

EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE LA DIGITALISATION DES SERVICES CULTURELS

SYNTHESE

Nov.
2022

REMERCIEMENTS

Pour ce rapport, nous tenons à remercier l'ensemble des personnes ayant participé au projet, notamment les membres du Comité de Pilotage, mais aussi les différents contributeurs sollicités au cours de l'étude.

Membres du Comité de pilotage et de relecture

Erwann FANGEAT (ADEME)
Raphaël GUASTAVI (ADEME)
David MARCHAL (ADEME)
Marine SCHENFELE (Canal Plus)
Fabienne BLANQUART (Canal Plus)
Amélien DELAHAIE (Canal Plus)
Benjamin GUINCESTRE (Deezer)
Anne-Claire TRAN (Fnac-Darty)
Charlotte ALIX (Fnac-Darty)
Thomas PLANQUES (Game Impact)
Guillaume LE BRIS (Game Impact)
Arnaud CHAPALAIN (Game Impact)
Stéphane RAPPENEAU (Game Impact)
Nicolas ROBIN (Imago)
Perry STULTZ (Microsoft)
Emma STEWART (Netflix)
Jean-Marc DUPUIS (Rakuten Kobo)
Joshua ASLAN (Sony PlayStation)
Jade DESCOURTIEUX (Ubisoft)
Nicolas HUNSINGER (Ubisoft)
Philippe BAYLE (Ubisoft)
Philippe MAESEN (Vivendi)

Membres du panel de revue critique

Etienne LEES-PERASSO (TIDE)
Eric FOURBOUL (Hubblo)
Laurent ESKENAZI (Hubblo)

CITATION DE CE RAPPORT

Auteurs : MEYER Julia (ADEME), NICO Tom (I Care), BURGUBURU Alexis (I Care), RIGAL Margot (I Care), LIZON Benjamin (I Care), GENIN Léo (I Care), CATALAN Caroline (I Care), ADAM Isaure (I Care). 2022. Evaluation de l'impact environnemental de la digitalisation des services culturels.

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

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'oeuvre 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.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 2021AC000067

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : I Care

Coordination technique - ADEME : Julia MEYER

Direction/Service : Service Ecoconception et Recyclage de la Direction Economie Circulaire de l'ADEME

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	5
1. CONTEXTE	6
1.2. Méthodologie de l'ACV.....	9
2. RESULTATS	14
2.1. Lire un livre	14
2.2. Ecouter de la musique.....	16
2.3. Regarder un film.....	17
2.4. Jouer à un jeu video	20
3. LIMITES	24
3.1. Lire un livre	24
3.2. Ecouter de la musique.....	24
3.3. Regarder un film.....	25
3.4. Jouer à un jeu video	25
4. CONCLUSION / PERSPECTIVES	27
4.1 Messages-clés à retenir	27
4.2 Focus sur l'effet rebond	28
4.2.1 Illustration de l'effet rebond entre le visionnage de DVD et le visionnage de vidéos sur internet, de 2012 à 2020	29
5 RECOMMANDATIONS	31
5.1 Recommandations utilisateurs de services numériques	31
5.2 Recommandations à destination des fournisseurs	34

RÉSUMÉ

L'émergence du numérique a considérablement transformé l'accès des français à la culture. En l'espace d'une génération, les services culturels (écouter de la musique, lire, voir un film, jouer aux jeux vidéo) se sont largement digitalisés, passant de supports physiques comme le CD, le DVD ou le livre, à des versions numériques. Si la vente des livres papier a pu rester constante malgré l'arrivée du livre audio et du ebook, la numérisation des films a fait s'effondrer la vente des DVD/BluRay et de CD ; par exemple en 2002, les Français ont acheté 150 millions de CD pour 24 millions en 2018 selon le Syndicat national de l'édition phonographique (SNEP). Les effets de ce mouvement d'ampleur sont néanmoins contrastés en termes d'impacts environnementaux.

Nous pouvons, d'une part, profiter aujourd'hui quasi-instantanément de films, jeux, musiques que nous téléchargeons ou « streamons » sur nos smartphone, tablette ou écran et se passer d'une collection de supports matériels consommant des ressources pour leur fabrication, difficiles à recycler en fin de vie et non rattachés à aucune filière REP à ce jour. Pourtant, d'autre part, le streaming vidéo, qui captera bientôt 80 % du trafic internet mondial, a également des impacts environnementaux. La numérisation accrue a fait exploser la demande autrefois limitée par l'accès aux supports physiques. Une récente étude de l'Université de Glasgow (« Music Consumption Has Unintended Economic and Environmental Costs » 2019) montre qu'en 2016, la production de GES par le stockage et la transmission de fichiers de musique numérique était estimée entre 200 et 350 millions de kgCO₂eq pour les Etats-Unis.

En plus d'avoir accru nos usages, ces nouveaux services numériques sont accompagnés d'équipements physiques multi-usages qui nécessitent d'être connectés aux réseaux de télécommunication et Internet pour le transit continu des données vers les centres de stockage et de calcul. Pour le cloud gaming par exemple la puissance de calcul est déportée dans des serveurs hébergés à distance qui font tourner les jeux évitant ainsi à leurs utilisateurs de posséder des équipements physiques performants. Mais cette digitalisation peut également complexifier les équipements nécessaires à ces nouveaux services. Le streaming musical peut se faire par exemple sur un smartphone, enceinte connectée ou ordinateur portable. Ces équipements sont bien plus complexes qu'une simple chaîne hi-fi ou lecteur de DVD/BR, et nécessitent une large variété de matières premières, de métaux notamment. Ainsi, l'évaluation des impacts environnementaux de la digitalisation doit intégrer l'impact des équipements numériques utilisés dans une approche cycle de vie.

Aucune étude à l'échelle nationale n'a encore été menée permettant de démontrer de façon systémique que la digitalisation de ces services culturels réduit leur impact environnemental et d'en mesurer l'ordre de grandeur. Dans ce contexte, l'ADEME a souhaité réaliser une étude qui apporterait ces éléments, via une évaluation environnementale multicritère et sur tout le cycle de vie des services culturels physiques et numériques.

En synthèse, les résultats de cette étude montrent que :

- la lecture sur liseuse peut être moins impactante que sur papier à partir d'un grand nombre de livres lus, d'autant plus en comparaison de livres papiers utilisés qu'à une seule occasion.
- l'écoute de musique en streaming peut être supérieure à l'écoute d'un CD dès lors que des équipements type enceinte ou matériel Hi Fi sont mis en œuvre.
- le visionnage de vidéos en streaming sur des écrans de petite taille est le moins impactant. Le visionnage sur téléviseur d'un film en DVD versus un streaming « haute définition » représente plus d'impacts sur le changement climatique, mais sensiblement moins d'impacts sur les ressources.
- jouer sur un écran et une console avec un jeu sur support physique ou téléchargé en amont ont des impacts environnementaux assez similaires. Cependant, jouer en basse résolution à des jeux en cloud gaming sans rajouter de console permet un gain environnemental... annulé dès lors que les résolutions augmentent.

1. Contexte

1.1. Objectifs de l'étude

- Une forte « digitalisation » des services culturels au cours de cette dernière décennie mais des impacts environnementaux toujours aussi matériels

Les changements apportés par le secteur du numérique ont révolutionné le secteur de la culture. L'arrivée de nouveaux services numériques a provoqué une rupture avec les canaux traditionnels et a permis une démocratisation de l'accès à la culture. Le numérique permet de transporter de l'information très rapidement et ainsi d'avoir une visibilité accrue.

En France, l'étude Evaluation de l'impact environnemental du numérique en France (ADEME et ARCEP 2022), basée sur une approche Analyse de Cycle de Vie (ACV), a permis d'établir que :

- des trois briques qui constituent le périmètre de l'étude, ce sont les terminaux (et en particulier les écrans et téléviseurs) qui sont à l'origine de 65 à 90 % de l'impact environnemental, selon l'indicateur environnemental considéré,
- à côté des impacts environnementaux liés à la consommation énergétique (incluant entre autres l'empreinte carbone, les radiations ionisantes et l'épuisement des ressources abiotiques fossiles qui décrivent environ 64 % de l'impact) qui sont des impacts communs à de nombreux secteurs, l'épuisement des ressources abiotiques naturelles (minéraux & métaux) ressort comme un critère pertinent pour décrire (de l'ordre de 27 %) l'impact environnemental du numérique,
- de toutes les étapes du cycle de vie des biens et services considérées, la fabrication et l'utilisation concentrent souvent jusqu'à 100 % de l'impact environnemental.

Ainsi, le numérique représenterait aujourd'hui 2,5 % de l'empreinte carbone au niveau national (phases de fabrication et d'utilisation comprises). En outre, selon le rapport de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique du Sénat, l'empreinte carbone de celui-ci pourrait augmenter de manière significative si rien n'est fait pour la limiter (+ 60 % d'ici à 2040 soit 6,7 % de l'empreinte carbone nationale).

La consommation de biens électroniques nationale connaît par ailleurs une croissance de plus en plus soutenue. Ainsi, d'après la dernière version du « Rapport annuel du registre des déchets d'équipements électriques et électroniques » de l'ADEME publié en janvier 2021 (ADEME 2021b), plus de 1,2 milliard d'équipements électriques et électroniques ont été mis sur le marché en 2019, en croissance de 25 % par rapport à 2018.

Cette tendance participe à la croissance de la pression exercée sur les ressources naturelles et représente une menace importante à l'égard des différents enjeux environnementaux.

Alors qu'il permet en apparence de réduire l'impact environnemental de nombreux processus par la « dématérialisation », le numérique n'est pas non plus exempt de tout impact sur l'environnement. Les processus numériques s'appuient en effet sur un certain nombre d'équipements (terminaux utilisateurs, data centers incluant des serveurs et d'autres équipements associés, réseaux de transmission des données) dont la matérialité est bien réelle et dont l'impact sur l'environnement peut être significatif sur l'ensemble de leur cycle de vie : émissions de GES, utilisation de ressources non-renouvelables et d'énergie, eutrophisation des sols, production de déchets... Ces impacts ne sont pas toujours visibles par l'utilisateur mais ils sont pourtant bien existants. Il est alors nécessaire de mettre en balance les gains environnementaux permis par l'utilisation de ces outils numériques (avec la disparition de certains supports physiques) avec l'impact qu'ils ont par ailleurs (apparition de nouveaux supports, notamment de stockage des données et multiplication des terminaux d'utilisation).

- Une matérialité des impacts qui se déplace, entre les formats traditionnels et les formats numériques

Pour en revenir aux services culturels, il est important de noter que l'essentiel des données consommées sur Internet correspond à des contenus culturels. Comme le souligne The Shift Project dans son Plan de Transformation de l'Economie Française pour le secteur de la culture (The Shift Project 2021), « sur 100 Go consommés en ligne, 30 correspondent à de la vidéo à la demande, 9 environ au jeu vidéo, 0,5 environ au streaming musical, 10 environ aux Tubes et 22 environ à la pornographie ». La culture serait alors le premier poste mondial de consommation de données selon le think-tank, et la consommation de données culturelles représenterait à elle seule plus de 1% des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

Or, on note que ces usages sont de plus en plus importants, avec des formats de plus en plus lourds comme le montre le graphique ci-dessus tiré du PTEF du Shift Project.

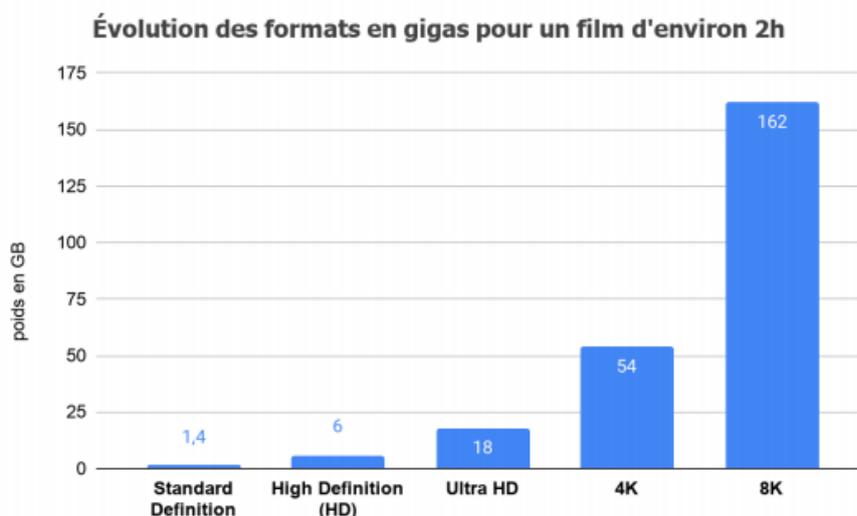


Figure 1 - Évolution des formats en gigas pour un film d'environ 2h (Source : Sandvine et le rapport *The Global Internet*), issu du PTEF culture du Shift Project

Au-delà de la consommation de données, il faut prendre en compte l'ensemble des impacts tout au long du cycle de vie de ces services culturels, et la partie fabrication des terminaux reste majeure. Par ailleurs, le nombre d'équipements connectés par personne est en constante augmentation, et ce partout dans le monde, comme le montre la carte ci-dessous.

