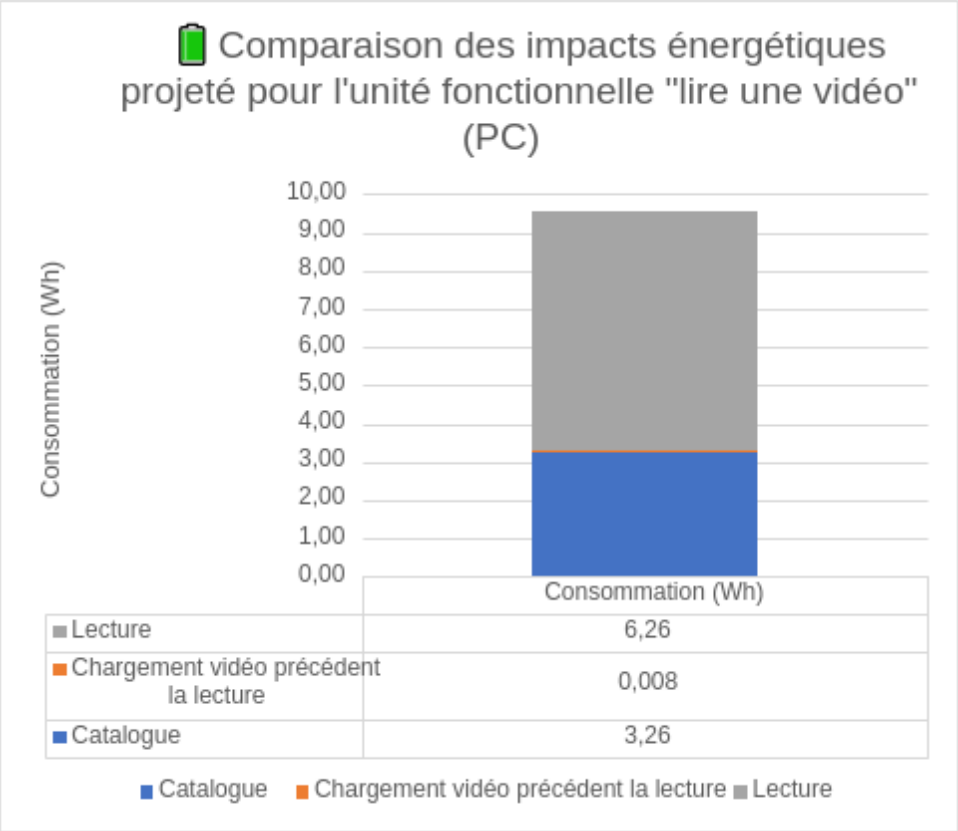
Pour le contenu audio, la jonction représente la plus grande partie du chargement du contenu à lire. De ce fait, peu de données sont échangées pendant la phase de lecture.

Au niveau des catalogues, ceux-ci représentent une part non négligeable des données échangées pendant un parcours utilisateur sur une application de streaming.

Unité fonctionnelle “lire une vidéo”

De manière à observer l’impact majeur du catalogue, il est possible de projeter les impacts pour l’unité fonctionnelle “lire une vidéo en streaming” avec les paramètres suivants :

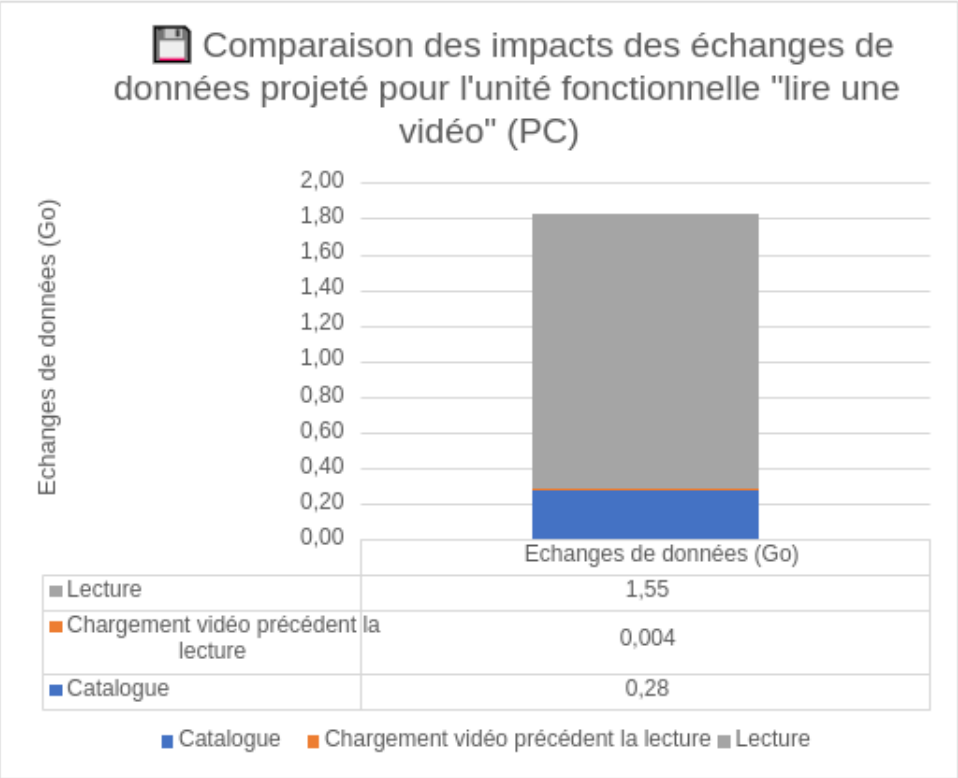
- Catalogue : 15 minutes
- Chargement : 1 fois (3 secondes)
- Lecture : 1 heure
- Plateforme : Arte



Projeté sur un parcours, l’impact énergétique du catalogue est plus visible et représente 1/3 de l’impact énergétique total du parcours.

Cette part peut très amplement augmenter à mesure que l’utilisateur passe du temps sur le catalogue. Une réduction du temps que passerait un utilisateur sur le catalogue ou une démarche de sobriété sur l’interface permettrait de réduire l’impact du catalogue.

En regard, le chargement du contenu représente une très faible part de l’impact et peut être considéré comme négligeable devant les impacts de la lecture et du catalogue.

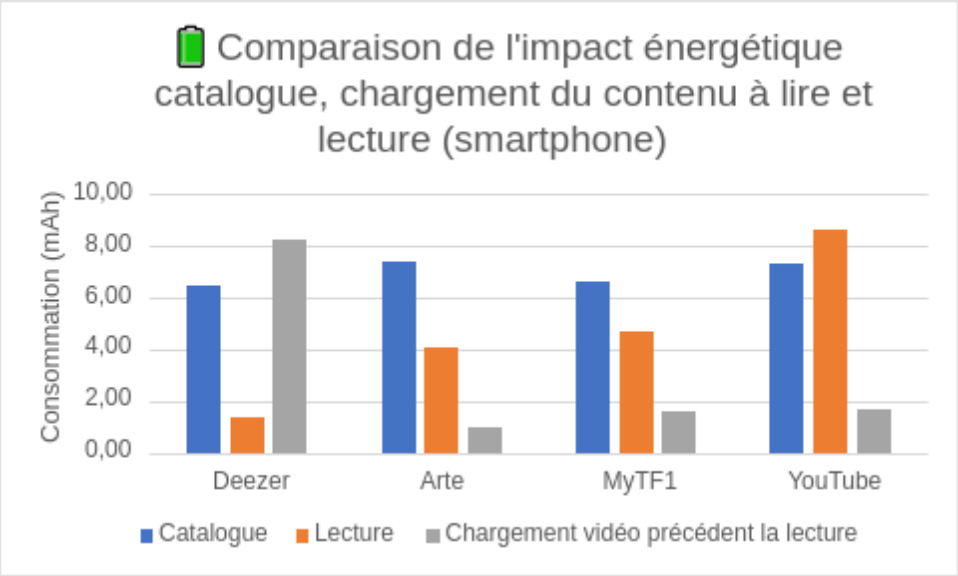


Au niveau des données, le constat est différent. La part du catalogue n'est plus que de 1/6. Cela reste important mais bien moins par rapport aux échanges de données pour la lecture vidéo.

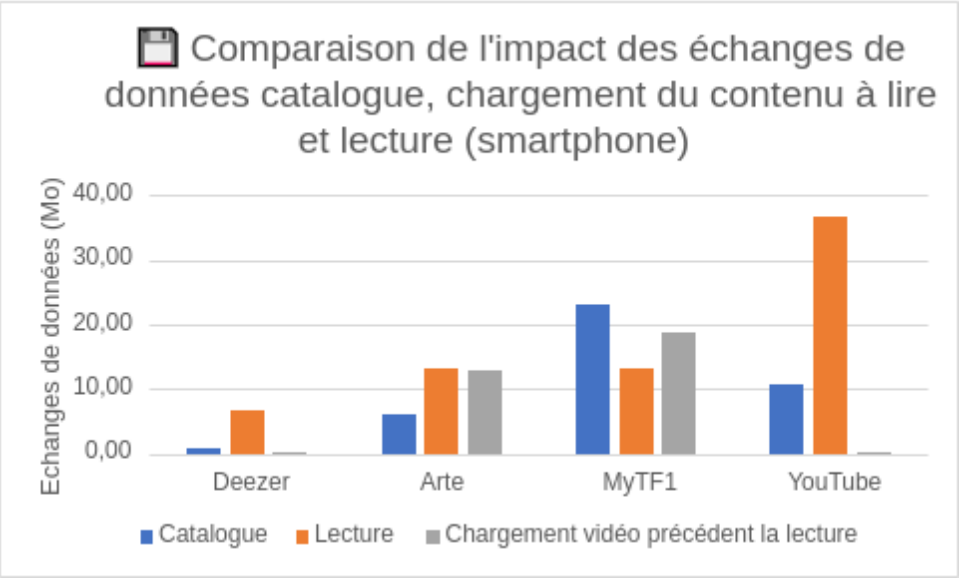
En revanche, la part du chargement de la vidéo reste très faible voire négligeable devant la lecture et le catalogue.

Smartphones :

Pour le smartphone, le constat est assez semblable au PC.



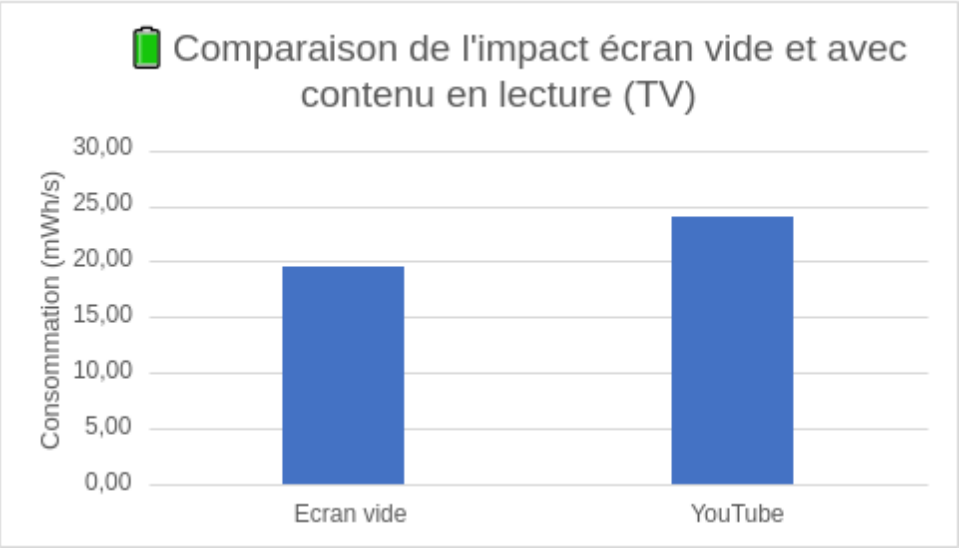
En termes d'énergie, le catalogue représente une part importante, en particulier dans le cas de Deezer. Et la lecture apparaît très impactante uniquement dans le cas de YouTube. Le chargement du contenu reste faible voire négligeable devant la lecture ou le catalogue.



Pour les données, le constat reste que la lecture est très consommatrice. Cependant, la part pour le catalogue n'est pas à négliger.