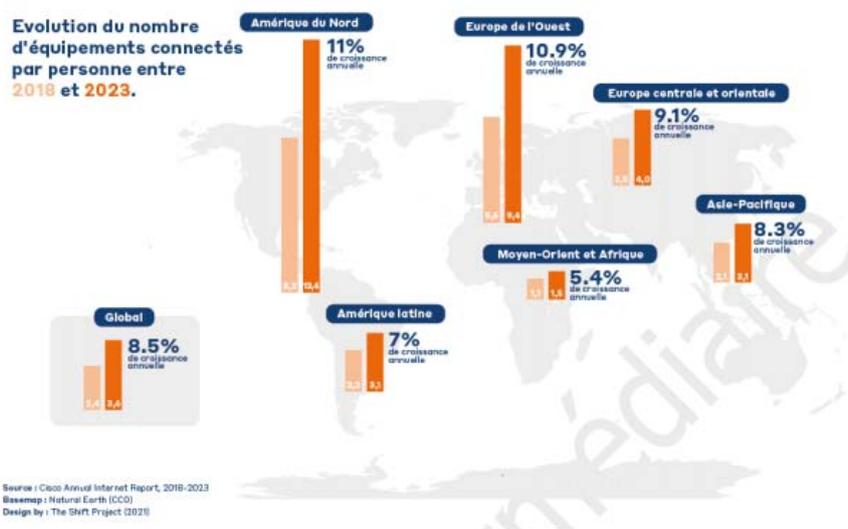


Figure 2 - Nombre d'équipements par habitant (Source : Cisco, 2020), issu du rapport PTEF culture du Shift Project

Enfin, il ne faut pas oublier tous les impacts dus à la transmission de données sur le réseau, au stockage des données sur data centers pour les contenus « on-demand » ou en « streaming ». En effet, la croissance des formats et des usages amène une saturation des réseaux existants qui justifie désormais un renouvellement des infrastructures numériques. D'ailleurs, il est important de noter que l'approche utilisée dans le cadre de cette étude est une approche « d'allocation moyenne » (méthode attributionnelle moyenne), or il serait possible d'affecter l'ensemble des impacts réseaux à ces consommations supplémentaires, puisque ces dernières nécessitent que des nouvelles infrastructures soient construites (méthode conséquentielle).

- **Focus sur 4 services numériques culturels : regarder un film, écouter de la musique, lire un livre et jouer aux jeux vidéo**

De manière générale, pour estimer les impacts liés à un service ou un produit, il faut réaliser une Analyse de Cycle de Vie (ACV). Les impacts proviennent de l'ensemble du cycle de vie d'un produit qui se décompose en plusieurs étapes : l'extraction des matières premières, leur transport, la fabrication du produit, sa distribution, son utilisation et sa fin de vie.

Dans le cas particulier des services numériques, la phase d'utilisation mobilise un ensemble d'infrastructures dont l'impact est inconnu pour beaucoup d'utilisateurs. Pour permettre d'afficher un contenu numérique (vidéo, audio...), les données, stockées sur data centers, sont ensuite transmises par un ensemble de réseaux Internet, dont les réseaux fixe et mobile opérés par les fournisseurs d'accès Internet. Dans le cas du réseau fixe, ces données arrivent ensuite jusqu'à votre box Internet qui transmet ensuite ces informations à votre périphérique (box TV, console...). Ce dernier se charge alors de transmettre les données à un support pour permettre d'afficher le contenu. Dans le cas du réseau mobile, la transmission se fait directement entre une antenne (3G/4G/5G) et votre périphérique.

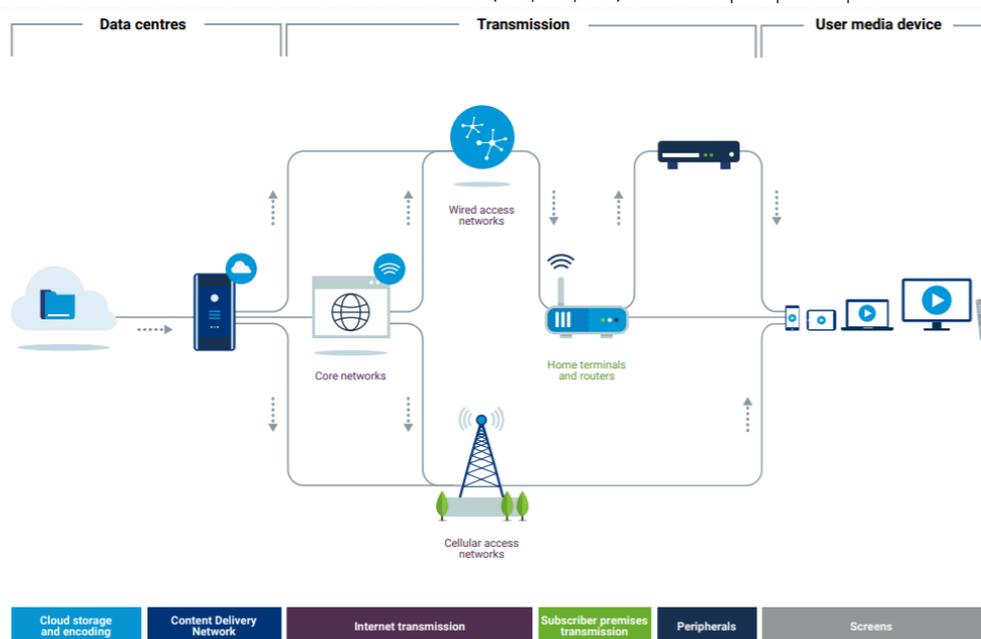


Figure 3 – Chaîne de transmission des données lors de l'utilisation d'un service numérique | [www.ecnhub.fr/15354](#),

Lire un livre

Si le livre papier reste le support classique de lecture, les lecteurs se tournent aujourd'hui de plus en plus vers la lecture numérique, que ce soit sur liseuse, tablette ou smartphone. Selon un rapport publié par l'ARCEP en 2021 (ADEME et ARCEP 2022), 17% des personnes interrogées déclarent lire des livres sur des écrans numériques, contre 8% en 2018.

Ecouter de la musique

Pendant très longtemps, le support utilisé pour écouter de la musique était le CD, tandis qu'aujourd'hui le streaming est le moyen principal pour écouter de la musique. Nous en serions d'ailleurs de gros consommateurs : selon un rapport publié par la Fédération internationale de l'industrie phonographique en 2018, les Français écouteront en moyenne 15 heures de musique par semaine (IFPI 2019). Comme pour la vidéo, notre manière de consommer ce service numérique pèse tout particulièrement dans notre bilan environnemental. La résolution audio de la musique, le réseau utilisé, le format de la musique (audio ou vidéo), ou encore son mode d'accès (téléchargement direct ou streaming) sont autant de paramètres qui font varier nos impacts environnementaux.

Regarder un film

Les modes de visionnage d'un film ont fortement évolué au cours de la dernière décennie : si les supports historiques étaient les DVDs (et bien avant, les cassettes VHS), c'est désormais sur ordinateur ou sur télévision connectée que les films et les vidéos sont regardés. Le visionnage de vidéos est devenu une

habitude quotidienne des français, notamment chez les jeunes. En effet, chez les 18-24 ans, le temps passé à regarder des vidéos sur internet dépasse les 11 heures par semaine en moyenne (ADEME et ARCEP 2022). Minimiser les impacts liés à cette utilisation de plus en plus fréquente devient alors nécessaire, ces impacts dépendant tout particulièrement de nos habitudes de visionnage (durée de visionnage, résolution de la vidéo, type de réseau utilisé...). Toutefois, ces leviers sont mal connus puisque par exemple, selon le Baromètre du numérique de l'ARCEP publié en 2021 (ADEME et ARCEP 2022), un internaute utilisant le réseau fixe sur deux (51%) n'a jamais modifié la résolution d'un contenu vidéo, ce chiffre atteignant 73% chez les retraités. Il devient indispensable de savoir paramétrer votre vidéo pour réduire l'impact au minimum tout en continuant à profiter de votre contenu.

Jouer à un jeu vidéo

Tout comme pour les autres services évoqués plus haut, notre manière de jouer aux jeux vidéo a changé significativement lors de la dernière décennie. Si selon Ubisoft près d'un tiers des joueurs de consoles utilisent toujours un disque pour accéder à leur jeu, de plus en plus d'utilisateurs s'orientent vers le téléchargement direct selon le studio. Plus récemment, les développeurs de jeux vidéo ont mis au point une nouvelle technique pour jouer : le cloud gaming. Le principe est simple : l'exécution du jeu se fait directement à partir d'un data center où le jeu est stocké sur un puissant serveur. A terme, les utilisateurs n'auront potentiellement plus besoin d'une console dotée d'un processeur performant pour faire tourner leur jeu, mais simplement d'un écran pour l'afficher et d'une connexion internet suffisamment puissante. Cette nouvelle utilisation du jeu vidéo entraîne une diminution importante de l'extraction des ressources nécessaires à la fabrication des terminaux utilisateurs, puisque l'achat d'une console pourrait ne plus être obligatoire à terme pour jouer. En contrepartie, le recours plus important aux data centers et à une infrastructure plus développée, la généralisation de la haute définition (HD et 4K) nécessitant un nombre croissant de données ou encore l'augmentation de la demande en jeux vidéo induite par une accessibilité accrue au gaming sont autant de facteurs impactant directement la consommation d'électricité. De manière générale, les impacts liés à l'utilisation d'un jeu vidéo vont principalement dépendre de son format (disque, téléchargement direct ou cloud gaming), de sa taille et de la durée totale de jeu. En connaissant vos habitudes de jeu, vous pouvez choisir le mix optimal qui vous est le plus adapté pour minimiser vos impacts.

Les objectifs de cette étude sont donc de :

- Obtenir des informations quantitatives pertinentes sur l'impact de la numérisation des services culturels ;
- Définir des bonnes pratiques aux utilisateurs de service culturels en fonction des habitudes ;
- Communiquer ces informations au grand public, aux pouvoirs publics ainsi qu'aux entreprises proposant des services culturels digitaux.

A noter que cette étude a été réalisée conformément aux normes ISO 14040 et ISO 14044 et soumise à revue critique externe suivant ces mêmes normes. Elle s'appuie également sur le PCR « Services Numériques » de l'ADEME (ADEME 2021a).

Pour plus de facilité de lecture, les services culturels historiques (lire un livre papier, regarder un DVD, écouter de la musique sur chaîne hi-fi ou jouer à un jeu vidéo sur Blu-Ray) sont appelés « services physiques » tandis que les services culturels récents (lire un livre sur liseuse, regarder un film en streaming, écouter de la musique en streaming ou jouer à un jeu vidéo en téléchargement direct ou cloud gaming) sont appelés « services numériques ».

1.2. Méthodologie de l'ACV

L'analyse du cycle de vie est une méthode utilisée pour évaluer l'impact environnemental de produits, de services ou d'organisations. Il existe d'autres méthodes d'évaluation de l'impact environnemental, telles que l'empreinte carbone ou les études d'impact. Mais l'ACV présente des spécificités qui rendent son approche holistique unique. En effet, utilisée depuis la fin des années 1990 et normalisée dans les séries ISO 14040:2006¹ et ISO 14044:2006², cette méthode propose d'établir le bagage écologique d'un produit ou service selon plusieurs concepts clés :

¹ ISO 14040:2006 – Management Environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et Cadres

² ISO 14044:2006 - Management Environnemental — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices

- **Multicritère** : Plusieurs indicateurs environnementaux sont à considérer de manière systématique en passant par le potentiel de réchauffement climatique, l'épuisement des ressources abiotiques, la création d'ozone photochimique, la pollution de l'eau, de l'air, des sols, l'écotoxicité humaine, la biodiversité. La liste des indicateurs n'est pas fixe mais dépend des secteurs d'activité.
- **Cycle de vie** : afin d'intégrer les impacts générés lors de toutes les étapes du cycle de vie des équipements, depuis l'extraction des ressources naturelles souvent peu accessibles jusqu'à la production des déchets en passant par la consommation d'énergie en phase d'usage...
- **Quantitative** : chaque indicateur est qualifié de manière chiffrée afin de pouvoir mettre sur une même échelle l'ensemble des externalités d'un produit ou d'un service et de prendre des décisions objectives.
- **Fonctionnelle** : l'objet d'étude est défini par la fonction qu'il remplit afin de pouvoir comparer différentes solutions techniques

L'analyse environnementale, et plus particulièrement l'analyse du cycle de vie (ACV) repose sur l'étude d'une fonction et non d'un produit, et définit une « unité fonctionnelle » (UF) 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'objectif principal de l'unité fonctionnelle est donc de fournir une référence qui servira 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 de produits / services.

1.3. Indicateurs environnementaux

Dans cette étude, les impacts environnementaux ont été évalués au niveau « mid-point » uniquement. Ceux-ci traduisent les impacts sur l'environnement selon plusieurs catégories d'impact. L'évaluation des impacts environnementaux a été effectuée à l'aide de la méthode de la norme NF EN 15804 + A2 (2019). Cette norme fournit le tronc commun des règles de catégories de produits pour les déclarations environnementales de type III relatives à tout produit ou service de construction. La norme EN 15804 + A2 remplace la version A1 en vigueur depuis 2013. La révision a notamment pour objectif d'être alignée avec le format du PEF (Product Environmental Footprint) de la Commission Européenne. Les facteurs de caractérisation sont donc basés sur les facteurs de la méthode EF3.0, développée et mise à jour par le *Joint Research Center* de la Commission Européenne.

La méthodologie EF3.0 est internationalement reconnue par les experts de l'ACV et largement utilisée. Cette méthode figure parmi les plus récentes méthodes mises à jour. Cette étude évalue certains indicateurs de la méthode EF3.0, listés dans le tableau suivant.

Tableau 1 – Indicateurs d'impact de la méthode EF3.0 du PEF utilisés dans cette étude

EF catégorie d'impact	Acronyme	Catégorie d'impact Indicateur	Unité	Modèle de caractérisation
Changement climatique, total ³	CC	Forçage radiatif en tant que potentiel de réchauffement global (GWP100)	kg CO ₂ eq.	Modèle de référence de 100 ans du GIEC (basé sur GIEC 2013)
Particules fines	PM	Cas maladie	Incidence des maladies	Méthode PM recommandée par le PNUE (PNUE 2016)
Radiations ionisantes, santé humaine	IR	Exposition humaine par rapport à l'U235	kBq U ²³⁵ eq.	Modèle des effets sur la santé humaine tel que développé par Dreicer et al. 1995 (Frischknecht et al, 2000)
Acidification	AC	Dépassements accumulés (DA)	Mol H ⁺ eq.	Dépassement cumulé (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)

³ L'indicateur "Changement climatique, total" est constitué de trois sous-indicateurs : Changement climatique, fossile ; Changement climatique, biogénique ; 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 - fossile", "Changement climatique - biogénique" et "Changement climatique - utilisation des terres et changement d'affectation des terres" doivent être rapportées séparément si elles contribuent chacune pour plus de 5% au score total du changement climatique.

Ecotoxicité eau douce	EC	Unité de toxicité comparée pour les écosystèmes (UTCe)	UTCe	Modèle USEtox 2.1 (Fankte et al, 2017)
Ressources en eau	WU	Potentiel de privation des utilisateurs (consommation d'eau pondérée par la privation)	m ³ eq. mondial	Eau disponible Restant (AWARE) comme recommandé par le PNUE, 2016
Ressources minérales et métalliques ⁴	RU	Épuisement des ressources abiotiques (réserves ultimes ADP)	kg Sb eq.	CML 2002 (Guinée et al., 2002) et van Oers et al. 2002.

La sélection des indicateurs de EF3.0 retenus dans cette étude a été contrainte par les indicateurs fournis dans la base de données NegaOctet au format Excel. Les indicateurs les plus pertinents pour une analyse de l'impact environnemental du numérique sont tout de même présents (changement climatique, ressources minérales et métalliques, consommation d'eau, ...).

De plus, les indicateurs retenus sont alignés avec les recommandations du référentiel méthodologique d'évaluation environnementale des services numériques de l'ADEME.

1.4. Périmètre de l'étude

1.4.1. Lire un livre

L'évaluation environnementale du service « lire un livre » a été réalisée selon différents scénarios afin de prendre en compte plusieurs usages :

- Service au format physique : lire un livre au format papier ;
- Service au format numérique :
 - Lire un livre sur une liseuse numérique ;
 - Lire un livre sur une tablette ;
 - Lire un livre sur une tablette uniquement dédiée à la lecture.

Parmi ces scénarios, la lecture sur livre papier et sur liseuse numérique sont supposés être les plus utilisés par les usagers. Le scénario de lecture sur tablette a été ajouté pour couvrir plus d'usage numérique. Le scénario sur tablette dédiée a été ajouté pour investiguer l'influence de la multifonctionnalité de la tablette, en considérant une utilisation mono-fonction de la tablette dans ce dernier scénario.

Concernant les caractéristiques du livre pris en compte, l'étude se focalise sur le genre roman, pour lequel la version « e-book » numérique et la version papier offre un service comparable (peu d'image, nombre de pages relativement peu variable). Un roman de 300 pages a été considéré, représentant un roman de moyenne taille. Ce nombre de pages a surtout un sens pour le format papier, moins pour le format numérique. Il peut également être interprété comme un nombre de 80 000 mots (environ 266 mots par page).

Les scénarios au format numérique diffèrent par le terminal utilisé et l'usage qui en est fait. La liseuse numérique ne peut être utilisée que pour lire des livres (mono-fonction). La tablette, en revanche, permet de lire des livres numériques, mais rend également de nombreuses autres fonctions, proches d'un ordinateur portable. Le 2^{ème} scénario numérique étudie la situation où la tablette est utilisée pour lire, parmi de multiples autres usages. Il est également intéressant de comprendre quel serait l'impact environnemental dans le cas où la tablette est utilisée de la même façon que la liseuse : uniquement pour lire (3^{ème} scénario numérique). Ce scénario permet de comparer l'utilisation d'une liseuse ou d'une tablette, à usage équivalent.

L'unité fonctionnelle utilisée comme référence dans cette section pour évaluer les systèmes est la suivante : « Lire un roman de 300 pages en France en 2020 »

1.4.2. Ecouter de la musique

⁴ Les résultats de cette catégorie d'impact doivent être interprétés avec prudence, car les résultats de l'ADP après normalisation peuvent être surestimés. La Commission européenne a l'intention de développer une nouvelle méthode passant du modèle d'épuisement au modèle de dissipation afin de mieux quantifier le potentiel de conservation des ressources.

L'évaluation environnementale du service « écouter de la musique » a été réalisée selon différents scénarios afin de prendre en compte plusieurs usages :

- Service au format physique : Ecouter de la musique à partir d'un CD et d'une chaîne hi-fi ;
- Service au format numérique :
 - Ecouter de la musique en streaming sur un smartphone ;
 - Ecouter de la musique en streaming sur un smartphone, avec une enceinte connectée ;
 - Ecouter de la musique en streaming sur un smartphone, connecté à une chaîne hi-fi ;

Le scénario « physique » représente une situation historiquement très répandue mais moins commune aujourd'hui, même si les ventes de CD repartent à la hausse dans quelques pays. Le service rendu par ce premier scénario n'est pas strictement comparable au service rendu par les scénarios numériques. En effet les services numériques de streaming permettent un plus grand choix de contenus ainsi que la possibilité d'écouter de la musique en se déplaçant (via le smartphone notamment). La sélection des différents contenus est également facilitée (accès direct en ligne), contrairement au format CD qui nécessite de se déplacer en magasin, ou de se faire livrer. Ces scénarios ne sont donc pas tout à fait comparables, néanmoins il est intéressant d'analyser et de comparer les impacts environnementaux de ces différents services, afin de mieux comprendre l'impact environnemental de la digitalisation du service culturel d'écoute de musique.

Dans le premier scénario, la chaîne hi-fi est nécessaire au service, pour lire le CD et diffuser la musique. Un baladeur CD peut également être envisagé, mais ce cas semble marginal et n'a pas été ajouté à l'analyse. Dans le second scénario, le minimum d'équipements est utilisé : uniquement un smartphone pour accéder au service de streaming, la diffusion sonore s'effectuant via le haut-parleur du smartphone (ou via des écouteurs, dont l'impact est considéré négligeable ici, donc exclu de l'analyse). Dans le troisième scénario, une enceinte connectée est ajoutée pour la diffusion sonore. Il s'agit d'une pratique de plus en plus répandue depuis que l'accès au streaming de musique sur smartphone s'est développé. Cet équipement est plus petit et léger qu'une chaîne hi-fi, historiquement utilisée pour l'écoute sur format CD. Dans le dernier scénario, pour se placer dans un scénario équivalent (en termes de qualité d'écoute) au scénario physique, une chaîne hi-fi est utilisée à la place de l'enceinte connectée.

L'unité fonctionnelle utilisée comme référence dans cette section pour évaluer les systèmes est la suivante : « *Ecouter 1h de musique en France en 2020* »

1.4.3. Regarder un film

L'évaluation environnementale du service « regarder un film » a été réalisée selon différents scénarios afin de prendre en compte plusieurs usages :

- Un scénario dit « physique », qui consiste à regarder un film au format DVD sur une TV et un lecteur DVD.
- Trois scénarios « numériques » :
 - Regarder un film en streaming direct sur une TV connectée à internet à l'aide d'une box TV
 - Regarder un film en streaming direct sur un ordinateur portable
 - Regarder un film en streaming direct sur un smartphone

Le scénario « physique » représente une situation historiquement très répandue mais de moins en moins commune aujourd'hui. Le service rendu par ce premier scénario n'est pas strictement comparable au service rendu par les scénarios numériques. En effet, les services numériques de streaming vidéo permettent un plus grand choix de contenus. La sélection des différents contenus est également facilitée (accès direct en ligne), contrairement au format DVD qui nécessite de se déplacer en magasin, ou de se faire livrer. Ces scénarios ne sont donc pas tout à fait comparables, néanmoins il est intéressant d'analyser et de comparer les impacts environnementaux de ces différents services, afin de mieux comprendre l'impact environnemental de la digitalisation du service culturel de visionnage de film.

L'unité fonctionnelle utilisée comme référence dans cette section pour évaluer les systèmes est la suivante : « *Regarder un film pendant 1h en France en 2020* »

1.4.4. Jouer à un jeu vidéo

L'évaluation environnementale du service « jouer aux jeux vidéo » a été réalisée selon différents scénarios afin de prendre en compte plusieurs usages :

- Deux scénarios dits « physique », consistant à jouer à un jeu vidéo au format disque avec une console, sur une TV :
 - Jouer à un jeu vidéo au format disque, sur une console et une TV, hors ligne
 - Jouer à un jeu vidéo au format disque, sur une console et une TV, en ligne
- Cinq scénarios « numériques » :
 - Jouer à un jeu vidéo téléchargé sur une console et une TV, en ligne
 - Jouer à un jeu vidéo téléchargé sur un ordinateur portable, en ligne
 - Jouer à un jeu vidéo téléchargé sur un ordinateur fixe, en ligne, avec un écran
 - Jouer en cloud gaming sur une TV avec une box TV en ligne
 - Jouer un cloud gaming sur une TV avec une console en ligne

Le format disque (souvent Blu-ray), format historique du jeu vidéo, est encore utilisé par une partie importante des joueurs actuellement. Depuis plusieurs années, il est possible de jouer « en ligne » avec un jeu au format disque, en utilisant la connexion internet de la console. Ce scénario pourrait s'apparenter à un service numérique (qui utilise internet), mais le jeu en ligne ne vient pas remplacer le support physique pour autant (le disque est toujours nécessaire). Concernant les scénarios dits numériques, ceux-ci sont de deux types : le jeu téléchargé et le cloud gaming. Le jeu téléchargé est très proche du format de jeu sur disque : au lieu d'acheter un disque, le joueur télécharge le jeu complet sur sa console. Il est ensuite libre d'y jouer autant qu'il le souhaite. Le seul inconvénient comparé au disque reste que le jeu ne peut plus être prêté à d'autres joueurs. Le cloud gaming est un type de service de jeu vidéo récent et encore peu répandu. Il consiste à déporter la puissance de calcul dans les datacenters, plutôt que chez l'utilisateur, permettant à l'utilisateur de se passer de console. Le joueur peut accéder via internet à une large sélection de jeux vidéo, sans avoir besoin de les télécharger préalablement : le jeu est directement « streamé » sur le terminal utilisateur. Le premier scénario cloud gaming consiste à se passer de console, et à jouer sur une TV connectée à internet via une box TV. Le second scénario cloud gaming étudie la possibilité que le joueur utilise néanmoins une console (connectée à internet) pour accéder au service.