11.5.4.3.2 Comparaison de la consommation entre l'affichage d'un contenu et un écran vierge sur la télévision

Une étude comparative a été menée pour observer les différences de consommation entre un écran clair et sans animation (onglet vide de Tizen Browser) et un contenu vidéo.

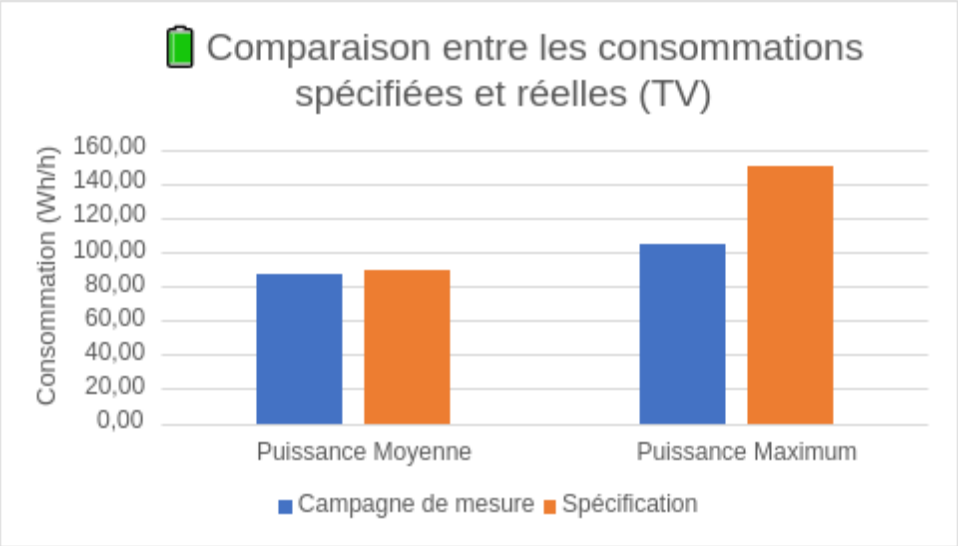


En résultat, il en ressort que la consommation avec l'écran clair et sans animation est plus faible de 22% (15 W) par rapport au même écran qui diffuse un contenu vidéo. Ceci reste non négligeable au regard de l'énergie nécessaire pour afficher une image vs une image animée.

Il serait intéressant de faire une analyse plus précise sur la proportionnalité de cet impact en fonction de la taille des écrans TV.

11.5.4.4 Etude sur la différence de consommation réelle par rapport à celle spécifiée par le constructeur pour la télévision

En complément des études sur les consommations de contenus multimédias, une étude a été menée pour comparer les consommations réelles d'une télévision par rapport à celles spécifiées par le constructeur.



La moyenne mesurée pour la campagne de mesure est de 24 mWh/s, ce qui correspond à une puissance équivalente de 87 W. Il peut être constaté graphiquement que cette moyenne est proche de la puissance spécifiée par le constructeur. Le parcours du catalogue est inclus dans cette moyenne. Si ce parcours est retiré, la moyenne descend à 84 W.

En revanche, au niveau de la puissance maximale, l'écart est plus important. Cependant, au regard de l'usage des utilisateurs, les modes avancés de la télévision ("Mode image film", par exemple) pourraient être mesurés en complément de la présente campagne.

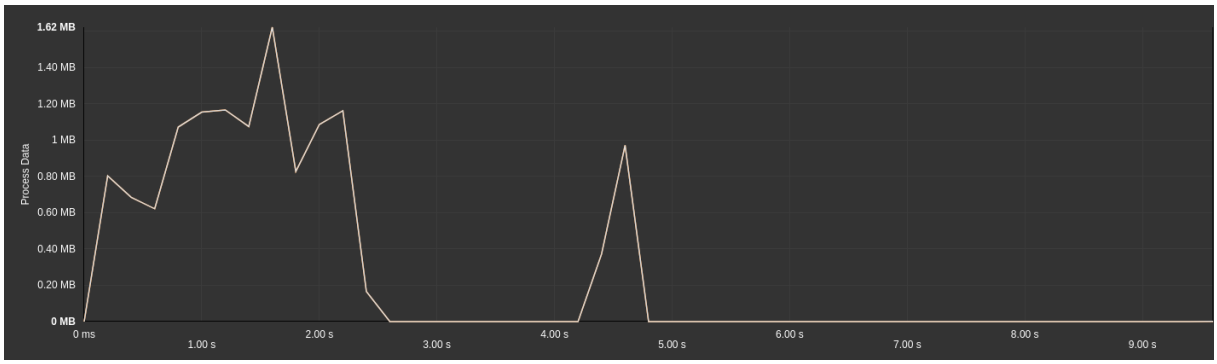
11.5.4.5 Etude des échanges de données pendant le pré-chargement du contenu à lire et la lecture

Les plateformes étudiées pour la lecture des contenus étaient :

- Arte
- MyTF1
- YouTube
- Deezer

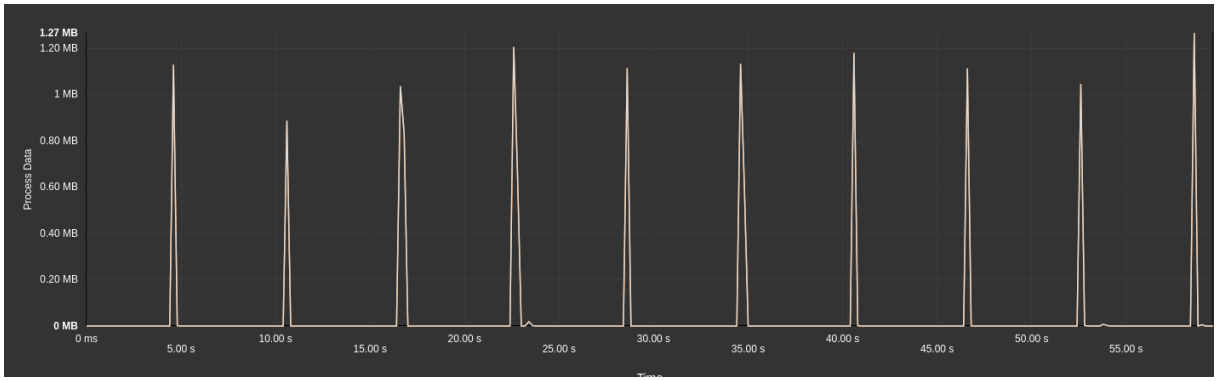
Arte :

Dans le cas d'Arte, une grande quantité de données est chargée durant la phase de chargement, juste avant le début de la lecture du contenu et au lancement de la lecture.



Arte – Phase de chargement (prolongé pour intégrer le début de la lecture)

Pendant la lecture, il y a des pics de données réguliers, toutes les 5 secondes, de même importance que pendant la phase de chargement initiale.

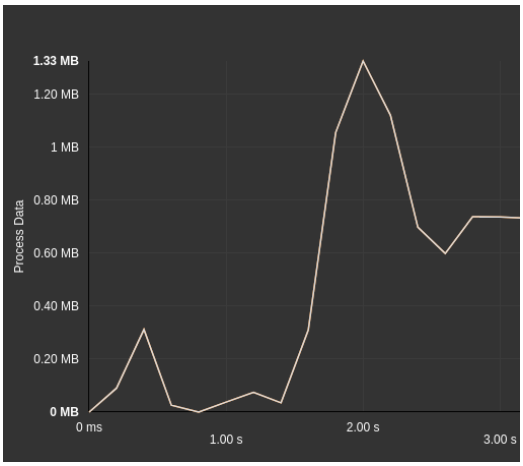


Arte – Phase de lecture

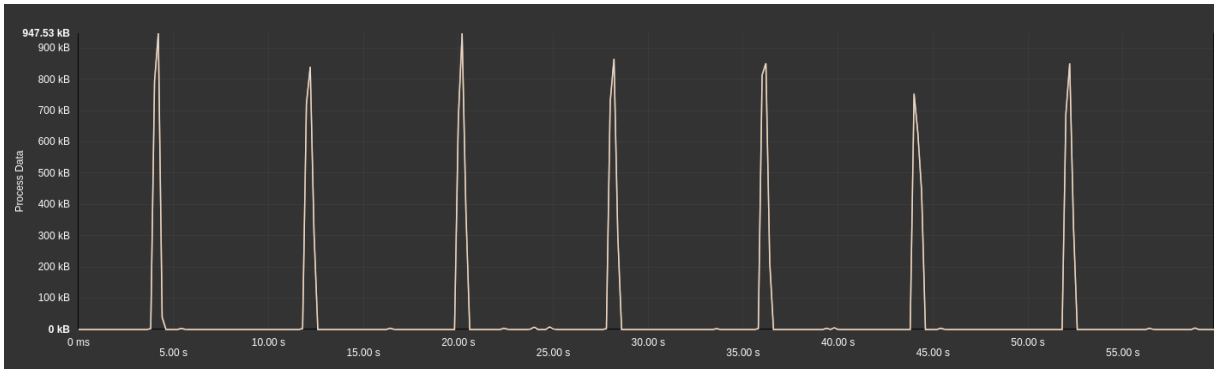
On peut en conclure que dans le cas d'Arte, le chargement du contenu se fait tout au long de la lecture.

MyTF1 :

Pour MyTF1, on retrouve le même comportement pour la phase de chargement et de lecture.



MyTF1 – Phase de chargement

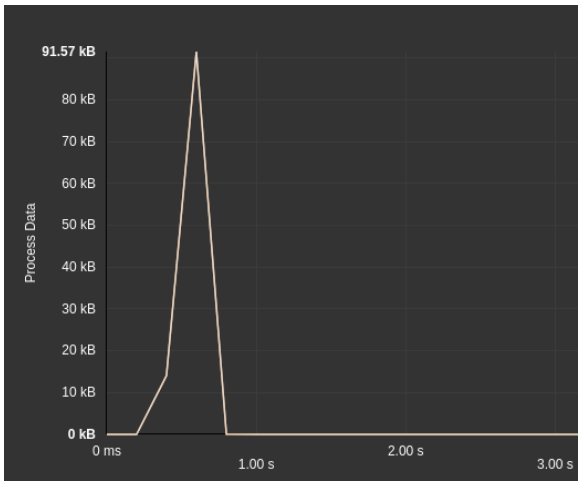


MyTF1 – Phase de lecture

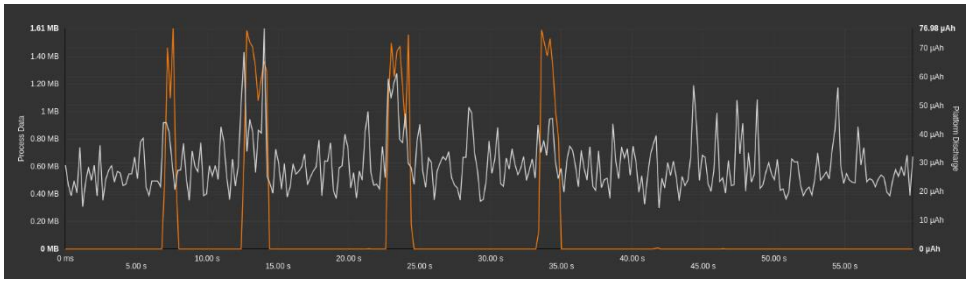
Pendant la phase de lecture, les pics sont aussi régulier avec une période de 5 seconde environ. Le contenu est donc également chargé progressivement pendant la phase de lecture.

YouTube :

Dans le cas de YouTube, on retrouve un comportement similaire par rapport aux plateformes de Replay TV. Cependant, les pics de chargements sont moins réguliers.



YouTube – Phase de chargement



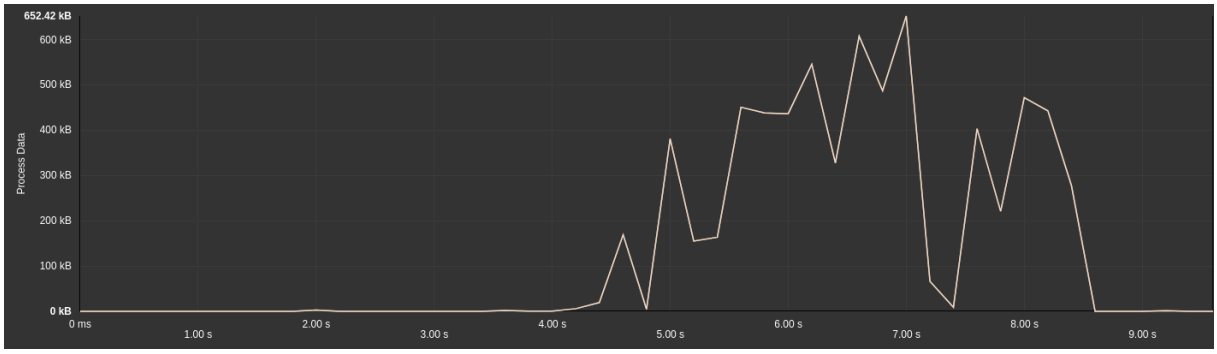
YouTube – Phase de lecture d'une vidéo 1080p60

Ici, il apparaît que seule une première petite partie du contenu soit chargée juste avant le début de la lecture de la vidéo. Le reste de la vidéo est chargée progressivement pendant la phase de lecture. Il apparaît que sur 1 minute de lecture de vidéo seuls 4 pics sont présents, répartis irrégulièrement pendant les 40 premières secondes.

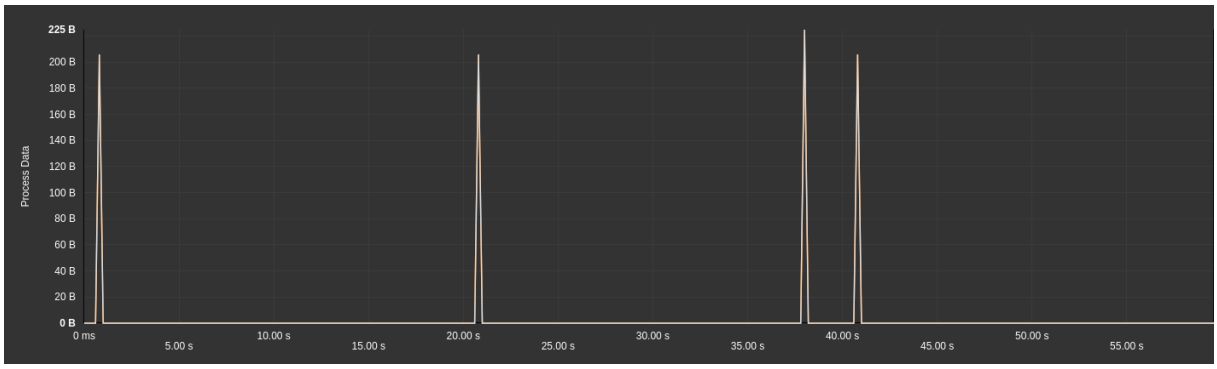
Côté énergie, les chargements de données impliquent une augmentation de l'énergie. Cependant, la consommation totale provient principalement de la lecture (moyenne à 30uAh).

Deezer :

Pour la plateforme Deezer, le contenu audio qui est lu est chargé entièrement dès le début de la lecture.



Deezer – Phase de chargement (prolongé pour intégrer le début de la lecture)



Deezer – Phase de lecture

Quelques pics, néanmoins, apparaissent pendant la phase de lecture. Ils seraient dus à l'activité de l'application en fond. Cependant, la quantité de données échangées reste faible.

11.5.5 Conclusions et recommandations

11.5.5.1 Projections et récapitulatif des résultats

Compte tenu de l'ensemble des informations données en partie 3, la projection des résultats pour une heure d'écoute ou visionnage de contenu doit être adaptée.

Pour les échanges de données de YouTube sur smartphone, il est possible de projeter les mesures par une multiplication par 60 pour obtenir des résultats en Mo/h.

On constate alors que les informations présentes dans la littérature seraient une échelle basse des échanges de données sur YouTube.

Les vidéos évaluées (Big Buck Bunny) sont des éléments stockés et affichés dans un navigateur. Les mécanismes utilisés sont différents de ceux utilisés par les diffuseurs lors du streaming. L'usage des mesures est donc possible pour analyser des différences de comportements entre codec et résolution.

Cependant, une projection sur une heure peut amener à des écarts faussés si l'on prend les résultats tels qu'ils sont présentés. L'étude des vidéos Big Buck Bunny doit être principalement interprétée avec ses paramètres propres(une comparaison de codec sur une courte durée).

Voici quelques pistes concernant la mesure pour améliorer la représentativité :

- séparer les étapes de mesure du chargement et de la lecture ;
- augmenter la durée de mesure de la lecture ;
- demander aux diffuseurs ou aux fournisseurs de technologies des flux diffusés (et non pas des fichiers).

11.5.5.2 Conclusions

Cette campagne de mesure a permis d'identifier les éléments de lecture qui ont un impact en termes de consommation d'énergie et de transfert de donnée.

La résolution d'un contenu vidéo à visionner est un paramètre important qui a un impact fort sur les consommations énergétiques et celles des données. Limiter la qualité pour le visionnage d'une vidéo permet de réduire ses consommations sans perturber le confort des utilisateurs.

Pour les codecs, ceux-ci peuvent avoir plus ou moins d'impact suivant la complexité d'encodage. Un codec léger en termes de données et complexe comme AV1 va nécessiter plus de calculs pour être décodé et affiché. Cela sera plus impactant sur l'énergie et moins sur les données. Pour H264, c'est le phénomène inverse. Le codec est plus lourd en termes de données mais nécessite moins de calculs pour être affiché et donc sera moins consommateur en énergie.

Le réseau a aussi son importance pour la consommation d'énergie puisque l'utilisation de la 3G est plus consommateur que la Wifi. En moyenne, sur smartphone, la 3G est 146% plus impactante que la Wifi.

Il est à noter par ailleurs que le niveau sonore a peu d'impact sur la consommation d'énergie :n impact de 8% d'augmentation de consommation lors d'un passage de 48 dB à 55 dB du volume sonore.

Enfin, il faut préciser que la consommation d'énergie et de données est très importante lors du parcours des catalogues en comparaison à la lecture du contenu. Par exemple pour le PC, avec une consultation du catalogue sur 15 min et la lecture de la vidéo pendant 1h, le catalogue représente 34% de la consommation énergétique et 15% des consommations de données.

11.5.5.3 Recommandation

Les analyses de sensibilité montrent que certains éléments sont à considérer dans les projections :

- Prendre en compte les temps utilisateurs hors vidéo et en particulier le parcours du catalogue (la consommation étant plus importantes) ;
- Un travail avec les fournisseurs de contenu est nécessaire pour identifier des pistes d'amélioration de l'impact des catalogues ;
- La réduction de la longueur des catalogues et l'implémentation du lazy-loading permet de diminuer la consommation des ressources ;
- La qualité de l'image n'impacte pas fortement la consommation d'énergie. L'impact des différentes qualités aura cependant un impact plus fort côté réseau compte tenu des données échangées ;
- Certaines normes d'encodage peuvent en revanche présenter un impact fort sur la consommation énergétique ;
- Certains paramètres comme le niveau sonore, les paramètres TV, etc., auraient un impact non négligeable et sont probablement à prendre en compte dans des projections. Une étude complémentaire pourrait être menée afin de quantifier l'impact de ce paramètre ;
- Les consommations d'énergie précisées par les constructeurs semblent correspondre (voire supérieures) aux mesures réalisées ;
- Le choix du réseau pour la lecture peut aussi avoir des effets sur l'impact. Une connexion Wifi reste moins impactante que la 3G.

11.6 ANNEXE F - Inventaire des données sur les terminaux

Tableau 105 - Inventaire des données sur les terminaux

Equipement	Durée de vie		Consommation électrique		Intensité d'usage	
	Valeur	Source	Valeur	Source	Valeur	Source
Ordinateur	5 ans	ADEME et Arcep 2022 - Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France	/	/	2,42 h / jour	CREDOC (2022) - Baromètre du numérique, édition 2022, pour Arcep, Arcom, ANCT, CGE.
Smartphone	2,5 ans	ADEME et Arcep 2022 - Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France	0,86 Wh/h	Mesure Greenspector sur Deezer en ligne, donnée utilisée pour les contenus audio	3,9 h / jour	https://www.data.ai/en/go/state-of-mobile-2023/
			4,8 Wh/h	Mesure Greenspector sur YouTube, donnée utilisée pour les contenus vidéo		
Tablette	3 ans	ADEME et Arcep 2022 - Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France	5,2 Wh/h	Données constructeur (Apple Ipad Pro)	0,75 h/jour	Hypothèse I Care
Téléviseur standard	8 ans	ADEME et Arcep 2022 - Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France	130 Wh/h	Moyenne pondérée de https://www.lg.com/fr/televiseurs/lg-42LF2510-tv-lcd, https://www.sony.com/fr-bj/electronics/televiseurs/w800g-w802g-series/specifications, https://www.lg.com/uk/tvs/lg-oled65c36lc et https://www.samsung.com/uk/tvs/oled-tv/s95c-65-inch-oled-4ksmart-tv-qe65s95catxxu/	4 h / jour	Hypothèse : identique à la box TV

Smart TV	8 ans	Hypothèse : identique à la TV classique	139,5 Wh/h	Moyenne de https://www.lg.com/uk/tvs/lg-oled65c36lc et https://www.samsung.com/uk/tvs/oled-tv/s95c-65-inch-oled-4ksmart-tv-qe65s95catxxu/	4 h / jour	Hypothèse : identique à la TV classique
Décodeur	5 ans	ADEME et Arcep 2022 - Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France	4, 3 Wh/h	Entretien technique Orange	4 h / jour	Entretien technique Orange
Boîtier OTT	5 ans	Hypothèse : identique à un décodeur	4,3 Wh/h	Hypothèse : identique à un décodeur	1 h / jour	Hypothèse I Care
Autoradio	10 ans	Hypothèse : identique à une voiture	38 Wh/h	ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission	0,75 h / jour	Hypothèse I Care
Transistor	5 ans	ICT Impact study	4,8 Wh/h	ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission	2 h / jour	ICT Impact study
Chaîne Hi-Fi	5 ans	ICT Impact study	38 Wh/h	ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission	2 h / jour	ICT Impact study
Enceinte connectée (active)	5 ans	ADEME et Arcep 2022 - Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France	4,2 Wh/h	ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission	4 h / jour	ICT Impact study
Enceinte connectée (veille)	5 ans	ADEME et Arcep 2022 - Evaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France	2,3 Wh/h	ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission	20 h / jour	Calcul
Vidéoprojecteur	5 ans	ADEME et Arcep 2022 - Evaluation	268 Wh/h	Calcul depuis consommation annuelle NégaOctet	0,5 h / jour	ADEME et Arcep 2022 - Evaluation environnementale

		environnementale des équipements et infrastructures numériques en France				des équipements et infrastructures numériques en France
Enceinte audio portable	5 ans	ICT Impact study	9,3 Wh/h	ICT Impact study, Final report, VHK and Viegand Maagøe for the European Commission	4 h/jour	ICT Impact study

11.7 ANNEXE G – Inventaire du cycle de vie des équipements annexes

Ecouteurs filaires

Le cycle de vie entier d'un écouteur filaire a été modélisé pour cette étude à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 106 - Inventaire du cycle de vie d'un écouteur filaire

Donnée	Source	Valeur	Unité	Phase du cycle de vie
CODDE-0006 : Chromium (Cr); primary production; RER	CODDE	0.027	kg	Fabrication
ECO-065-: Copper ingot (Cu); [100:0] 15% recycled; RER	CODDE	0,0,41	kg	Fabrication
CODDE-0152: Axial ferrite inductor, SMD; Singapore	CODDE	1	item	Fabrication
CODDE-0003: Neodymium rare earth magnet; Nd2Fe14B; Europe, RER	CODDE	0,009	kg	Fabrication
CODDE-2523: Zinc (Zn); primary production; RER	CODDE	0,134	kg	Fabrication
ECO-028-: Iron pellet; primary production; Europe, RER	CODDE	0,22	kg	Fabrication
Mix transport	Mix de transport NégaOctet	0,02	kg	Distribution
Modélisation I Care de traitement de fin de vie des DEEE avec des données CODDE selon une répartition de l'ADEME[211]	Modélisé depuis CODDE	0,02	kg	Fin de vie

Ecouteurs sans fil

Le cycle de vie entier d'un écouteur sans fil a été modélisé pour cette étude à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau ci-dessous.