L'unité fonctionnelle utilisée comme référence dans cette section pour évaluer les systèmes est la suivante : « *Jouer à un jeu vidéo pendant 1h en France en 2020* »

2. Résultats

2.1. Lire un livre

Les paramètres considérés par défaut sont de 2 utilisations du livre papier sur sa durée de vie, et 22 lectures sur la durée de vie de la liseuse (4,5 lectures par an). **En considérant ces paramètres, les impacts du scénario sur livre papier sont plus faibles que l'ensemble des autres scénarios et sur tous les indicateurs environnementaux.**

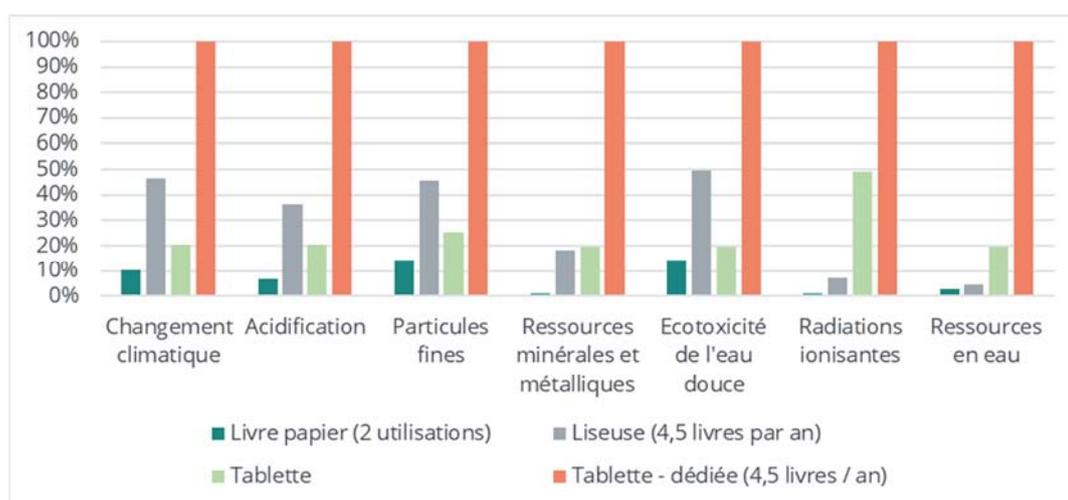


Figure 4– Comparaison des résultats environnementaux des différents scénarios pour l'UF « lire un roman de 300 pages en France en 2020 »⁵

Pour la lecture d'un livre papier, l'étape de production est la plus contributrice du cycle de vie pour tous les indicateurs (75,8% pour l'indicateur changement climatique). Elle comprend les sous-étapes de production du papier, impression et assemblage du livre. La production de papier est la sous-étape la plus contributrice (plus de 80%) sur l'ensemble des indicateurs étudiés dans cette étude. Le format d'un livre de poche est de 0,11 x 0,18 m² et donc nécessite moins de papier qu'un livre au format roman considéré dans cette étude (0,15 x 0,21 m²). De fait, la production d'un livre de poche au lieu d'un livre au format roman permettrait de réduire les impacts de production de papier du livre. Ce scénario n'a toutefois pas été étudié dans cette étude.

Pour les trois scénarios services numérique c'est l'équipement (la liseuse ou la tablette) qui est de loin l'élément qui contribue le plus aux impacts environnementaux de ces scénarios. Les impacts de la transmission des données (téléchargement du livre) sont négligeables, le fichier numérique étant relativement très léger (3 Mo).

L'analyse a montré que les résultats d'impacts de ces scénarios étaient très dépendants des hypothèses de base de l'étude. En effet, les impacts lors de la phase d'utilisation (lecture du livre papier, ou utilisation de la liseuse) sont nuls ou très faibles. La quasi-totalité des impacts dépend donc de l'amortissement des phases de production, transport et fin de vie des livres papier, de la liseuse ou de la tablette, c'est-à-dire du nombre d'utilisation considéré pour les ramener à l'UF. En effet, un livre papier a une durée de vie importante et peut être utilisé à de nombreuses reprises, d'autant plus s'il est prêté, acheté, vendu d'occasion ou loué. Considérer un livre neuf par lecture est une hypothèse majorante, qui peut être discutée. Concernant la liseuse, le nombre de lecture sur sa durée de vie varie beaucoup d'un utilisateur à un autre.

⁵ Les résultats d'impact sur les différents indicateurs sont exprimés dans des unités différentes : afin d'afficher cette comparaison entre les scénarios, pour chaque indicateur, l'impact le plus haut est défini à 100% et les autres impacts sont définis relativement à cet impact maximum.

Une analyse des points de bascule sur l'impact **changement climatique** selon l'usage (nombre de lectures par an) a également été effectuée pour prendre en compte la variabilité des résultats. Cette analyse (figure 5) a montré que :

- 0 Pour un usage de plus de 10 lectures par an, utiliser une liseuse numérique a des impacts sur le changement climatique plus faibles que de lire sur format papier (dans l'hypothèse où les livres papier sont neufs et jamais réutilisés).
- 0 Dans l'hypothèse d'une réutilisation des livres papier (2 utilisations au total), le point de bascule entre le format papier et la liseuse se situe cette fois-ci à 20 lectures par an.
- 0 Pour un usage de plus de 10 lectures par an, il est plus intéressant d'utiliser une liseuse numérique qu'une tablette en termes d'impact sur le changement climatique. En dessous de cet usage de 10 livres par an, l'impact de la tablette est mieux amorti que la liseuse (aspect multifonctionnel de la tablette).

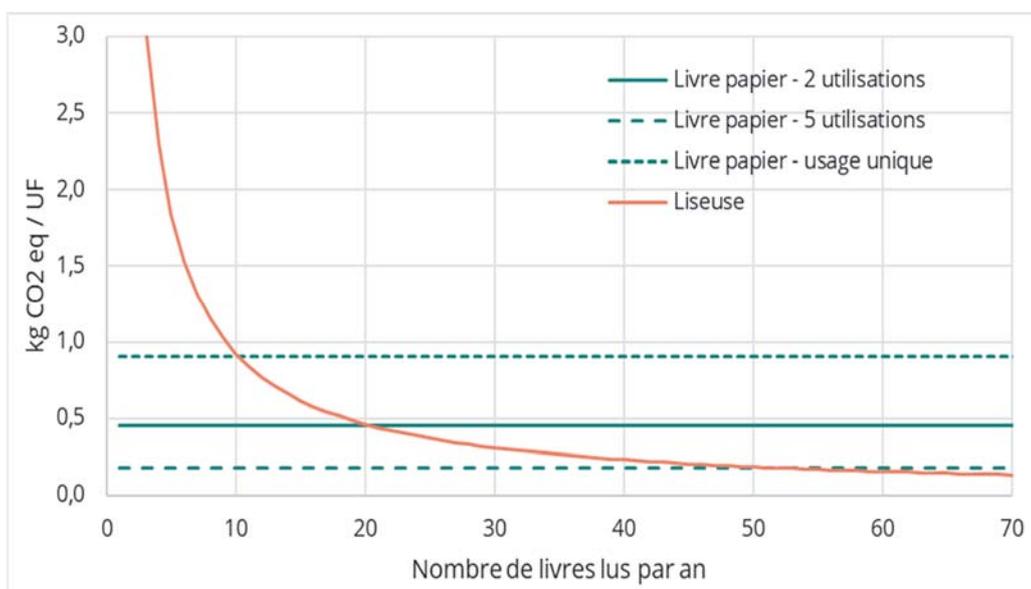


Figure 5 – Comparaison des impacts sur le changement climatique par UF entre les scénarios livre papier (usage unique, 2 ou 5 utilisations) et liseuse selon le nombre de livres lus par an

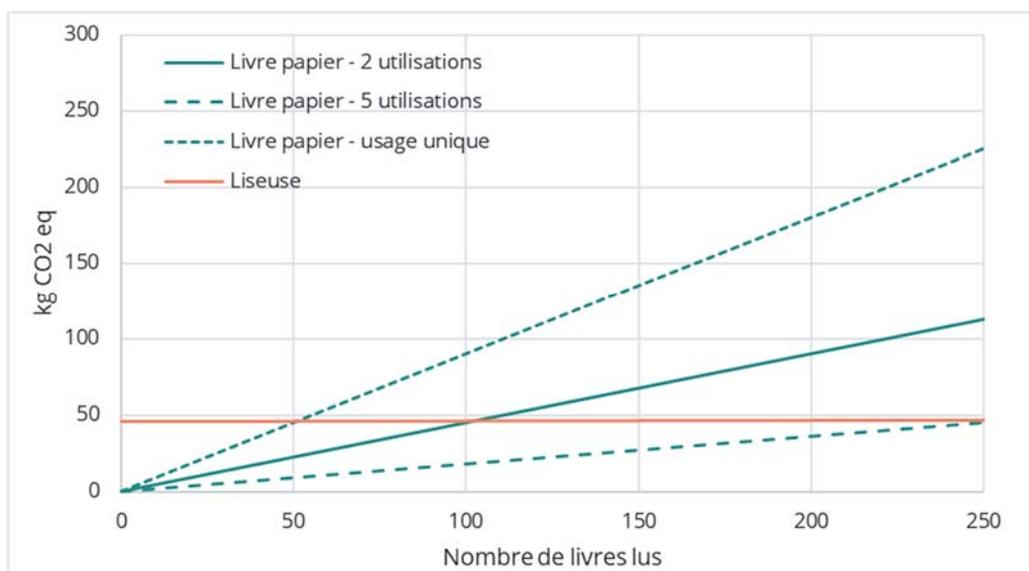


Figure 6 Analyse des points de bascule sur l'impact cumulatif sur le changement climatique des scénarios livre papier (usage unique, 2 ou 5 utilisations), et liseuse, selon le nombre de livres lus

Une autre analyse des points de bascule sur l'épuisement des **ressources minérales et métalliques** selon l'usage (nombre de lectures par an) a été réalisée. Cette analyse a montré que illustrée en figure 6 :

- o Il faut un usage d'au moins 41 lectures par an pour que le scénario de la liseuse numérique ait des impacts sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques plus faibles que le scénario sur format papier (dans l'hypothèse où les livres papier sont neufs et jamais réutilisés).
- o Pour un usage de plus de 5 lectures par an, il est plus intéressant d'utiliser une liseuse numérique qu'une tablette en termes d'impact sur d'épuisement des ressources minérales et métalliques.

En synthèse, ces analyses montrent que la lecture sur liseuse peut être moins impactante que sur papier à partir d'un grand nombre de livres lus, d'autant plus en comparaison de livres papiers utilisés qu'à une seule occasion.

2.2. Ecouter de la musique

Les résultats environnementaux globaux pour une heure d'écoute de musique en France selon les quatre scénarios sont présentés par la figure suivante :

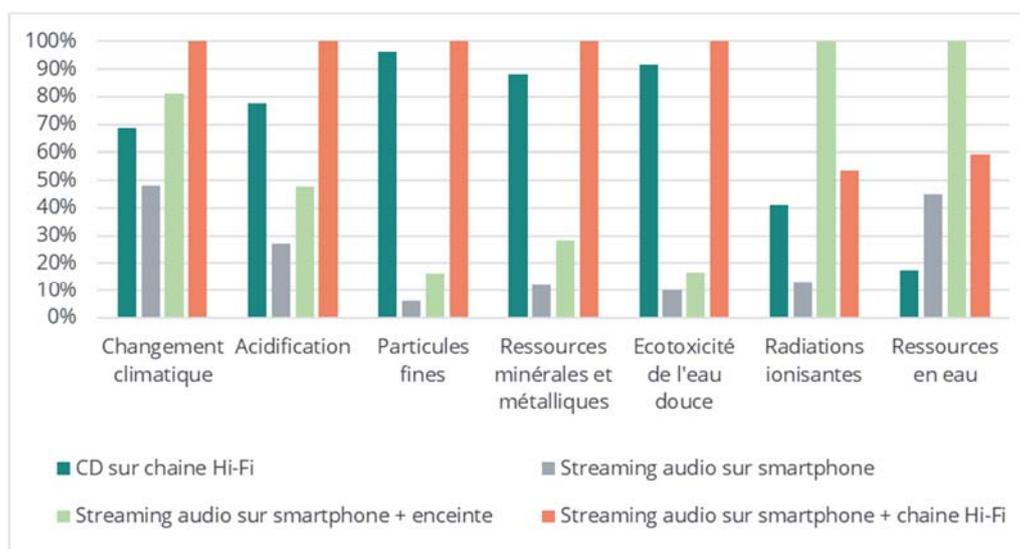


Figure 7 – Comparaison des résultats environnementaux des différents scénarios pour l'UF « écouter 1h de musique en France en 2020 »⁶

L'analyse a montré tout d'abord que, dans le scénario sur format CD, le CD (production, transport, fin de vie) peut potentiellement représenter un impact significatif, notamment sur les indicateurs changement climatique et consommation d'eau, selon l'amortissement du CD considéré. En effet, un CD a une durée de vie théorique très grande et pourrait être réutilisé au moins pendant des dizaines d'année. Mais en pratique, un CD acheté par un particulier aura sûrement un nombre limité d'utilisation. Ce qui compte, c'est le nombre de CD neuf acheté, qui est indirectement lié au temps d'utilisation de chaque CD possédé. Néanmoins un CD peut facilement être prêté, acheté ou vendu d'occasion, ou loué, faisant considérablement augmenter son amortissement. Dans cette étude, par manque de donnée sur ce paramètre, il a été estimé une utilisation par défaut de 50h du CD sur sa durée de vie. En analyse de sensibilité nous avons considéré un nombre d'utilisations 2 fois plus élevé ou deux fois plus faible (25h ou 100h). L'impact sur le changement climatique du scénario d'écoute sur CD et chaine hi-fi varie entre 50 et 71 gCO₂eq par heure selon l'amortissement du CD.