[211] Équipements électriques et électroniques : données 2020 – Rapport annuel, ADEME

Tableau 107 - Inventaire du cycle de vie d'un écouteur sans fil

Donnée	Source	Valeur	Unité	Phase du cycle de vie
CODDE-0006 : Chromium (Cr); primary production; RER	CODDE	0.027	kg	Fabrication
ECO-0.65-: Copper ingot (Cu); [100:0] 15% recycled; RER	CODDE	0,0,41	kg	Fabrication
CODDE-0152: Axial ferrite inductor, SMD; Singapore	CODDE	1	item	Fabrication
CODDE-0003: Neodymium rare earth magnet; Nd2Fe14B; Europe, RER	CODDE	0,009	kg	Fabrication
CODDE-2523: Zinc (Zn); primary production; RER	CODDE	0,134	kg	Fabrication
ECO-028-: Iron pellet; primary production; Europe, RER	CODDE	0,22	kg	Fabrication
CODDE-2305: Iron phosphate li-ion (LFP) battery, prismatic; Global; GLO	CODDE	0,01	kg	Fabrication
NEGA-0050 : Casing; mix of equipment	NégaOctet	0,028	kg	Fabrication
CODDE-2290 : Gold; [100:0] 30% recycled content; GLO	CODDE	0,8	mg	Fabrication
Electronic component, active	Modélisé depuis CODDE	0,003	kg	Fabrication
Mix transport	Mix de transport NégaOctet	0,051	kg	Distribution
Modélisation I Care de traitement de fin de vie des DEEE avec des données CODDE selon une répartition de l'ADEME[212]	Modélisé depuis CODDE	0,051	kg	Fin de vie

[212] Équipements électriques et électroniques : données 2020 – Rapport annuel, ADEME

Casques audio

Le cycle de vie entier d'un casque audio a été modélisé pour cette étude à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 108 - Inventaire du cycle de vie d'un casque audio

Donnée	Source	Valeur	Unité	Phase du cycle de vie
ECO-018-: Polyvinyl chloride; from suspension process (S-PVC); RER	CODDE	0.027	kg	Fabrication
ECO-183-: Polyurethane flexible foam (PU); density 18 to 25 kg/m³ - hardness 2.5 to 4 kPa; EU-27	CODDE	0,0,41	kg	Fabrication
NEGA-0052: Motherboard; mix of equipment, without processor or RAM; China, CN	NégaOctet	1	item	Fabrication
ECO-177-: Cable, for phone; FR	CODDE	1	m	Fabrication
ECO-141-: Loudspeaker; RER	CODDE	1	item	Fabrication
CODDE-1093: Aluminium; primary production; Europe, RER	CODDE	0,016	kg	Fabrication
CODDE-2305: Iron phosphate li-ion (LFP) battery, prismatic; Global; GLO	CODDE	1	item	Fabrication
Mix transport	Mix de transport NégaOctet	0,65	kg	Distribution
Modélisation I Care de traitement de fin de vie des DEEE avec des données CODDE selon une répartition de l'ADEME[213]	Modélisé depuis CODDE	0,65	kg	Fin de vie

Enceintes audio portables

Le cycle de vie entier d'une enceinte audio portable a été modélisé pour cette étude à l'aide des données NégaOctet, présentées dans le tableau ci-dessous.

[213] Équipements électriques et électroniques : données 2020 – Rapport annuel, ADEME

Tableau 109 - Inventaire du cycle de vie d'une enceinte audio portable

Donnée	Source	Valeur	Unité	Phase du cycle de vie
ECO-141-: Loudspeaker; RER	CODDE	0,45	kg	Fabrication
CODDE-2305: Iron phosphate li-ion (LFP) battery, prismatic; Global; GLO	CODDE	0,20	kg	Fabrication
Mix transport	Mix de transport NégaOctet	0,65	kg	Distribution
NEGA-0848: Connected speaker; FR	NégaOctet	0,65	kg	Fin de vie

11.8 ANNEXE H – Analyse de la qualité des données

Dans le contexte de la méthode *Environmental Footprint* développée par la Commission européenne, la qualité des données de chaque nouveau jeu de données et de l'étude PEF complète doit être calculée et consignée. Le calcul de la DQR doit être fondé sur quatre critères de qualité des données **:** $\mathrm{DQR} = \frac{\mathrm{TeR+GR+TiR+P}}{4}$

Où TeR est la représentativité technologique, GR est la représentativité géographique, TiR est la représentativité temporelle, et P est la précision. La représentativité (technologique, géographique et temporelle) caractérise la mesure dans laquelle les processus et produits choisis décrivent le système analysé, tandis que la précision indique la manière dont les données sont obtenues et le degré d'incertitude associé.

Cinq niveaux de qualité (d'excellente à médiocre) peuvent être atteints conformément à la note de qualité des données (DQR). Ils sont synthétisés dans le Tableau 110 - Niveau de qualité globale des données des jeux de données conformes à l'EF, en fonction de la note de qualité des données obtenue :

Tableau 110 - Niveau de qualité globale des données des jeux de données conformes à l'EF, en fonction de la note de qualité des données obtenue

Note de qualité globale des données (DQR)	Niveau de qualité globale des données
DQR ≤ 1,5	**Excellente qualité**
1,5 ≤ DQR ≤ 2,0	**Très bonne qualité**
2,0 ≤ DQR ≤ 3,0	**Bonne qualité**
3,0 ≤ DQR ≤ 4,0	**Qualité acceptable**
4,0 ≤ DQR ≤ 5,0	**Qualité médiocre**

Le tableau suivant décrit la procédure pour calculer les DQR des jeux de données utilisés dans une étude PEF et qui seront utilisés dans cette étude :

Tableau 111 - Qualité des données utilisées - Attribution des valeurs aux critères DQR

Note	TiR	TeR	GR
1	La date de publication du rapport PEF a lieu au cours de la durée de validité du jeu de données	La technologie utilisée dans l'étude PEF est exactement la même que celle visée par le jeu de données	Le processus modélisé dans l'étude PEF a lieu dans le pays pour lequel le jeu de données est valable
2	La date de publication du rapport PEF a lieu au plus tard 2 ans au-delà de la durée de validité du jeu de données	Les technologies utilisées dans l'étude PEF font partie de l'ensemble de technologies visées par le jeu de données	Le processus modélisé dans l'étude PEF a lieu dans la région géographique (Europe, par exemple) pour laquelle le jeu de données est valable
3	La date de publication du rapport PEF a lieu au plus tard 4 ans au-delà de la durée de validité du jeu de données	Les technologies utilisées dans l'étude PEF ne relèvent que partiellement du champ le jeu de données	Le processus modélisé dans l'étude PEF a lieu dans une des régions géographiques pour lesquelles le jeu de données est valable
4	La date de publication du rapport PEF a lieu au plus tard 6 ans au-delà de la période de validité du jeu de données	Les technologies utilisées dans l'étude PEF sont semblables à celles relevant du champ du jeu de données	Le processus modélisé dans l'étude PEF a lieu dans un pays ne faisant pas partie de la/des région(s) géographique(s) pour laquelle/lesquelles le jeu de données est valable, mais suffisamment de similitudes sont estimées sur la base de l'avis des experts
5	La date de publication du rapport PEF à lieu plus de 6 ans après la durée de validité du jeu de données, ou la durée de validité n'est pas précisée.	Les technologies utilisées dans l'étude PEF sont différentes de celles relevant du champ du jeu de données	Le processus modélisé dans l'étude PEF a lieu dans un pays différent de celui pour lequel le jeu de données est valable

Le détail de l'évaluation de la qualité des données est précisé dans le tableau suivant.

Tableau 112 - Evaluation détaillée de la qualité des données

Etape de la chaîne de valeur	Représentativité technologique	Représentativité géographique	Représentativité temporelle	Précision / Incertitude	Total	Commentaire
Smartphone	1,25	1,5	1,25	1,75	1,4375	
Fabrication, transport et fin de vie	1	2	1	2	1,5	Données de NégaOctet (2022), représentant un mix de smartphones français donné par le rapport de l'ADEME-Arcep
Utilisation	2	1	1	1	1,25	Consommation mesurée par Greenspector, puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet
Durée de vie	1	2	2	1	1,5	Donnée de l'ADEME-Arcep provenant de la commission européenne, 2020, spécifique aux smartphones
Intensité d'usage	1	1	1	3	1,5	Donnée mondiale de 2023 spécifique aux smartphones
Ordinateur portable	1	2	1,75	2	1,6875	
Fabrication, transport et fin de vie	1	2	1	2	1,5	Données de NégaOctet (2022), représentant un mix d'ordinateurs français donné par le rapport de l'ADEME-Arcep
Utilisation	1	3	2	2	2	Donnée américaine de 2020, spécifique aux ordinateurs portables, puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet
Durée de vie	1	2	2	1	1,5	Donnée de l'ADEME-Arcep provenant de la Commission européenne, 2020, spécifique aux ordinateurs portables
Intensité d'usage	1	1	2	3	1,75	Donné du Baromètre du numérique 2021, France, spécifiques aux ordinateurs

Tablette	1,05	2,2	1,45	2	1,675	
Fabrication, transport et fin de vie	1	2	1	2	1,5	Données de NégaOctet (2022), représentant un mix de tablettes français donné par le rapport de l'ADEME-Arcep
Utilisation	1	3	2	2	2	Donnée constructeur (Apple Ipad Pro), puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet
Durée de vie	1	2	2	1	1,5	Donnée de l'ADEME-Arcep provenant de la Commission européenne, 2020, spécifique aux tablettes
Intensité d'usage	1	2	1	3	1,75	Donnée estimée à partir des volumes d'usages de Médiamétrie 2022
Téléviseur standard	1,25	2	1,25	2	1,625	
Fabrication, transport et fin de vie	1	2	1	2	1,5	Données de NégaOctet (2022), représentant un mix de TV français donné par le rapport de l'ADEME-Arcep
Utilisation	1	3	1	2	1,75	Mix de données constructeurs 2023, correspondant au mix utilisé pour la fabrication, puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet
Durée de vie	1	2	2	1	1,5	Donnée de l'ADEME-Arecp provenant de la Commission européenne, 2020, spécifique aux télévision
Intensité d'usage	2	1	1	3	1,75	Donnée supposée identique à celle d'un décodeur TV d'Orange, 2023
Smart TV	1,5	2	1,25	2,25	1,75	
Fabrication, transport et fin de vie	2	2	1	3	2	Données de NégaOctet (2022), répartition adaptée pour obtenir une répartition plus importante de technologie OLED (représentative du marché français)

Utilisation	1	3	1	2	1,75	Mix de données constructeurs 2023, correspondant au mix utilisé pour la fabrication, puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet
Durée de vie	1	2	2	1	1,5	Donnée de l'ADEME-Arecp provenant de la Commission européenne, 2020, spécifique aux télévision
Intensité d'usage	2	1	1	3	1,75	Donnée supposée identique à celle d'un décodeur TV d'Orange, 2023
Décodeur TV	1,25	1,5	1,25	1,25	1,3125	
Fabrication, transport et fin de vie	1	2	1	2	1,5	Données de NégaOctet (2022), représentant un décodeur TV
Utilisation	2	1	1	1	1,25	Donnés fournie et mesurée par Orange, 2023, France, spécifiques aux décodeurs, puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet
Durée de vie	1	2	2	1	1,5	Donnée de l'ADEME-Arecp provenant de la commission européenne, 2020, spécifique aux décodeurs TV
Intensité d'usage	1	1	1	1	1	Données fournies par Orange, 2023, France, spécifiques aux décodeurs
Boîtier OTT	2	1,5	1,25	2,75	1,875	
Fabrication, transport et fin de vie	2	2	1	3	2	Données de NégaOctet (2022), représentant un décodeur TV, divisé par un rapport massique
Utilisation	2	1	1	2	1,5	Donnés fournie et mesurée par Orange, 2023, France, spécifiques aux décodeurs, puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet

Durée de vie	2	2	2	3	2,25	Donnée de l'ADEME-Arecp provenant de la Commission européenne, 2020, spécifique aux décodeurs TV
Intensité d'usage	2	1	1	3	1,75	Données fournies par Orange, 2023, France, spécifiques aux décodeurs
Transistor	2,25	2,25	1,75	3	2,3125	
Fabrication, transport et fin de vie	3	3	1	3	2,5	Construction de données à partir de données mondiales CODDE et NégaOctet (2023)
Utilisation	1	2	2	2	1,75	Donnée spécifique radio de l'ICT impact study (2020), puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet
Durée de vie	3	2	2	4	2,75	Hypothèse I Care - Identique à une enceinte connectée
Intensité d'usage	2	2	2	3	2,25	Donnée spécifique radio de l'ICT impact study (2020)
Autoradio	2	2,5	1,75	3,5	2,4375	
Fabrication, transport et fin de vie	3	3	1	3	2,5	Construction de données à partir de données mondiales CODDE et NégaOctet (2023)
Utilisation	1	2	2	3	2	Données de consommation des chaînes Hi-FI, ICT impact study (2020), puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet
Durée de vie	2	2	2	4	2,5	Hypothèse I Care - Identique à une voiture
Intensité d'usage	2	3	2	4	2,75	Hypothèse I Care à partir de l'utilisation d'une voiture
Chaîne Hi-Fi	2	2,25	1,75	2,25	2,0625	

Fabrication, transport et fin de vie	3	3	1	3	2,5	Construction de données à partir de données mondiales CODDE et NégaOctet (2023)
Utilisation	1	2	2	2	1,75	Données de consommation des chaînes Hi-Fi, ICT impact study (2020), puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet
Durée de vie	2	2	2	2	2	Donnée spécifique chaîne Hi-Fi de l'ICT impact study (2020)
Intensité d'usage	2	2	2	2	2	Donnée spécifique chaîne Hi-Fi de l'ICT impact study (2020)
Radio-réveil	4	2	2	4	3	
Fabrication et fin de vie et utilisation	4	2	2	4	3	Faute de données spécifiques, modélisation identique à un transistor
Station d'acceuil	4	2	2	4	3	
Fabrication et fin de vie et utilisation	4	2	2	4	3	Faute de données spécifiques, modélisation identique à un transistor
Enceinte connectée	1	2,25	1,5	2	1,6875	
Fabrication, transport et fin de vie	1	1	1	2	1,25	Données de NégaOctet (2022), représentant une enceinte connectée
Utilisation	1	3	1	2	1,75	Mix de données constructeurs 2023, puis calculée avec un mix énergétique français de NégaOctet
Durée de vie	1	2	2	1	1,5	Donnée de l'ADEME-Arecp provenant de la Commission européenne, 2020, spécifique aux enceintes connectées
Intensité d'usage	1	3	2	3	2,25	Donnée mondiale de statista, 2020, spécifiques aux enceintes connectées

Equipements annexes	3	1,5	1,5	3	2,25	
Fabrication, transport et fin de vie	3	2	2	3	2,5	Construction de données à partir de données mondiales CODDE et NégaOctet (2023)
Volumes imputés à 2022	3	1	1	3	2	Extrapolations de volume d'une année par rapport à l'évolution du chiffre d'affaires, et répartition basée sur l'année 2022 et des données de ventes françaises
Réseau fixe	1	1	1	2	1,25	
Fabrication, transport, utilisation et fin de vie	1	1	1	2	1,25	Données du PCR FAI (2024), représentant le réseau et les routeurs, avec un mix xDSL et FFTx mis à jour, une composante fixe et une variable en fonction des données consommées, utilisation calculée avec le mix français de NégaOctet
Réseau Mobile	1	1	1	2	1,25	
Fabrication, transport, utilisation et fin de vie	1	1	1	2	1,25	Données du PCR FAI (2024), représentant le réseau avec un mix 2/3/4/5G, une composante fixe et une variable en fonction des données consommées, utilisation calculée avec le mix français de NégaOctet
Réseau IPTV géré	1,25	1	1	1,75	1,25	
Fabrication, transport et fin de vie réseau hors box et hors backbone	1	1	1	2	1,25	Soustraction de données de NégaOctet (2022)
Utilisation	1	1	1	2	1,25	Consommation des routeurs, avec un mix xDSL et FFTx mis à jour

Données/mois/ligne (hors IPTV géré)	1	1	1	1	1	Données OCDE et Ofcom 2022, spécifique France
Données/mois/ligne (avec IPTV géré, en moyenne)	2	1	1	2	1,5	Données moyennes Orange + données Arcom 2022
Réseau TNT	2	1,5	1	2,5	1,75	
Fabrication et fin de vie infrastructure	3	2	1	3	2,25	Construction de données à partir de données mondiales CODDE et NégaOctet (2023), nombre d'émetteurs et d'antennes connus
Consommation d'énergie	1	1	1	2	1,25	Données LoCaT, 2022, spécifique à la France, combinée à la donnée mix énergétique français de NégaOctet
Réseau satellite	4	2	2	4	3	
Fabrication et fin de vie et utilisation	4	2	2	4	3	Faute de données spécifiques, modélisation identique au réseau TNT
Réseau FM	2,333333333	1,666666667	1	2,666666667	1,91666667	
Fabrication et fin de vie infrastructure	3	2	1	3	2,25	Construction de données à partir de données mondiales CODDE et NégaOctet (2023), nombre d'émetteurs et d'antennes connus
Puissances apparentes rayonnées	1	1	1	1	1	Données recueillies auprès de l'Arcom
Energie consommée	3	2	1	4	2,5	Hypothèses sur les gain d'antenne, pertes feeder, et rendements des émetteurs
Réseau DAB+	2,333333333	1,666666667	1	2,666666667	1,91666667	
Fabrication et fin de vie infrastructure	3	2	1	3	2,25	Construction de données à partir de données mondiales CODDE et NégaOctet

						(2023), nombre d'émetteurs et d'antennes connus
Puissances apparentes rayonnées	1	1	1	1	1	Données recueillies auprès de l'Arcom
Energie consommée	3	2	1	4	2,5	Hypothèses sur les gains d'antenne, pertes feeder, et rendements des émetteurs
Centre de données origine pour la vidéo	2	2	1	2	1,75	
Fabrication et fin de vie des serveurs	2	2	1	2	1,75	Données NégaOctet utilisées, correspondant aux fiches de bonnes pratiques sur les services numériques, produites par le LCIE Bureau Veritas et aux données publiques de Netflix
Utilisation des serveurs	2	2	1	2	1,75	Données de consommation de Netflix
CDN pour la vidéo	1,5	2	1	2	1,625	
Fabrication et fin de vie des serveurs	2	2	1	2	1,75	Données NégaOctet utilisées, correspondant aux fiches de bonnes pratiques sur les services numériques, produites par le LCIE Bureau Veritas et aux données publiques de Netflix
Utilisation des serveurs	1	2	1	2	1,5	Donnée de Deezer (pour des CDN d'Akamai) / étude CarbonTrust
Centre de données origine pour l'audio	1,5	2	1	2	1,625	
Fabrication et fin de vie des serveurs	2	2	1	2	1,75	Données NégaOctet utilisées, correspondant aux fiches de bonnes pratiques sur les services numériques, produites par le LCIE Bureau Veritas et aux données fournies par Deezer

Utilisation des serveurs	1	2	1	2	1,5	Donnée de Deezer
CDN pour l'audio	1,5	2	1	2	1,625	
Fabrication et fin de vie des serveurs	2	2	1	2	1,75	Données NégaOctet utilisées, correspondant aux fiches de bonnes pratiques sur les services numériques, produites par le LCIE Bureau Veritas et aux données fournies par Deezer
Utilisation des serveurs	1	2	1	2	1,5	Donnée de Deezer (pour des CDN d'Akamai)
Publicité programmatique	1,666666667	1,333333333	1	2,333333333	1,58333333	
Données de modélisation	2	1	1	3	1,75	Référentiel du SRI, France, marges d'incertitudes importantes
Fabrication et fin de vie des serveurs	2	1	1	2	1,5	Données NégaOctet
Utilisation des serveurs	1	2	1	2	1,5	Mix électriques français et américains de NégaOctet, correspondant à la répartition des serveurs en France et à l'étranger

11.9 ANNEXE I – Résultats complémentaires de l'évaluation des scénarios (pour 1 heure de contenu) d'usages audiovisuels

11.9.1 Scénario A1- écoute de la radio en direct en FM sur un poste radio

Tableau 113 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de radio FM sur transistor

Catégorie d'impact	Unité	Equipement	Réseau	Centre de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	5,76E-03	2,40E-04	7,68E-04	**6,76E-03**
Acidification	mol H+ eq	3,54E-05	1,43E-06	4,31E-06	**4,11E-05**
Particules fines	Disease incidence	2,53E-10	3,23E-11	3,01E-11	**3,15E-10**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,96E-07	2,72E-08	8,23E-09	**5,31E-07**
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,50E-01	2,80E-02	1,17E-02	**1,89E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	4,80E-03	1,91E-03	7,35E-04	**7,44E-03**
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	5,13E-02	3,38E-03	1,07E-03	**5,58E-02**
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	1,35E-01	2,22E-03	1,11E-02	**1,48E-01**
Ressources fossiles	MJ	1,42E-01	2,73E-02	1,66E-02	**1,86E-01**
Matières premières	kg	2,99E-02	3,10E-04	2,23E-03	**3,24E-02**
Consommation nette d'eau	m3	3,95E-05	8,22E-07	5,46E-06	**4,58E-05**

11.9.2 Scénario A2 - écoute de la radio en direct en FM sur un autoradio

Tableau 114 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de radio FM sur autoradio

Catégorie d'impact	Unité	Equipement	Réseau	Centre de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	5,58E-02	2,40E-04	7,68E-04	**5,68E-02**
Acidification	mol H+ eq	5,19E-04	1,43E-06	4,31E-06	**5,24E-04**
Particules fines	Disease incidence	1,64E-09	3,23E-11	3,01E-11	**1,71E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,29E-06	2,72E-08	8,23E-09	**1,33E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,33E-01	2,80E-02	1,17E-02	**2,73E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	3,80E-02	1,91E-03	7,35E-04	**4,06E-02**
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	1,63E-01	3,38E-03	1,07E-03	**1,67E-01**
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	5,71E-01	2,22E-03	1,11E-02	**5,84E-01**
Ressources fossiles	MJ	2,29E-01	2,73E-02	1,66E-02	**2,73E-01**
Matières premières	kg	7,32E-02	3,10E-04	2,23E-03	**7,57E-02**
Consommation nette d'eau	m3	1,02E-04	8,22E-07	5,46E-06	**1,09E-04**

11.9.3 Scénario A3 - écoute de la radio en direct via internet sur un smartphone connecté au réseau fixe

Tableau 115 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de radio en direct via réseau fixe sur smartphone

Catégorie d'impact	Unité	Equipement	Réseau	Centre de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	2,24E-02	5,17E-03	8,03E-04	**2,84E-02**
Acidification	mol H+ eq	1,33E-04	4,33E-05	4,51E-06	**1,80E-04**
Particules fines	Disease incidence	7,49E-10	7,30E-10	3,16E-11	**1,51E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	7,95E-07	4,05E-07	9,10E-09	**1,21E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	3,15E-01	5,81E-01	1,23E-02	**9,08E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	8,63E-04	3,33E-02	7,60E-04	**3,49E-02**
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	5,53E-03	7,23E-02	1,14E-03	**7,90E-02**
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	3,89E-01	1,15E-01	1,17E-02	**5,16E-01**
Ressources fossiles	MJ	2,39E-01	5,23E-01	1,74E-02	**7,80E-01**
Matières premières	kg	7,19E-02	3,85E-02	2,37E-03	**1,13E-01**
Consommation nette d'eau	m3	4,93E-04	3,77E-06	5,78E-06	**5,03E-04**

11.9.4 Scénario A4 - écoute de musique/podcast sur une plateforme de streaming (application) sur un smartphone connecté au réseau mobile

Tableau 116 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de streaming audio via réseau mobile sur smartphone