⁶ Les résultats d'impact sur les différents indicateurs sont exprimés dans des unités différentes : afin d'afficher cette comparaison entre les scénarios, pour chaque indicateur, l'impact le plus haut est défini à 100% et les autres impacts sont définis relativement à cet impact maximum.

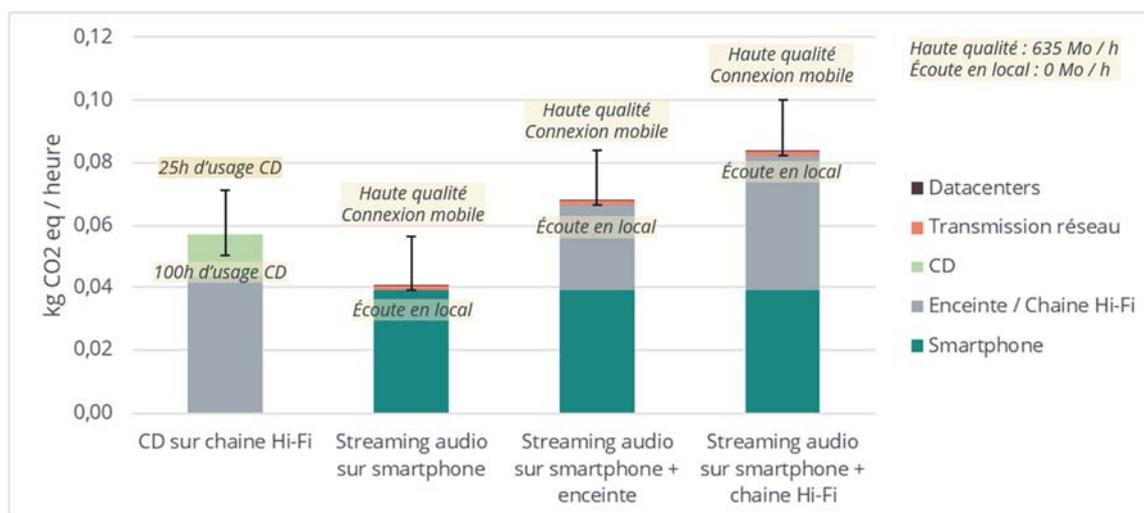


Figure 8 – Comparaison des impacts sur le changement climatique des scénarios étudiés pour l'UF « écouter 1h de musique en France en 2020 »⁷

L'analyse a également montré que les équipements avaient des impacts non négligeables sur tous les indicateurs. La chaîne hi-fi représente un impact important, dont l'utilisateur peut se passer dans les scénarios numériques (plus besoin de lecteur CD). En revanche, un terminal de consultation (ici le smartphone) est forcément nécessaire pour le streaming, ce qui ajoute des impacts importants. Cet équipement peut toujours être couplé à une petite enceinte connectée, ou à une chaîne hi-fi. Si certains équipements récents peuvent être plus légers et moins gourmands en énergie (exemple : enceinte connectée qui représente des impacts plus faibles que la chaîne hi-fi), la multiplication des équipements (smartphone couplé à un casque, une enceinte, une chaîne hi-fi, ...) entraîne nécessairement une augmentation des impacts.

Enfin, la transmission des données pour le streaming via le réseau fixe ou mobile peut également représenter, selon la qualité audio sélectionnée, un impact important (via l'impact des réseaux et datacenters). L'impact sur le changement climatique du scénario smartphone connecté à une enceinte varie entre 68 et 83 gCO₂eq par heure, selon le type de connexion et la qualité audio.

En synthèse, ces analyses montrent que l'écoute de musique en streaming peut être supérieure à l'écoute d'un CD dès lors que des équipements type enceinte ou matériel Hi Fi sont mis en œuvre.

2.3. Regarder un film

Les résultats environnementaux globaux pour une heure de visionnage d'un film en France selon les quatre scénarios sont présentés par la figure suivante :

⁷ Ce graphique permet d'afficher l'impact absolu sur le changement climatique des différents scénarios à l'étude, ainsi que la variabilité de ces résultats en affichant les résultats des analyses de sensibilité minimum et maximum. Ces barres ne doivent pas être interprétées comme des incertitudes (qui ne sont pas quantifiées ici) mais comme une fourchette de résultat. Le graphique affiche également la contribution des éléments aux impacts de chaque scénario, dans le cas des paramètres par défaut.

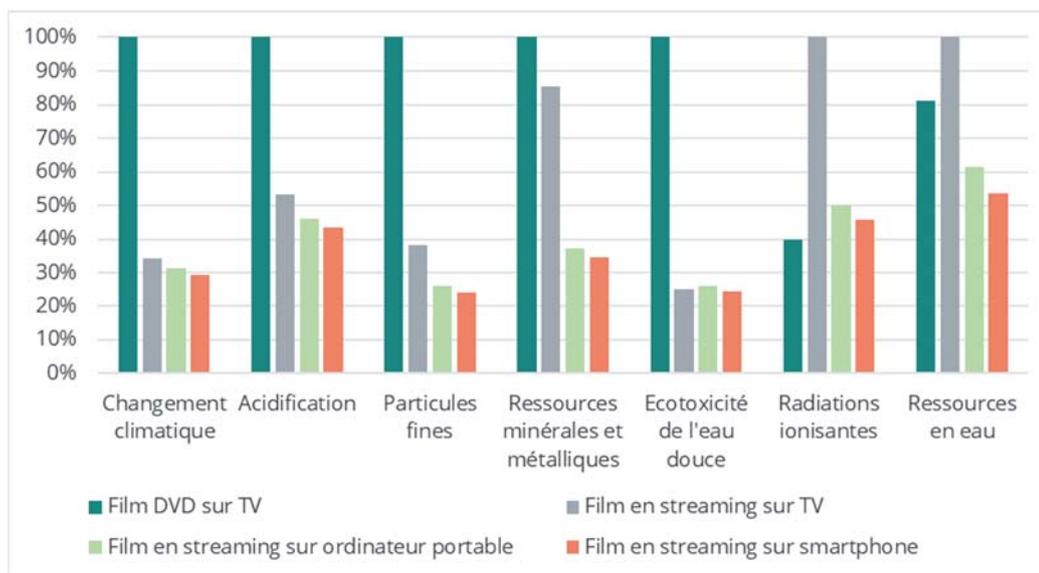


Figure 9 – Comparaison des résultats environnementaux des différents scénarios pour l'UF « Regarder 1h de film en France en 2020 »⁸

L'analyse a montré tout d'abord que, dans le scénario sur format DVD, le DVD (production, transport, fin de vie) représente un impact prépondérant sur tous les indicateurs. Selon l'amortissement du DVD (de 2h à 8h d'utilisation considérées), l'impact du premier scénario varie entre 137 et 397 gCO₂eq par heure. Le DVD n'est plus nécessaire dans les scénarios numériques, ce qui évite donc cet impact important.

En revanche, pour ces 3 scénarios digitalisés comme illustré figure 10, la consommation de données engendre un impact sur le changement climatique non négligeable via les réseaux et datacenters. Cet impact est très variable en fonction de la résolution vidéo sélectionnée. Selon ce paramètre, l'impact du streaming sur TV se situe donc entre 59 et 116 g CO₂,eq par heure, celui du streaming sur ordinateur portable entre 53 et 110 gCO₂eq par heure.

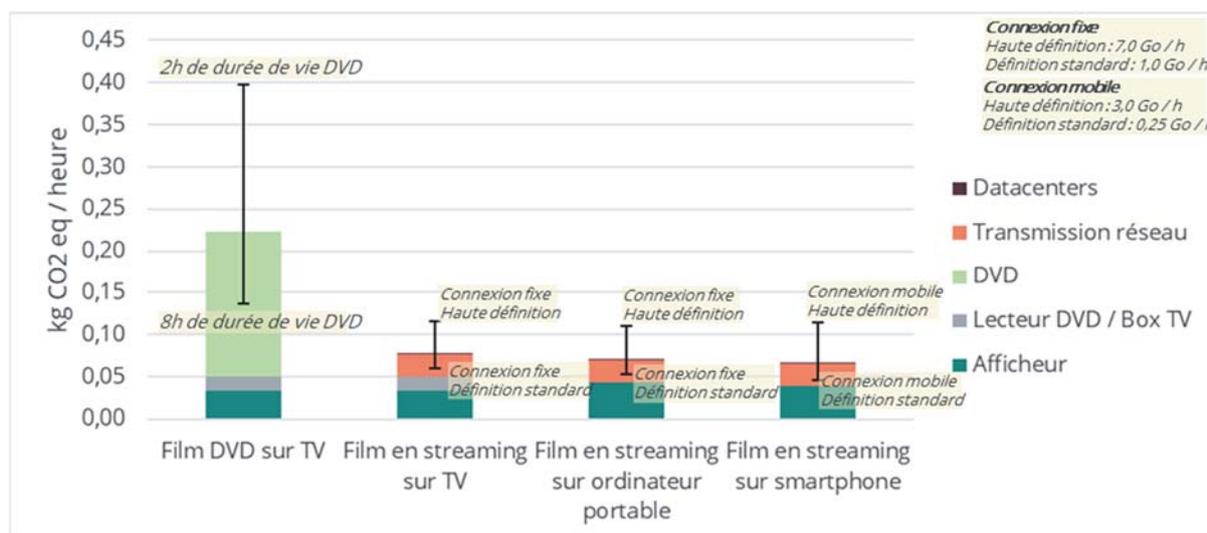


Figure 10 – Comparaison des impacts sur le changement climatique des scénarios étudiés pour l'UF « regarder 1h de film en France en 2020 »⁹

⁸ Les résultats d'impact sur les différents indicateurs sont exprimés dans des unités différentes : afin d'afficher cette comparaison entre les scénarios, pour chaque indicateur, l'impact le plus haut est défini à 100% et les autres impacts sont définis relativement à cet impact maximum

En ce qui concerne le scénario du streaming sur smartphone, celui-ci possède un paramètre supplémentaire : le type de connexion. L'impact de transmission d'1 Go est plus important en connexion mobile qu'en connexion fixe. Cependant, il est considéré par défaut une plus faible consommation de données en connexion mobile qu'en connexion fixe (réglage auto 0,25 Go/h en connexion mobile contre 2.88 Go/h en connexion fixe, pour une résolution moyenne). Cela se traduit finalement par un impact plus faible (45 gCO₂eq pour la résolution par défaut en connexion mobile contre 66 gCO₂eq en connexion fixe pour la résolution moyenne). L'impact le plus important sur le changement climatique sur ce scénario correspond à une utilisation de ce service en connexion mobile et en haute résolution (HD), représentant un impact de 114 gCO₂eq par heure.

Plus globalement, on remarque que l'impact des équipements nécessaires (en dehors du DVD) entre le scénario physique et les scénarios numériques ne change pas beaucoup, mis à part pour le smartphone qui représente moins d'impact, ramené par heure d'utilisation. Il convient de noter également que la même modélisation de la TV est utilisée pour le scénario physique et numérique. Dans la réalité, il est probable que les TV utilisées pour les services numériques soient plus grandes et donc plus impactantes que les TV utilisées pour le visionnage de DVD.

La même analyse a été portée sur l'indicateur ressources minérales et métalliques. Le graphique figure 11 suivant présente une comparaison des impacts des différents scénarios sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques, en prenant en compte la variabilité des résultats.

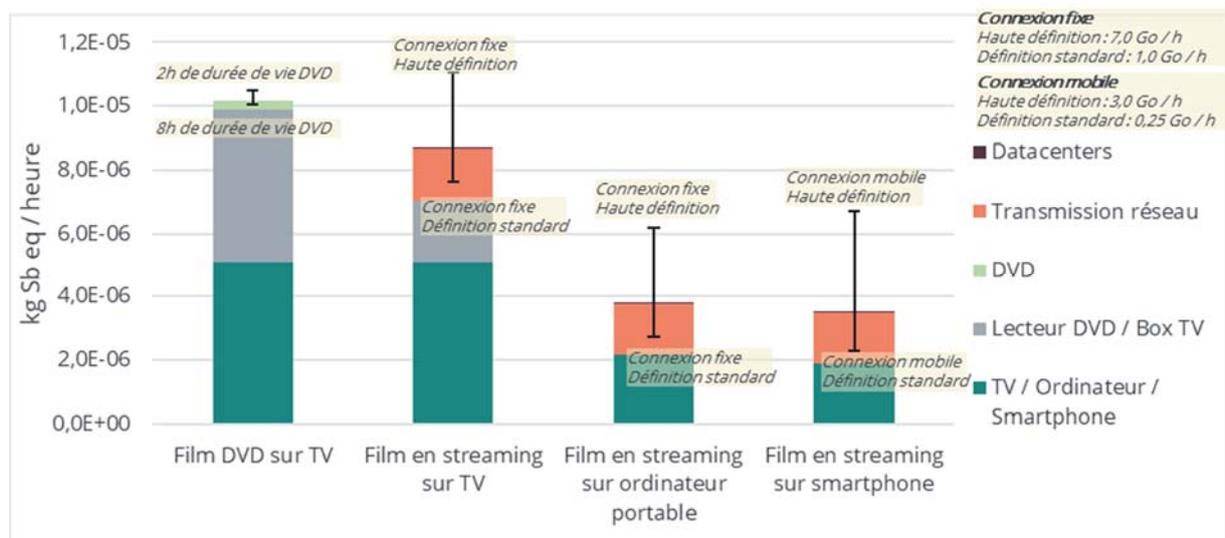


Figure 11 – Comparaison des impacts sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques des scénarios étudiés pour l'UF « regarder 1h de film en France en 2020 »

Cette fois, le service « regarder un film » au format physique voit plus de 97% de ses impacts provenir des équipements (TV et lecteur DVD). De fait, la variation de la durée d'utilisation du DVD (2h à 8h) fait légèrement varier les impacts de ce scénario sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques (entre -2% et +3%), mais beaucoup moins que pour l'indicateur changement climatique (entre -39% et +78%). De plus, la suppression du DVD au profit de l'utilisation des réseaux et datacenters ne réduit pas les impacts du scénario de regarder un film sur une TV pour cet indicateur.