Catégorie d'impact	Unité	Equipement	Réseau	Centre de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	2,24E-02	7,87E-03	8,22E-04	**3,11E-02**
Acidification	mol H+ eq	1,33E-04	4,21E-05	4,62E-06	**1,79E-04**
Particules fines	Disease incidence	7,49E-10	8,68E-10	3,23E-11	**1,65E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	7,95E-07	1,93E-07	9,55E-09	**9,98E-07**
Consommation d'énergie primaire	MJ	3,15E-01	6,57E-01	1,26E-02	**9,85E-01**
Consommation d'énergie finale	kWh	8,63E-04	3,97E-02	7,73E-04	**4,13E-02**
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	5,53E-03	7,77E-02	1,18E-03	**8,44E-02**
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	3,89E-01	1,33E-01	1,20E-02	**5,33E-01**
Ressources fossiles	MJ	2,39E-01	6,07E-01	1,78E-02	**8,64E-01**
Matières premières	kg	7,19E-02	2,42E-02	2,44E-03	**9,86E-02**
Consommation nette d'eau	m3	4,93E-04	4,48E-06	5,94E-06	**5,04E-04**

11.9.5 Scénario V1 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un accès TNT intégré au téléviseur

Tableau 117 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de TV linéaire via TNT sur TV

Catégorie d'impact	Unité	Equipement	Réseau	Centre de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	3,79E-02	1,32E-03	3,19E-04	**3,95E-02**
Acidification	mol H+ eq	2,17E-04	8,05E-06	1,83E-06	**2,27E-04**
Particules fines	Disease incidence	2,90E-09	1,54E-10	1,60E-11	**3,07E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	3,41E-06	1,92E-07	7,62E-09	**3,61E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,34E+00	1,29E-01	1,27E-02	**2,48E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	1,30E-01	8,55E-03	6,79E-04	**1,39E-01**
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	3,10E-01	1,54E-02	1,00E-03	**3,26E-01**
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	5,87E-01	1,33E-02	5,30E-03	**6,06E-01**
Ressources fossiles	MJ	2,16E+00	1,19E-01	1,01E-02	**2,29E+00**
Matières premières	kg	1,73E-01	1,39E-03	1,23E-03	**1,75E-01**
Consommation nette d'eau	m3	1,77E-03	5,20E-06	1,17E-06	**1,77E-03**

11.9.6 Scénario V2 - visionnage d'une chaîne de télévision en HD sur un téléviseur via un décodeur TV relié à une box FAI (IPTV)

Tableau 118 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de TV linéaire via IPTV géré sur TV connectée à un décodeur FAI

Catégorie d'impact	Unité	Equipement	Réseau	Centre de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	4,68E-02	4,19E-03	1,70E-03	**5,27E-02**
Acidification	mol H+ eq	2,81E-04	2,71E-05	9,81E-06	**3,18E-04**
Particules fines	Disease incidence	3,30E-09	5,49E-10	7,29E-11	**3,93E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,79E-06	2,34E-07	4,15E-08	**5,07E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,53E+00	4,65E-01	3,59E-02	**3,03E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	1,34E-01	3,10E-02	1,65E-03	**1,67E-01**
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	3,66E-01	6,29E-02	3,79E-03	**4,33E-01**
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	8,00E-01	6,43E-02	2,94E-02	**8,94E-01**
Ressources fossiles	MJ	2,34E+00	4,27E-01	4,14E-02	**2,81E+00**
Matières premières	kg	2,52E-01	2,40E-02	6,61E-03	**2,83E-01**
Consommation nette d'eau	m3	1,84E-03	3,51E-06	1,36E-05	**1,85E-03**

11.9.7 Scénario V3 - visionnage de télévision de rattrapage en HD sur une TV connectée à internet via un décodeur TV relié à une box FAI

Tableau 119 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de TVR via réseau fixe sur TV connectée à un décodeur FAI

Catégorie d'impact	Unité	Equipement	Réseau	Centre de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	4,68E-02	6,29E-03	1,07E-03	**5,42E-02**
Acidification	mol H+ eq	2,81E-04	5,08E-05	6,19E-06	**3,38E-04**
Particules fines	Disease incidence	3,30E-09	8,54E-10	4,71E-11	**4,21E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,79E-06	5,88E-07	2,61E-08	**5,41E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,53E+00	6,86E-01	2,54E-02	**3,24E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	1,34E-01	3,90E-02	1,21E-03	**1,74E-01**
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	3,66E-01	8,59E-02	2,52E-03	**4,55E-01**
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	8,00E-01	1,37E-01	1,85E-02	**9,56E-01**
Ressources fossiles	MJ	2,34E+00	6,20E-01	2,72E-02	**2,99E+00**
Matières premières	kg	2,52E-01	4,87E-02	4,17E-03	**3,05E-01**
Consommation nette d'eau	m3	1,84E-03	4,40E-06	7,96E-06	**1,85E-03**

11.9.8 Scénario V4 - visionnage de VàDA en HD sur un téléviseur connecté à internet (Smart TV)

Tableau 120 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de VàDA via réseau fixe sur smart TV

Catégorie d'impact	Unité	Equipement	Réseau	Centre de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	4,25E-02	7,87E-03	2,08E-03	**5,24E-02**
Acidification	mol H+ eq	2,37E-04	6,12E-05	1,20E-05	**3,10E-04**
Particules fines	Disease incidence	3,12E-09	1,03E-09	8,88E-11	**4,24E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	3,32E-06	8,46E-07	5,10E-08	**4,22E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,55E+00	8,34E-01	4,23E-02	**3,43E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	1,40E-01	4,69E-02	1,92E-03	**1,88E-01**
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	3,26E-01	1,05E-01	4,57E-03	**4,35E-01**
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	6,79E-01	1,68E-01	3,62E-02	**8,83E-01**
Ressources fossiles	MJ	2,36E+00	7,57E-01	5,01E-02	**3,17E+00**
Matières premières	kg	1,79E-01	6,31E-02	8,12E-03	**2,50E-01**
Consommation nette d'eau	m3	2,25E-03	5,30E-06	1,71E-05	**2,27E-03**

11.9.9 Scénario V5 - visionnage de vidéo en ligne sur une plateforme de partage de vidéos en HD sur un smartphone connecté au réseau mobile

Tableau 121 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux par tier du scénario de PPV via réseau mobile sur smartphone

Catégorie d'impact	Unité	Equipement	Réseau	Centre de données	TOTAL
Changement climatique	kg CO2 eq	2,27E-02	2,80E-02	1,66E-03	**5,23E-02**
Acidification	mol H+ eq	1,34E-04	1,70E-04	9,60E-06	**3,13E-04**
Particules fines	Disease incidence	8,07E-10	4,37E-09	7,14E-11	**5,25E-09**
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	7,95E-07	9,13E-07	4,06E-08	**1,75E-06**
Consommation d'énergie primaire	MJ	3,70E-01	3,80E+00	3,52E-02	**4,20E+00**
Consommation d'énergie finale	kWh	4,76E-03	2,56E-01	1,62E-03	**2,62E-01**
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	1,23E-02	4,77E-01	3,71E-03	**4,93E-01**
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	3,91E-01	3,58E-01	2,88E-02	**7,77E-01**
Ressources fossiles	MJ	2,89E-01	3,49E+00	4,05E-02	**3,82E+00**
Matières premières	kg	7,26E-02	1,03E-01	6,47E-03	**1,82E-01**
Consommation nette d'eau	m3	4,94E-04	2,89E-05	1,33E-05	**5,36E-04**

11.10 ANNEXE J – Comparaison générale de tous les scénarios

Les impacts de tous les scénarios selon tous les indicateurs étudiés sont comparés dans la figure suivante.

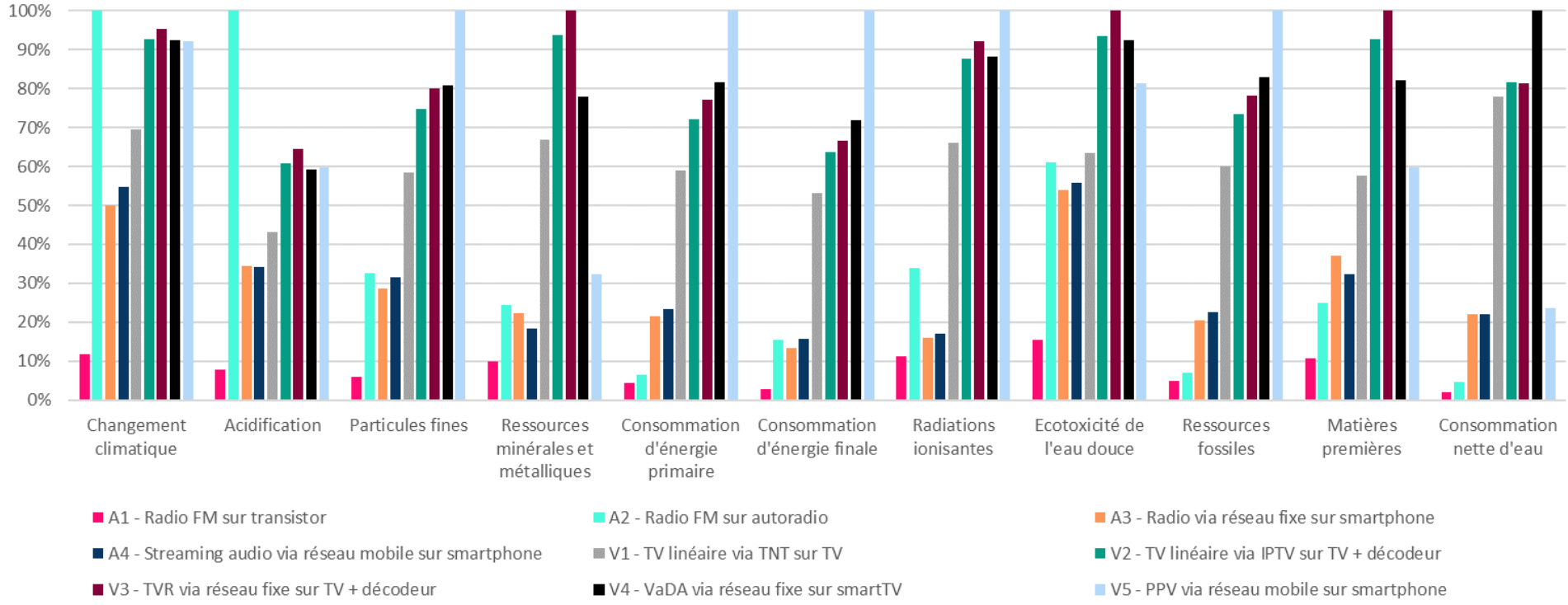


Figure 99 – Comparaison générale de tous les scénarios

11.11 ANNEXE K – Données d'usage : volumes d'heure équipement obtenus

Tableau 122 - Volumes d'heures annuel d'utilisation des équipements audiovisuels pour chaque usage (en milliards d'heures)

Usages audiovisuels	Téléviseur	Smartphone	Ordinateur	Tablette	Enceinte connectée	Transistor	Autoradio	Chaîne Hi-Fi	Radio réveil	Station d'accueil	TOTAL
TV linéaire	18,83	35,68	0,90	1,30	0,60						**57,31**
TV rattrapage	0,87	0,91	0,30	0,40	0,30						**2,78**
Vidéo à la demande	2,77	2,88	0,81	1,08	0,81						**8,35**
Plateforme partage vidéo	0,41	0,43	7,80	4,22	0,85						**13,70**
Radio hertzienne							5,43	10,38	4,32	3,09	**23,75**
Radio en ligne	0,15	0,16	2,39	0,56	0,25	0,44					**3,96**
Streaming audio / podcasts	0,09	0,09	11,82	1,18	0,49	0,41					**14,07**
TOTAL	23,12	40,15	24,03	8,73	3,30	0,85	5,43	10,38	4,32	3,09	**123,93**
Musique vidéo	*0,19*	*0,20*	*3,62*	*1,96*	*0,39*						***6,37***

Tableau 123 - Volumes d'heures annuel d'utilisation des réseaux audiovisuels pour chaque usage (en milliards d'heures)

Usages audiovisuels	Réseau fixe	Réseau mobile	TNT	IPTV géré	Satellite	FM	DAB+	TOTAL
TV linéaire	2,35	0,45	12,54	38,43	3,54			**57,31**
TV rattrapage	2,63	0,15						**2,78**
Vidéo à la demande	7,94	0,41						**8,35**
Plateforme partage vidéo	9,80	3,90						**13,70**
Radio hertzienne						22,56	1,19	**23,75**
Radio en ligne	2,52	1,44						**3,96**
Streaming audio / podcasts	6,98	7,09						**14,07**
TOTAL	32,23	13,43	12,54	38,43	3,54	22,56	1,19	**123,93**
Musique vidéo	*4,55*	*1,81*						***6,37***

11.12 ANNEXE L – Résultats complémentaires de l'évaluation des usages audiovisuels à l'échelle France

Note : l'usage de « Musique vidéo » est inclus dans les usages audio, cependant il s'agit d'un sous-ensemble de l'usage « Plateformes de partage vidéo » inclus dans les usages vidéo. Ainsi, dans le total des résultats des impacts environnementaux, l'usage « Musique vidéo » n'est pas additionné, pour éviter un double comptage.