Pour les services numériques, les réseaux ont un impact non négligeable dans chaque scénario. Ainsi, les paramètres tels que la résolution ainsi que le type de connexion ont une forte influence sur les résultats de chaque scénario.

Selon la résolution, l'impact d'épuisement des ressources minérales et métalliques varie entre $7,62 \times 10^{-6}$ kg Sb eq par heure et $1,11 \times 10^{-5}$ kg Sb eq par heure pour le scénario du film en streaming sur TV. Pour le scénario du film en streaming sur ordinateur portable, cet impact se situe entre $2,73 \times 10^{-6}$ kg Sb eq par heure et $6,18 \times 10^{-6}$ kg Sb eq par heure.

Pour le scénario du streaming sur smartphone, comme sur l'indicateur changement climatique, l'impact sur les ressources minérales et métalliques de la transmission d'1 Go est plus important en connexion

mobile qu'en connexion fixe. Cependant, étant donné une consommation de données en connexion mobile par défaut (auto) relativement faible (0,25 Go/h) par rapport à celle en connexion fixe et résolution moyenne (2,88 Go/h), le cas d'une connexion mobile avec résolution par défaut représente l'impact sur les ressources le plus faible sur ce scénario ($2,28 \times 10^{-6}$ kg Sb eq). En revanche, l'impact le plus important sur les ressources minérales et métalliques sur ce scénario correspond à une utilisation de ce service en connexion mobile et en haute résolution (HD), représentant un impact de $6,71 \times 10^{-6}$ kg Sb eq par heure.

En synthèse, ces analyses montrent que le visionnage de vidéos en streaming sur des écrans de petite taille sont les moins impactants. Le visionnage sur téléviseur d'un film en DVD versus un streaming « haute définition » représente plus d'impacts sur le changement climatique, mais sensiblement moins d'impacts sur les ressources.

2.4. Jouer à un jeu vidéo

Les résultats environnementaux globaux pour une heure de jeu vidéo en France selon les six scénarios sont présentés par la figure suivante :

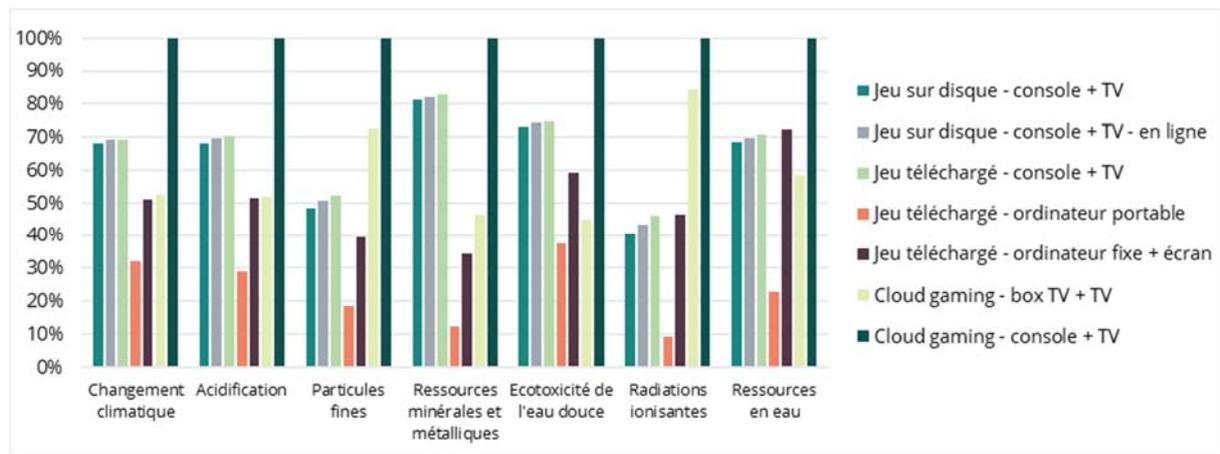


Figure 12 – Comparaison des résultats environnementaux des différents scénarios pour l'UF « jouer 1h à un jeu vidéo en France »¹⁰

L'analyse a montré que les trois premiers scénarios avaient des impacts environnementaux très proches sur tous les indicateurs (moins de 5% de différence). En effet, ces trois scénarios utilisent les mêmes terminaux de consultation, et diffèrent uniquement par l'utilisation d'un disque ou d'un jeu téléchargé, et de l'option de jeu en ligne ou non. La contribution des impacts du disque et du téléchargement du jeu est très faible sur ces scénarios, car ces impacts sont amortis sur une durée de jeu total de 182 h considérés par défaut. L'impact additionnel de la transmission des données pour pouvoir jouer en ligne reste également relativement faible, d'où la faible variation entre ces 3 scénarios.

Le scénario de jeu téléchargé sur ordinateur portable est le scénario avec les impacts les plus faibles sur tous les indicateurs étudiés. Ceci s'explique par le fait que seul un équipement est nécessaire (ordinateur portable), comparé aux autres scénarios couplant nécessairement 2 équipements (console + TV, ou box TV + TV, ou encore ordinateur fixe + écran). De plus, l'ordinateur portable a des impacts bien plus faibles en absolu qu'une console ou une TV.

Le scénario du cloud gaming sur une TV avec une box TV a des impacts plus faibles que les scénarios de jeu sur disque / téléchargé sur console + TV, sur les indicateurs de changement climatique, acidification,

¹⁰ Les résultats d'impact sur les différents indicateurs sont exprimés dans des unités différentes : afin d'afficher cette comparaison entre les scénarios, pour chaque indicateur, l'impact le plus haut est défini à 100% et les autres impacts sont définis relativement à cet impact maximum

épuisement des ressources minérales et métalliques, écotoxicité de l'eau douce et épuisement des ressources en eau.

Enfin, le scénario de cloud gaming sur console + TV est de loin le scénario le plus impactant sur l'ensemble des indicateurs étudiés, à cause d'une forte consommation de données du cloud gaming et de l'utilisation de plusieurs équipements avec de forts impacts sur les indicateurs étudiés.

Sur le changement climatique, ce scénario est plus impactant de +44% à +211% par rapport aux autres scénarios étudiés. Sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques il est plus impactant de 22% à 704% par rapport aux autres scénarios étudiés.

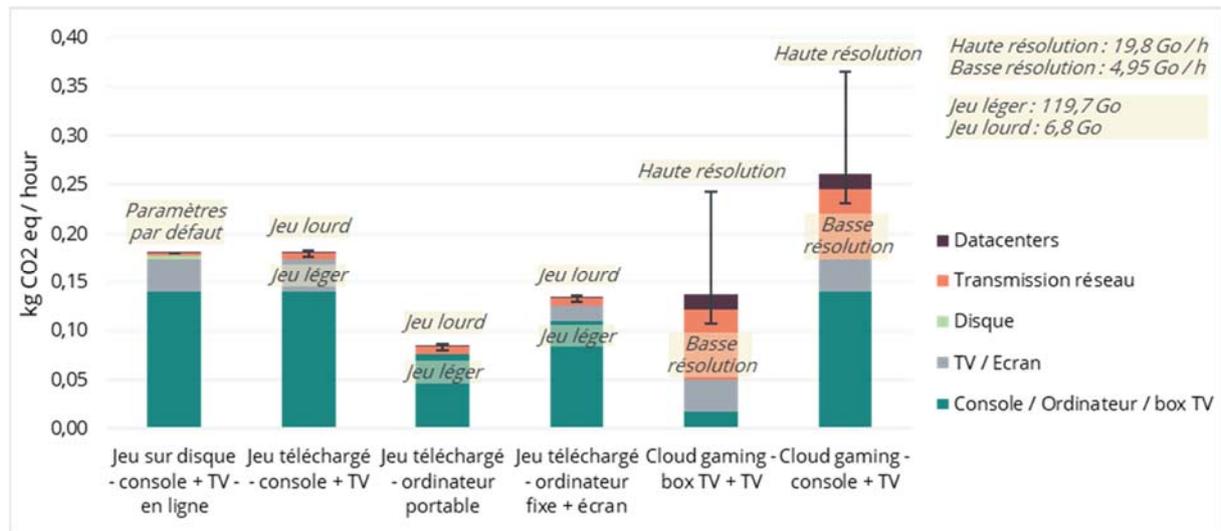


Figure 13 – Comparaison des impacts sur le changement climatique des scénarios étudiés pour l'UF « jouer 1h à un jeu vidéo en France »

Concernant la répartition des impacts selon les tiers des services culturels, l'analyse a montré tout d'abord que les impacts des équipements utilisateurs étaient significatifs (TV, console, ordinateur portable, écran d'ordinateur inclus dans cette étude). La console contribue majoritairement aux impacts sur les scénarios l'utilisant. Dans les scénarios utilisant un ordinateur portable, les impacts sont plus faibles : au lieu d'une TV et d'une console, seul un ordinateur est nécessaire, avec des impacts par heure de jeu proche de la TV. Cependant, l'ordinateur portable pris en compte dans cette étude, par manque de données, n'est potentiellement pas représentatif d'un ordinateur adapté aux jeux vidéo gourmand en puissance de calcul. Sur le cloud gaming, la console n'est plus nécessaire : au lieu d'une TV et d'une console, l'utilisateur peut se contenter uniquement d'une TV et d'une box TV. Un scénario prend également en compte la situation où une console reste utilisée pour l'accès au service de cloud gaming, bien que sa puissance de calcul ne soit pas requise. Ainsi, quand l'utilisateur se passe de la console, l'impact des équipements sur les scénarios de cloud gaming est bien réduit.

L'analyse a également montré que l'impact du disque sur les scénarios dits physiques restait faible si celui-ci était amorti sur un long temps de jeu (par défaut 182h). Il peut être prépondérant dans l'impact par heure de jeu si le temps de jeu total descend à 6h. On observe la même chose concernant l'impact du téléchargement du jeu sur les scénarios sur jeu téléchargé. Cet impact reste néanmoins plus important que l'impact d'un disque, à temps de jeu total équivalent, et avec une hypothèse de 77 Go de jeu.

Concernant la contribution de la transmission des données et datacenters pour le jeu en ligne (sur les scénarios sur disque ou sur jeu téléchargé), celui-ci reste limité par rapport à l'impact du disque ou du téléchargement du jeu.

La transmission des données et les datacenters pour les scénarios cloud gaming, en revanche, représente des impacts très importants sur tous les indicateurs étudiés. En effet, la consommation de données est bien plus grande que pour le jeu en ligne. Les impacts du réseau fixe proviennent notamment de la box d'accès internet nécessaire.

Les résultats des scénarios sur disque ou sur jeu téléchargé sont très dépendants du temps de jeu total considéré, tandis que le cloud gaming possède le même impact quel que soit le temps de jeu, comme le jeu est « streamé » en permanence.