Tableau 124 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France

Catégorie d'impact	Unité	TV linéaire	TV rattrapage	Vidéo à la demande	Plateformes partage vidéo	Radio hertzienne	Radio en ligne	Streaming audio / podcasts	TOTAL	Musique vidéo
Changement climatique	kg CO2 eq	2,91E+09	1,63E+08	5,07E+08	6,43E+08	7,24E+08	1,49E+08	4,98E+08	**5,59E+09**	*2,99E+08*
Acidification	mol H+ eq	1,73E+07	1,01E+06	3,15E+06	3,98E+06	6,49E+06	9,12E+05	3,02E+06	**3,58E+07**	*1,85E+06*
Particules fines	Disease incidence	2,12E+02	1,07E+01	3,41E+01	3,66E+01	2,51E+01	8,14E+00	2,64E+01	**3,54E+02**	*1,70E+01*
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	2,60E+05	1,27E+04	4,08E+04	3,42E+04	4,22E+04	7,24E+03	2,09E+04	**4,18E+05**	*1,59E+04*
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,65E+11	7,64E+09	2,47E+10	2,33E+10	6,30E+09	5,02E+09	1,58E+10	**2,48E+11**	*1,08E+10*
Consommation d'énergie finale	kWh	8,99E+09	3,76E+08	1,23E+09	1,02E+09	5,35E+08	2,12E+08	6,42E+08	**1,30E+10**	*4,74E+08*
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	2,26E+10	9,61E+08	3,14E+09	2,42E+09	3,18E+09	5,04E+08	1,51E+09	**3,43E+10**	*1,12E+09*
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	4,92E+10	3,06E+09	9,46E+09	1,25E+10	9,51E+09	2,84E+09	9,32E+09	**9,59E+10**	*5,82E+09*

Ressources fossiles	MJ	1,52E+11	6,93E+09	2,25E+10	2,09E+10	6,34E+09	4,44E+09	1,38E+10	**2,27E+11**	*9,71E+09*
Matières premières	kg	1,45E+10	7,91E+08	2,53E+09	2,65E+09	1,13E+09	5,69E+08	1,78E+09	**2,39E+10**	*1,23E+09*
Consommation nette d'eau	m3	1,14E+08	5,87E+06	1,77E+07	1,59E+07	2,01E+06	4,05E+06	1,18E+07	**1,71E+08**	*7,41E+06*

Tableau 125 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France, décomposés entre les trois tiers

Catégorie d'impact	Unité	Equipements	Réseaux	Centres de données
Changement climatique	kg CO2 eq	4,91E+09	5,27E+08	1,53E+08
Acidification	mol H+ eq	3,13E+07	3,61E+06	9,31E+05
Particules fines	Disease incidence	2,79E+02	6,79E+01	6,94E+00
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	3,77E+05	3,73E+04	3,39E+03
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,89E+11	5,54E+10	3,45E+09
Consommation d'énergie finale	kWh	9,43E+09	3,41E+09	1,70E+08
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	2,69E+10	7,05E+09	3,44E+08
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	8,38E+10	9,41E+09	2,68E+09
Ressources fossiles	MJ	1,73E+11	5,07E+10	3,96E+09
Matières premières	kg	2,03E+10	3,05E+09	5,89E+08
Consommation nette d'eau	m3	1,70E+08	4,68E+05	1,24E+06

Tableau 126 - Résultats complémentaires des impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France, décomposés par étapes de cycle de vie

Catégorie d'impact	Unité	Fabrication	Transport	Utilisation	Fin de vie
Changement climatique	kg CO2 eq	4,09E+09	1,03E+08	1,30E+09	1,06E+08
Acidification	mol H+ eq	2,42E+07	1,39E+06	9,46E+06	7,51E+05
Particules fines	Disease incidence	1,41E+02	7,62E+00	2,01E+02	3,87E+00
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,17E+05	3,91E+00	3,99E+02	2,87E+02

Consommation d'énergie primaire	MJ	6,84E+10	1,40E+09	1,77E+11	9,88E+08
Consommation d'énergie finale	kWh	0,00E+00	0,00E+00	1,30E+10	0,00E+00
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	1,25E+10	3,94E+05	2,18E+10	5,85E+06
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	6,97E+10	7,21E+07	8,02E+09	1,80E+10
Ressources fossiles	MJ	6,32E+10	1,39E+09	1,62E+11	1,06E+09
Matières premières	kg	2,16E+10	4,51E+07	2,10E+09	1,73E+08
Consommation nette d'eau	m3	1,63E+08	9,97E+03	1,44E+06	6,99E+06

11.13 ANNEXE M - Résultats complémentaires de l'analyse prospective à 2030

NB : par manque de données, l'indicateur de consommation d'eau a été retiré de la liste pour l'analyse prospective.

11.13.1 Résultats globaux de l'analyse prospective à 2030

Tableau 127 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2022 et à horizon 2030, selon les scénario tendanciel, écoconception, et sobriété

Catégorie d'impact	Unité	2022	Tendanciel 2030	Ecoconception 2030	Sobriété 2030
Changement climatique	kg CO2 eq	5,59E+09	7,22E+09	5,28E+09	3,76E+09
Acidification	mol H+ eq	3,58E+07	3,85E+07	2,80E+07	2,09E+07
Particules fines	Disease incidence	3,54E+02	2,08E+02	1,56E+02	1,15E+02
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	4,20E+05	3,37E+05	2,56E+05	2,29E+05
Consommation d'énergie primaire	MJ	2,48E+11	2,59E+11	1,77E+11	1,30E+11
Consommation d'énergie finale	kWh	1,30E+10	1,15E+10	7,11E+09	5,57E+09
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	3,46E+10	2,69E+10	1,86E+10	1,54E+10
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	9,60E+10	1,38E+11	1,04E+11	7,27E+10
Ressources fossiles	MJ	2,28E+11	2,20E+11	1,53E+11	1,12E+11
Matières premières	kg	2,38E+10	2,57E+10	1,93E+10	1,51E+10

11.13.2 Résultats par usage de l'analyse prospective à 2030

Tableau 128 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par usage, selon le scénario tendanciel

Catégorie d'impact	Unité	TV linéaire	TV rattrapage	Vidéo à la demande	Plateformes partage vidéo	Radio hertzienne	Radio en ligne	Streaming audio / podcasts
Changement climatique	kg CO2 eq	2,88E+09	3,86E+08	1,67E+09	5,79E+08	5,23E+08	1,91E+08	9,86E+08
Acidification	mol H+ eq	1,50E+07	2,12E+06	9,38E+06	3,53E+06	4,63E+06	1,14E+06	5,94E+06
Particules fines	Disease incidence	1,37E+02	1,90E+01	8,18E+01	2,90E+01	1,79E+01	9,57E+00	4,99E+01
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,30E+05	1,95E+04	8,53E+04	2,76E+04	2,50E+04	8,39E+03	4,08E+04
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,17E+11	1,54E+10	6,40E+10	1,90E+10	5,05E+09	6,35E+09	3,17E+10
Consommation d'énergie finale	kWh	5,37E+09	6,88E+08	2,81E+09	8,05E+08	1,57E+08	2,74E+08	1,38E+09
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	1,17E+10	1,57E+09	6,39E+09	1,69E+09	2,26E+09	5,57E+08	2,77E+09
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	5,62E+10	7,76E+09	3,38E+10	1,16E+10	6,60E+09	3,73E+09	1,88E+10
Ressources fossiles	MJ	1,01E+11	1,32E+10	5,46E+10	1,57E+10	4,73E+09	5,23E+09	2,58E+10
Matières premières	kg	1,03E+10	1,52E+09	6,62E+09	2,24E+09	8,54E+08	6,98E+08	3,48E+09

Tableau 129 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par usage, selon le scénario ecoconception

Catégorie d'impact	Unité	TV linéaire	TV rattrapage	Vidéo à la demande	Plateformes partage vidéo	Radio hertzienne	Radio en ligne	Streaming audio / podcasts
Changement climatique	kg CO2 eq	2,22E+09	2,94E+08	1,25E+09	4,07E+08	3,22E+08	1,30E+08	6,49E+08
Acidification	mol H+ eq	1,15E+07	1,62E+06	7,03E+06	2,50E+06	2,70E+06	7,84E+05	3,93E+06
Particules fines	Disease incidence	9,48E+01	1,33E+01	5,77E+01	2,11E+01	1,12E+01	6,76E+00	3,49E+01
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,02E+05	1,51E+04	6,53E+04	2,04E+04	1,95E+04	5,92E+03	2,77E+04
Consommation d'énergie primaire	MJ	7,83E+10	1,05E+10	4,38E+10	1,39E+10	3,66E+09	4,52E+09	2,25E+10
Consommation d'énergie finale	kWh	3,11E+09	4,10E+08	1,71E+09	5,87E+08	9,82E+07	1,95E+08	1,01E+09
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	7,63E+09	1,05E+09	4,33E+09	1,28E+09	1,77E+09	4,12E+08	2,09E+09
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	4,40E+10	6,01E+09	2,58E+10	8,31E+09	4,89E+09	2,61E+09	1,27E+10
Ressources fossiles	MJ	6,83E+10	9,07E+09	3,78E+10	1,15E+10	3,50E+09	3,77E+09	1,85E+10
Matières premières	kg	7,90E+09	1,17E+09	5,04E+09	1,64E+09	6,91E+08	4,95E+08	2,37E+09

Tableau 130 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par usage, selon le scénario sobriété

Catégorie d'impact	Unité	TV linéaire	TV rattrapage	Vidéo à la demande	Plateformes partage vidéo	Radio hertzienne	Radio en ligne	Streaming audio / podcasts
Changement climatique	kg CO2 eq	1,70E+09	2,39E+08	5,37E+08	3,74E+08	3,41E+08	8,53E+07	4,85E+08
Acidification	mol H+ eq	9,24E+06	1,39E+06	3,15E+06	2,35E+06	2,87E+06	5,29E+05	3,02E+06
Particules fines	Disease incidence	8,14E+01	1,20E+01	2,70E+01	1,91E+01	1,19E+01	4,46E+00	2,55E+01
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	1,09E+05	1,63E+04	3,61E+04	2,01E+04	2,07E+04	4,34E+03	2,26E+04
Consommation d'énergie primaire	MJ	6,61E+10	9,24E+09	2,03E+10	1,21E+10	3,79E+09	2,90E+09	1,59E+10
Consommation d'énergie finale	kWh	2,95E+09	3,97E+08	8,63E+08	4,84E+08	9,67E+07	1,22E+08	6,65E+08
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	7,33E+09	1,04E+09	2,25E+09	1,15E+09	1,87E+09	2,76E+08	1,51E+09
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	3,26E+10	4,82E+09	1,09E+10	7,78E+09	5,19E+09	1,73E+09	9,70E+09
Ressources fossiles	MJ	5,71E+10	7,91E+09	1,73E+10	1,00E+10	3,63E+09	2,41E+09	1,31E+10
Matières premières	kg	7,01E+09	1,09E+09	2,45E+09	1,56E+09	7,33E+08	3,43E+08	1,86E+09

11.13.3 Résultats par tier de l'analyse prospective à 2030

Tableau 131 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par tier, selon le scénario tendanciel