Une analyse des points de bascule sur l'impact changement climatique selon le temps de jeu total considéré a été réalisée afin de comparer les impacts environnementaux des scénarios de jeu entre un jeu téléchargé et jeu en cloud gaming selon le temps passé à jouer. Le résultat de cette analyse sur l'indicateur changement climatique est représenté par le graphique suivant :

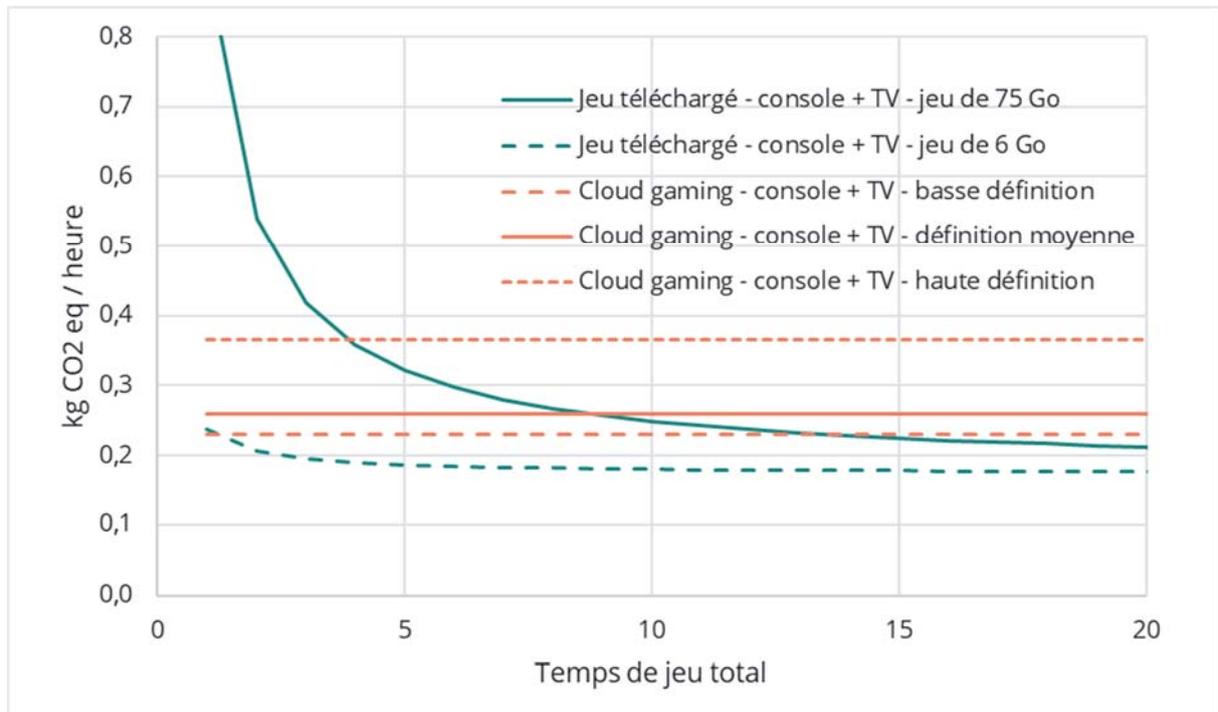


Figure 14 – Comparaison des impacts sur le changement climatique par UF entre le jeu téléchargé (de taille standard 75Go, ou de faible taille 6Go) et le jeu en cloud gaming (selon trois définitions de jeu différentes), selon le temps de jeu total

On observe pour le cloud gaming que plus la définition du jeu est basse et plus l'impact sur le changement climatique est faible (car la consommation de données diminue). L'impact du cloud gaming par heure de jeu ne dépend pas du temps de jeu total, puisque le jeu est « streamé » en permanence.

L'impact du scénario « jouer à un jeu vidéo téléchargé sur TV et console » avec un jeu de 75 Go devient plus important que l'impact du cloud gaming avec les paramètres standards (260 gCO₂eq par heure de jeu) en dessous de 9h de jeu. Il devient plus important que l'impact du cloud gaming en basse définition (231 gCO₂eq par heure de jeu) en dessous de 13h de jeu et plus important que l'impact du cloud gaming en haute définition (366 gCO₂eq par heure de jeu) en dessous de 4h de jeu. Le cloud gaming peut donc s'avérer potentiellement moins impactant par heure de jeu qu'un jeu de 75 Go téléchargé, si le jeu n'est joué que quelques heures.

C'est aussi un avantage qu'offre le service de cloud gaming : pouvoir tester rapidement des jeux, sans avoir besoin de les télécharger préalablement, pour n'y jouer potentiellement que quelques heures. Si des jeux vidéo classiques sont proposés en cloud gaming, des jeux vidéo spécifiques au cloud gaming sont développés. Il s'agit souvent de jeux vidéo plus légers, avec des temps de jeu potentiellement courts.

Il est donc intéressant de comparer le cloud gaming avec un scénario de jeu téléchargé plus léger. En effet, les jeux de l'ordre de 75 Go sont des jeux très complets, pouvant être joués très longtemps. D'autres jeux moins volumiques sont présents sur le marché, allant par exemple jusqu'à 6 Go. Sur ce même graphique, l'impact du scénario « jouer à un jeu vidéo téléchargé sur TV et console » est affiché, en considérant un jeu de 6 Go.

Une analyse similaire sur l'indicateur ressources a également été réalisée et nous montre des résultats similaires. Ainsi, selon le temps de jeu total considéré, le cloud gaming peut s'avérer potentiellement moins impactant par heure de jeu qu'un jeu téléchargé, si le jeu n'est joué que quelques heures (en

dessous de 6h pour l'indicateur ressources et 9h pour l'impact sur le changement climatique) et qu'il a un volume conséquent (77 Go considéré par défaut). Néanmoins, pour un jeu plus léger (6 Go), le point de bascule se situe cette fois-ci à 1,5h de temps de jeu total.

En synthèse, ces analyses montrent que jouer sur un écran et une console avec un jeu sur support physique ou téléchargé en amont ont des impacts environnementaux assez similaires. Par contre, jouer en basse résolution à des jeux en cloud gaming sans rajouter de console permet un gain environnemental... annulé dès lors que les résolutions augmentent.

3. Limites

Les évaluations environnementales réalisées dans le cadre de cette étude comportent plusieurs limites qu'il convient de rappeler. Les résultats présentés dans cette étude doivent être interprétés en connaissance de ces limites.

3.1. Lire un livre

Les limites suivantes sont à prendre en compte lors de l'analyse des résultats de l'évaluation environnementale du service culturel « lire un livre » :

- 0 En ce qui concerne la modélisation du livre physique, seul le format roman classique a été étudié. Il pourrait être intéressant de réaliser l'étude avec d'autres formats, notamment le format poche qui permettrait de diminuer les quantités de papier nécessaires pour l'impression. De plus, seule de l'encre noire a été considérée pour l'impression alors qu'il pourrait être tout à fait concevable que de l'encre colorée soit utilisée pour l'impression de la couverture.
- 0 Pour le transport de l'usine de production vers le point de vente du livre papier et de la liseuse, le mode de transport considéré est la semi-remorque. Cette hypothèse pourrait être discutée car elle n'est pas représentative de tous les cas, les points de vente en ville n'étant pas approvisionnés par ce type de camion.
- 0 La modélisation de la liseuse numérique reste imparfaite, notamment en ce qui concerne l'écran, dont la technologie est très peu étudiée dans les bases de données ACV. Le proxy utilisé (écran LCD) surestime les impacts de cet écran, mais celui-ci ne représente pas l'entièreté des impacts de la liseuse.
- 0 Comme discuté tout le long de ce rapport, les intensités d'usage retenues par équipement sont déterminantes sur les résultats présentés. Il faut donc être conscient de la variabilité des résultats de cette étude en fonction des hypothèses de base.

3.2. Ecouter de la musique

Les limites suivantes sont à prendre en compte lors de l'analyse des résultats de l'évaluation environnementale du service culturel « écouter de la musique » :

- 0 Comme discuté tout le long de ce rapport, les intensités d'usage retenues par équipement sont déterminantes sur les résultats présentés. En particulier sur le service « écouter de la musique » où la majorité des impacts provient de la fabrication des équipements (chaîne hi-fi, CD, smartphone), tandis que l'utilisation des équipements et la consommation d'énergie des réseaux et datacenters pour le streaming ont une contribution limitée. L'amortissement de la fabrication des équipements dépend avant tout des hypothèses d'intensité d'usage. Il faut donc être conscient de la variabilité des résultats de cette étude en fonction des hypothèses de base.
- 0 L'intensité d'usage retenue pour le smartphone (1,62h/j) possède une grande incertitude. En effet de nombreuses sources existent sur l'intensité d'usage d'un smartphone et les données varient énormément. La plupart du temps les différences s'expliquent principalement par la tranche d'âge considérée pour évaluer l'intensité d'usage (x2 voire x3 pour les plus jeunes). Nous avons décidé de retenir la donnée Médiamétrie car c'est la seule qui détaille explicitement les tranches d'âge considérées. Il faut avoir en tête que cette donnée ne prend qu'en compte le temps passé sur internet et non d'autres usages type appareil photo. Mais c'est aussi le cas pour les autres sources de données analysées.
- 0 Lors de l'utilisation du smartphone pour le streaming audio, la consommation d'énergie (plus précisément l'utilisation de la batterie) est plus faible que d'autres usages du smartphone comme le streaming vidéo. Cela n'est pas pris en compte dans l'étude, la consommation d'énergie du smartphone étant moyennisée sur l'année parmi tous les usages. Cependant la consommation d'énergie du smartphone reste très peu contributrice aux impacts.
- 0 Lors de l'utilisation du smartphone pour le streaming audio, d'autres usages peuvent avoir lieu en même temps. Cela pourrait se traduire par une intensité d'usage plus importante du smartphone, ou une allocation plus faible de la fabrication du smartphone au temps d'usage en streaming audio. Cet aspect n'est pas pris en compte dans cette étude.
- 0 Certaines applications de streaming audio possèdent une fonctionnalité appelée « smart-cache » permettant d'optimiser la quantité de données téléchargées en utilisant l'espace de stockage

interne du smartphone. Cet aspect n'est pas pris en compte dans cette étude, en revanche l'analyse de sensibilité sur l'écoute de musique en local constitue un cas extrême d'optimisation du téléchargement.

- 0 Les écouteurs et casques audio n'ont pas été inclus dans le périmètre, bien qu'ils constituent un usage très répandu parmi les utilisateurs de streaming audio. Cependant, on peut estimer qu'un scénario avec écouteurs ou casque audio verrait ses impacts se situer entre ceux du scénario « streaming audio sur smartphone » et du scénario « streaming audio sur smartphone et enceinte connectée ». Par exemple sur l'indicateur changement climatique, l'empreinte carbone d'une paire d'écouteurs sans fil est d'environ 3,5 kgCO₂eq sur son cycle de vie. En considérant une durée de vie de 2 ans et une intensité d'usage de 1 h/j, cela représente un impact additionnel de 5 gCO₂eq/h, contre 28 gCO₂eq/h pour l'enceinte connectée.
- 0 La modélisation des datacenters n'est pas exactement adaptée au streaming audio mais plutôt au simple transfert de fichier. Dans la réalité, l'utilisation des datacenters pour le streaming audio est plus complexe, ce qui pourrait se traduire par un impact plus élevé.

3.3. Regarder un film

Les limites suivantes sont à prendre en compte lors de l'analyse des résultats de l'évaluation environnementale du service culturel « regarder un film » :

- 0 Comme discuté tout le long de ce rapport, les intensités d'usage retenues par équipement sont déterminantes sur les résultats présentés. Sur le service « regarder un film », une partie significative des impacts provient de la fabrication des équipements (lecteur DVD, DVD, télévision, box TV, ordinateur, smartphone), tandis que l'utilisation des équipements a une contribution plus faible. L'amortissement de la fabrication des équipements dépend avant tout des hypothèses d'intensité d'usage. Il faut donc être conscient de la variabilité des résultats de cette étude en fonction des hypothèses de base.
- 0 En particulier, l'intensité d'usage retenue pour le smartphone (1,62h/j) possède une incertitude importante. Plusieurs sources de données ont été identifiées, et fournissent des valeurs significativement différentes (jusqu'à 3,5h/j). Souvent, les différences s'expliquent principalement par la tranche d'âge considérée (intensité d'usage plus importante chez les plus jeunes). Nous avons décidé de retenir la donnée Médiamétrie car celle-ci détaille explicitement les tranches d'âge considérées, et nous avons considéré la tranche d'âge totale (2 ans et plus) pour être représentatif de la population française dans son ensemble. Une limite importante à cette donnée est qu'elle ne prend en compte que le temps passé connecté à internet et non d'autres usages du smartphone hors connexion. Aucune donnée n'a été identifiée pour remédier à cette limite, mais nous estimons que le temps hors connexion est très faible à côté du temps en connexion.
- 0 Les impacts des réseaux fixe et mobiles sont alloués par Go de données transférés. Cependant, la consommation d'énergie des réseaux n'est pas nécessairement proportionnelle au nombre de Go transférés, et ce résultat dépend donc beaucoup de la méthode et des hypothèses d'allocation considérées (ADEME et ARCEP 2022). D'autres méthodes existent (Fletcher et al. 2021) mais n'ont pas été étudiées dans ce rapport.
- 0 Les datacenters modélisés pour le transfert de fichier ont été utilisés pour le streaming vidéo. Ce choix méthodologique peut être discuté, le streaming vidéo constituant une activité plus complexe qu'un simple transfert de fichier, pouvant donc conduire à une sous-estimation des impacts.

3.4. Jouer à un jeu vidéo

Les limites suivantes sont à prendre en compte lors de l'analyse des résultats de l'évaluation environnementale du service culturel « jouer à un jeu vidéo » :

- 0 Comme discuté tout le long de ce rapport, les intensités d'usage retenues par équipement sont déterminantes sur les résultats présentés. Sur le service « jouer à un jeu vidéo », une partie significative des impacts provient de la fabrication des équipements, notamment sur les scénarios hors cloud gaming (console, disque, télévision, ordinateur, écran), tandis que l'utilisation des équipements a une contribution plus faible. L'amortissement de la fabrication des équipements dépend avant tout des hypothèses d'intensité d'usage. Il faut donc être conscient de la variabilité des résultats de cette étude en fonction des hypothèses de base.
- 0 Les impacts des réseaux fixes et mobiles sont alloués par Go de données transférés. Cependant, la consommation d'énergie des réseaux n'est pas nécessairement proportionnelle au nombre de

Go transférés, et ce résultat dépend donc beaucoup de la méthode et des hypothèses d'allocation considérées (ADEME et ARCEP 2022). D'autres méthodes existent (Fletcher et al. 2021) mais n'ont pas été étudiées dans ce rapport.