Catégorie d'impact	Unité	Equipements	Réseaux	Centres de données
Changement climatique	kg CO2 eq	6,61E+09	5,40E+08	6,77E+07
Acidification	mol H+ eq	3,76E+07	3,75E+06	3,90E+05
Particules fines	Disease incidence	2,75E+02	6,66E+01	3,04E+00
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	2,99E+05	3,58E+04	1,58E+03
Consommation d'énergie primaire	MJ	1,98E+11	5,96E+10	1,76E+09
Consommation d'énergie finale	kWh	7,52E+09	3,87E+09	8,56E+07
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	2,01E+10	6,70E+09	1,71E+08
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	1,26E+11	1,08E+10	1,14E+09
Ressources fossiles	MJ	1,70E+11	4,88E+10	1,79E+09
Matières premières	kg	2,22E+10	3,22E+09	2,57E+08

Tableau 132 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par tier, selon le scénario ecoconception

Catégorie d'impact	Unité	Equipements	Réseaux	Centres de données
Changement climatique	kg CO2 eq	4,70E+09	5,08E+08	6,78E+07
Acidification	mol H+ eq	2,61E+07	3,56E+06	3,90E+05
Particules fines	Disease incidence	1,78E+02	5,89E+01	3,04E+00
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	2,18E+05	3,59E+04	1,58E+03

Consommation d'énergie primaire	MJ	1,24E+11	5,10E+10	1,76E+09
Consommation d'énergie finale	kWh	3,83E+09	3,21E+09	8,57E+07
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	1,26E+10	5,77E+09	1,71E+08
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	9,25E+10	1,06E+10	1,14E+09
Ressources fossiles	MJ	1,09E+11	4,19E+10	1,79E+09
Matières premières	kg	1,59E+10	3,12E+09	2,58E+08

Tableau 133 - Impacts environnementaux des usages audiovisuels pendant 1 an en France en 2030 par tier, selon le scénario sobriété

Catégorie d'impact	Unité	Equipements	Réseaux	Centres de données
Changement climatique	kg CO2 eq	3,34E+09	3,68E+08	4,81E+07
Acidification	mol H+ eq	1,96E+07	2,68E+06	2,77E+05
Particules fines	Disease incidence	1,37E+02	4,22E+01	2,25E+00
Ressources minérales et métalliques	kg Sb eq	2,00E+05	2,88E+04	1,11E+03
Consommation d'énergie primaire	MJ	9,27E+10	3,63E+10	1,40E+09
Consommation d'énergie finale	kWh	3,26E+09	2,25E+09	6,98E+07
Radiations ionisantes	kBq U235 eq	1,12E+10	4,13E+09	1,33E+08
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	6,40E+10	7,87E+09	8,06E+08
Ressources fossiles	MJ	8,04E+10	2,98E+10	1,36E+09
Matières premières	kg	1,25E+10	2,38E+09	1,82E+08

11.14 ANNEXE N – Rapport de revue critique

Date

9 août 2024

Titre de l'étude

Étude de l'impact environnemental des usages audiovisuels en France

- Axe 2 : Comparaison de l'impact environnemental des usages vidéo et audio suivant des unités fonctionnelles prédéfinies (Analyse du Cycle de Vie multicritère)
- Axe 3 : Modélisation et quantification de l'impact environnemental de l'ensemble des usages vidéo et audio en France

Commanditaire de l'étude ACV

ARCOM, Tour Mirabeau, 39-43, quai André-Citroën, 75739 Paris cedex 15

ARCEP, 14 rue Gerty Archimède, Paris

ADEME, 20, avenue du Grésillé, BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Réalisateur de l'étude ACV

I Care, 28 Rue du 4 Septembre, Paris

Version du rapport ACV

Rapport intermédiaire, juillet 2024

Membres du comité de revue

Etienne Lees-Perasso, TIDE, président du comité de revue
Eric Fourboul, Hubblo
Laurent Eskenazi, Hubblo

Description du processus de revue

La revue critique a été effectuée en se fondant sur l'ISO 14044:2006, paragraphe 6.3 (revue critique par le comité des parties intéressées).
La revue critique a été effectuée à l'issue de l'étude
La revue critique comporte une évaluation du modèle ICV
La revue critique ne comporte pas une analyse des feuilles de données individuelles

Description de la manière dont les commentaires ont été formulés, débattus et mis en pratique

La revue critique a suivi le processus suivant :

1. 23/10/2023 : réunion de lancement de la revue critique en présence de I Care, de l'ARCOM et du comité de revue

Présentation de l'étude (contexte, travaux effectués, résultats, interprétation) par I Care et l'ARCOM
Présentation du processus de revue critique par le président du comité
Discussion sur le planning de revue critique

2. 04/12/2023 : envoi par I Care de la première version de rapport axe 2 et des fichiers de calcul

3. 08/12/2023 : envoi par I Care d'un complément au rapport avec les analyses de sensibilité
4. 22/12/2023 : envoi par I Care d'un complément au rapport avec de nouvelles hypothèses et analyses de sensibilité
5. 05/12/2023 au 18/01/2024 : première phase de revue par le comité
6. 18/01/2024 : envoi par le président du comité de revue des premiers retours
7. 31/01/2024 : réunion de présentation et d'explication des retours de revue, en présence de de I Care, de l'ARCOM et du comité de revue
8. 29/03/2024 et 03/04/2024 : envoi par I Care de la seconde version de rapport d'ACV et des fichiers de calcul, ainsi que des retours sur les commentaires formulés
9. 15/04/2024 : envoi par I Care de la première version de rapport axe 3 et des fichiers de calcul
10. 15/04/2024 au 17/05/2024 : seconde phase de revue par le comité
11. 17/05/2024 : envoi par le président du comité de revue des commentaires
12. 27/06/2024 et 09/07/2024 : envoi par I Care de la version finale du rapport axes 2 et 3 et des réponses aux commentaires
13. 09/08/2024 : envoi par le président du comité du rapport de vérification

Déclaration du résultat de la revue critique

L'étude se révèle en conformité avec les normes ISO 14040:2006 et ISO 14044:2006.

Les normes ITU L.1410 et ITU L.1450 ont été également utilisées, et les écarts de l'étude à ces normes ont été évalués, sans que la conformité totale soit attendue.

Avis sur l'étude et limitations

Contexte :

Les services culturels, et notamment les usages audiovisuels, ont connu une forte numérisation au cours des dernières années. Cette numérisation a entraîné une mutation de la façon de les consommer, ainsi que des impacts environnementaux associés. Ces impacts ont fait et font l'objet de nombreuses discussions dans le grand public.

La complexité de la question demandait donc la réalisation d'une étude approfondie pour traiter ce sujet. Le présent rapport permet d'apporter des éléments d'éclairage sur la question.

L'ARCOM, l'ARCEP et l'ADEME ont mandaté le cabinet I Care pour réaliser une étude environnementale en 4 axes permettant de réaliser un état des lieux des technologies (axe 1), de comparer l'impact environnemental des usages (axe 2), de réaliser une modélisation de l'impact à l'échelle française (axe 3), et de réaliser des projections à moyen termes (axe 4).

2 de ces 4 axes (les axes 2 et 3) font l'objet d'une revue critique, dont le présent rapport en est le livrable principal.

Conformité aux normes NF EN ISO 14040 et NF EN ISO 14044 :

Cette étude respecte les normes ISO 14040 et ISO 14044, et propose le calcul d'un panel d'indicateurs reconnus (indicateurs PEF EF 3.0), et pertinents pour les services numériques comme les services classiques.

Les résultats sont pertinents et cohérents, en lien avec les objectifs de l'étude. L'interprétation permet une analyse plus poussée de la compréhension des impacts et des enjeux.

Écarts principaux aux normes ITU L.1410 et ITU L.1450 :

Pour rappel, la conformité aux normes ITU L.1410 et ITU L.1450 n'est pas un attendu de l'étude. Le commanditaire a cependant souhaité évaluer les écarts à ces normes.

Les principaux écarts constatés sont les suivants :

- ITU L.1410 :
    - La partie logiciel (développement, production) est hors du périmètre de l'étude, alors qu'elle doit être prise en compte selon la norme.
    - L'unité fonctionnelle n'est pas en ligne avec la norme (1h de consommation, et non un service annuel)
    - La fabrication des équipements supports n'est pas prise en compte.
    - La méthode d'allocation des impacts de la fin de vie n'est pas en ligne avec la norme.
- ITU L.1450 :
    - La norme est prévue pour couvrir le secteur ICT dans sa globalité, et n'est donc pas complètement applicable dans le cas présent.
    - Toutes les sources utilisées n'ont pas fait l'objet d'une revue par les pairs.
    - Aucune analyse de sensibilité n'a été réalisée.

Limites identifiées :

L'étude est ainsi de bonne qualité. Cependant, des limites restent présentes, et notamment :

- La localisation des centres de données fait l'objet de discussions ;
- La définition de l'unité fonctionnelle à l'échelle France est imprécise ;
- La comparaison à l'étude de référence des impacts environnementaux du numérique en France en 2020 inclut des biais méthodologiques ;
- Le manque d'analyses de sensibilité concernant l'étude à l'échelle France.

Dans le détail :

Concernant la localisation des centres de données :

La localisation des centres de données sont modélisés à l'étranger par hypothèse. Cette hypothèse a une forte influence sur les impacts environnementaux de par la nature du mix électrique des différent pays, et notamment la France qui a un mix faiblement carboné.

Cette hypothèse constitue donc une limite à l'étude.

Concernant la définition de l'unité fonctionnelle à l'échelle France

L'unité fonctionnelle retenue pour l'échelle France ("*Utiliser les équipements et systèmes liés aux usages audiovisuels en France en 2022*") est trop large. En effet, elle ne couvre que 8 usages, extrapolés à l'échelle France, et non l'ensemble des usages audiovisuels possibles.

Il est nécessaire d'ajouter cette information lors de chaque communication des résultats, avec l'unité fonctionnelle.

Concernant la comparaison avec l'étude des impacts environnementaux du numérique en France en 2020

Les impacts environnementaux des usages audiovisuels à l'échelle France sont comparés aux impacts du numérique globaux à l'échelle France (étude ADEME-ARCEP).

Cette comparaison comporte des limites du fait des évolutions méthodologiques et de périmètre temporel et géographique entre les deux études :

- L'année de référence n'est pas la même, dans un contexte de forte croissance des impacts environnementaux du numérique
- La source pour la modélisation des données réseau n'est pas la même
- Les centres de données à l'étranger ne sont pas considérés de la même façon.

Cette comparaison est donc à prendre avec précaution.

Concernant le manque d'analyses de sensibilité concernant l'étude à l'échelle France :

Aucune analyse de sensibilité n'a été réalisée à l'échelle France. Il aurait été pertinent de transcrire les AS réalisées sur l'axe 2 vers une variation globale d'impact sur l'axe 3, pour avoir une idée de la variation potentielle des résultats plutôt qu'une valeur fixe, ou de déterminer des analyses de sensibilités spécifiques pour l'axe 3.

En effet, en l'absence de ces analyses, ou d'analyse d'incertitude, les valeurs présentées sont fixes, et non des gammes de valeurs, donnant l'impression d'un chiffre connu précisément alors que ce n'est pas le cas.

Commentaires de la revue critique

L'ensemble des commentaires de la revue critique et des échanges ont été documentés dans un fichier dédié remis à l'équipe ACV.

Président du comité de revue	Membre du comité de revue	Membre du comité de revue
Etienne Lees-Perasso	Laurent Eskenazi	Eric Fourboul
TIDE	Hubblo	Hubblo

REMERCIEMENTS

Pour ce rapport, nous tenons à remercier l'ensemble des personnes ayant participé au projet, notamment les membres du Comité de Pilotage au sein de l'Arcom, l'Arcep et l'ADEME, le cabinet I Care by BearingPoint (Léo Génin, Yoann Lechat, Alexis Burguburu, Zoé Jobard, Cyprien Jooris), mais aussi les différents contributeurs sollicités au cours de l'étude.

Ce document est diffusé par l'Arcom, l'Arcep et l'ADEME

Arcom

Tour Mirabeau

39-43, quai André Citroën

75739 Paris Cedex 15

Arcep

14, Avenue Gerty Archimède

75012 Paris

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 2022-03-PN

Etude réalisée pour le compte de l'Arcom, l'Arcep et l'ADEME par : **I Care by BearingPoint**

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Arcom
Le régulateur de la communication audiovisuelle et numérique

arcep

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE

Retrouvez-nous sur :

www.arcom.fr www.arcep.fr www.ademe.fr

Octobre 2024

I Care
by BearingPoint