- 0 Le focus principal de cette étude étant la console fixe, les scénarios avec ordinateurs portables ou fixes viennent plutôt en analyses complémentaires. Cet exercice n'a donc pas été réalisé sur les scénarios avec disque mais seulement sur les scénarios en download ou cloud gaming. Il a également été décidé de ne pas étudier la console portable. Toutefois il faut garder à l'esprit que ces scénarios existent et pourraient entraîner des conclusions différentes.

4. Conclusion / Perspectives

4.1 Messages-clés à retenir

L'ACV des services culturels permet malgré les limites identifiées d'apporter des enseignements importants à travers les résultats d'impact environnemental de ces derniers. Surtout, les résultats obtenus sont cohérents, en matière d'ordres de grandeur, avec les autres études sur l'impact environnemental numérique. Principalement, en France et hors cas particuliers, c'est la fabrication des équipements qui représente la part la plus importante de l'impact, pour la majorité des indicateurs environnementaux. Ensuite, l'impact de la transmission et du stockage des données est important pour les services culturels de haute résolution se basant sur le streaming.

Voici les principaux messages-clés à retenir de cette étude :

- Les services culturels « numériques » récents sont tout aussi physiques que les services culturels « physiques » historiques : ces services ont besoin d'équipements utilisateurs, d'infrastructures réseaux et de data centers pour pouvoir fonctionner. La matérialité « cachée » est donc tout aussi importante : il n'y a pas eu de « dématérialisation » des impacts mais seulement une digitalisation de certains usages qui étaient « physiques », au sens où un support physique permettait de stocker et lire le contenu (livre, CD, DVD...);
- Les services culturels « numériques » récents peuvent être moins impactants que les services culturels « physiques » historiques sous certaines conditions liées aux manières d'utiliser ces services (ex : nombre de romans achetés pour une liseuse, volume du jeu vidéo, temps de jeu, etc.). Au contraire, certains types d'usages peuvent mener à des impacts environnementaux assez importants pour certains services numériques en comparaison aux services « physiques » : type de réseau internet utilisé (fixe ou mobile), type d'équipement utilisateur permettant d'avoir accès au service (ex : smartphone, PC, tablette, ...), etc. ;
- De manière générale, les services culturels numériques peuvent amener à avoir besoin de davantage d'équipements que pour les services physiques. Cela a pu se vérifier pour l'écoute de musique en streaming ou le jeu vidéo. Ainsi, la numérisation des services culturels peut amener à un suréquipement, et donc à des usages plus gourmands en équipements utilisateurs ;
- Les résultats dépendent fortement des hypothèses de durée de vie des équipements : plus ces derniers durent dans le temps, plus l'impact de la phase de fabrication des services numériques consommés est amortie. Par ailleurs, l'utilisation d'équipements reconditionnés et/ou d'occasion permet aussi d'amortir l'impact. Pour le scénario étudié, l'impact de la phase de fabrication est donc plus faible ;
- Ainsi, la question « l'impact des services numériques sont-ils plus faibles que les services physiques ? » ne peut être posée : il est plus pertinent en conclusion de cette étude d'analyser la sensibilité des déterminants de ces impacts. Cela permet de comparer plusieurs scénarios d'utilisation des services numériques. De manière générale, les services numériques peuvent être moins impactants que les services physiques puisqu'utilisés sur des équipements plus petits (smartphone vs chaîne hi-fi ou PC). Un raisonnement « au global », dépassant le cadre de cette ACV et l'unité fonctionnelle définie, serait plus intéressant pour en déduire des leviers d'actions systémiques.

Enfin, il convient de lier les résultats de cette étude à des pratiques usuelles du quotidien. Le « français moyen » n'existe pas, il est important de caractériser plusieurs profils d'utilisation des services culturels numériques, afin de bien appréhender les différents leviers d'actions qui existent, que ce soit à l'échelle individuelle, collective, des entreprises et des décideurs politiques. L'approche utilisée ici, qui considère plusieurs scénarios d'utilisation et qui s'appuie sur des analyses de sensibilité, permet d'établir d'autres constats :

- **Mutualisation des équipements :** la mutualisation des équipements permettant d'avoir accès aux services numériques permet de diviser l'impact environnemental par personne. Par exemple, il vaut mieux regarder un film pendant une heure en streaming vidéo en famille de 4 personnes sur un même écran, plutôt que de regarder ce même film de manière isolée chacun sur son écran. Ce paramètre influe également sur le taux d'équipement par personne : il est plus intéressant de partager un même matériel dans une même famille plutôt que de l'avoir chacun et chacune de manière individuelle, quand cela est possible.
- **Lieu d'utilisation des services :** la consommation de services numériques dans des lieux où le réseau fixe n'est pas accessible en Wi-Fi engendre une consommation énergétique plus forte due

à l'utilisation du réseau mobile. Par exemple, regarder une vidéo d'une certaine résolution pendant 5mn en 4G dans les transports en commun est plus impactant que de la regarder la même vidéo avec la même résolution à la maison en Wi-Fi connecté au réseau fixe comme la fibre optique.

Les bonnes pratiques liées à différentes personae types de foyer sont définis au chapitre 5.1.

4.2 Focus sur l'effet rebond

L'effet rebond décrit le fait que chaque innovation devant conduire à des économies (économique, énergétique, de matériaux, etc.) s'accompagne d'une augmentation de la consommation contrebalançant l'effet positif des améliorations.

Le paradoxe de Jevons en référence à William Stanley Jevons, un économiste britannique du 19ème siècle, est un cas particulier de l'effet rebond, impliquant un rebond supérieur aux économies d'efficacité (effet backfire) et donc une consommation ou un impact après efficacité supérieur à la situation initiale.

L'effet rebond est généralement divisé en trois catégories :

- **Effet rebond direct** : apparaît lorsque le prix et/ou l'impact d'un produit diminuent induisant une augmentation de la consommation de ce produit et donc de l'impact global. Par exemple, le prix de consommation de 1 Go de données est divisé par deux, il est donc possible de consommer deux fois plus de données pour le même prix. La consommation augmente et le prix payé reste constant :
- **Effet rebond indirect** : apparaît lorsque le prix d'un produit diminue, ouvrant la possibilité d'acheter de nouveaux produits, induisant un impact global amoindri. Par exemple, si le prix de l'essence diminue, les individus peuvent économiser de l'argent qu'ils peuvent utiliser pour acheter un logement plus grand :
- **Effet rebond structurel** : apparaît lorsque le prix ou l'impact d'un produit induit des changements structurels des modes de production et de consommation. Par exemple, le développement du télétravail permet la réduction des trajets domicile-travail. Cette modification peut encourager une partie de la population à déménager dans un environnement plus rural et donc être plus dépendant des trajets en voiture, ce qui peut au final contrebalancer les avantages initiaux.

L'étude utilisant une approche ACV précédemment décrite ne permet pas de prendre en compte l'effet rebond. En effet, par définition, les unités fonctionnelles utilisées dans l'ACV se basent sur une utilisation constante du service. Elles ne prennent donc pas en compte une quelconque augmentation de consommation. Chaque secteur étudié peut présenter ainsi des effets rebond de nature et d'amplitude différentes (par exemple, grâce à la démocratisation d'un service culturel numérique et le fait que son impact unitaire environnemental diminue dans le temps).

Voici quelques illustrations possibles pour les services culturels étudiés :

- **Streaming musical** : Le passage à une écoute de la musique en ligne par rapport au CD permet d'avoir un accès à un plus grand choix de musique et ne nécessite pas de transporter de matériel supplémentaire. Du fait de cette nouvelle technologie, il est donc maintenant possible d'écouter tout type de musique à tout moment de la journée à la seule condition d'avoir un support multimédia (ordinateur, tablette, smartphone, etc.) avec un accès internet. Du fait de ces possibilités plus variées, le temps d'écoute peut donc augmenter tout comme le nombre de titres écoutés intégralement, partiellement ou pas du tout, ce qui contribue à augmenter la consommation de données transmises. Il est aussi plus facile de partager des nouvelles musiques avec ses proches, conduisant aussi potentiellement à une augmentation du temps d'écoute. Il est aussi possible d'écouter de la musique sur son smartphone en 4G ou 5G, dont les intensités énergétiques sont plus importantes qu'avec une connexion en réseau fixe (comme pour la fibre optique).
- **Streaming vidéo** : Le développement des plateformes de visionnage de films et de séries en ligne permet aussi d'avoir un accès à des contenus plus importants et diversifiés. Cela peut conduire à un visionnage de plus de contenus avec une attention plus faible. On peut notamment penser au visionnage de séries ou de films en parallèle d'autres activités comme la cuisine. Du fait de la forte disponibilité de contenu, de nouvelles pratiques apparaissent pouvant conduire à une augmentation du temps passé à visionner des films ou des séries (*binge watching*). L'usage des

vidéos a aussi fortement changé au travers des réseaux sociaux tels que Tik Tok, Instagram, Twitter ou Facebook. Ces plateformes proposent le visionnage et la publication de vidéos courtes, un usage équivalent grâce à des CD ou des DVDs n'est pas possible. Enfin la résolution des films et séries a elle aussi tendance à augmenter, passant du Full HD en 1080p au UHD en 4K, augmentant ainsi la consommation de données associée.

- **Cloud gaming** : Le développement des jeux vidéo sur le cloud permet de découvrir une multitude de jeux vidéo. Cette disponibilité des jeux vidéo peut conduire à une augmentation du temps passé à jouer aux jeux vidéo. Il est en de même pour le streaming vidéo : la résolution des jeux vidéo et le nombre d'images par seconde ont tendance à augmenter, augmentant ainsi la consommation de données associée. De plus, la possibilité de jouer en ligne permet d'avoir accès à un univers de jeux plus important (pas de limite liée à l'espace de stockage du Blu-ray) mais aussi de jouer en ligne en multi-joueurs.
- Pour l'ensemble de ces services culturels digitalisés, l'utilisation du streaming s'accompagne souvent d'une montée en gamme des équipements (TV et smartphone à écran plus grand et à haute résolution), notamment pour pouvoir fournir plus de fonctionnalité et une qualité de l'image la plus haute possible. En plus de l'impact lié au renouvellement précoce d'équipements, plus la taille de l'écran de ces équipements est importante, plus leurs impacts environnementaux sont élevés.

4.2.1 Illustration de l'effet rebond entre le visionnage de DVD et le visionnage de vidéos sur internet, de 2012 à 2020

Le service « regarder un film » est un bon exemple pour illustrer cette notion d'effet rebond. Les résultats de l'ACV sur ce service ont montré que les impacts sont globalement plus faibles par heure de visionnage sur les scénarios numériques, par rapport aux scénarios physique de visionnage sur DVD. Au premier abord, il semble donc que la substitution du service physique par le service numérique (tendance structurelle depuis plusieurs années) s'accompagne donc d'une diminution de l'impact globale de ce service culturel. Cependant, le volume de consommation globale de ce service n'est pas constant. C'est un phénomène d'effet rebond : la digitalisation de ce service a également entraîné une augmentation du volume de consommation. La question est de savoir si cela vient dépasser les gains d'efficacité permis par la digitalisation ou non.

Il est très difficile de répondre à cette question, et une étude plus poussée serait nécessaire, afin notamment de collecter des données robustes sur les volumes de consommation et de définir rigoureusement le périmètre de comparaison. Ici, un simple calcul en ordre de grandeur est proposé pour illustrer ce phénomène, mais ces résultats ne doivent en aucun cas être réutilisés. Par simplicité, ce calcul se concentre sur l'impact sur le changement climatique (empreinte carbone).

L'objectif de ce calcul illustratif est d'estimer l'évolution de l'empreinte carbone globale liée au visionnage de DVD et de vidéos en ligne en France entre 2012 et 2020. Pour ce type de problématique, la définition du périmètre est importante : il est important de se poser la question de ce qui est substitué par la digitalisation d'un service (visionnage sur DVD uniquement, ou autres services, comme la télévision ?). Le périmètre défini pour ce calcul illustratif est donc imparfait, cependant des données facilement accessibles ont motivé ce choix :

- Volume de vente de DVD (en nombre de disque) en France entre 2012 et 2020¹¹
 - 2012 : 105,9 millions
 - 2020 : 53,2 millions
- Nombre d'heure de visionnage de vidéo (vidéos, films ou programmes audiovisuels) sur internet par personne et par semaine, en 2012 et 2020¹²
 - 2012 : 1,5 heures par semaine par personne
 - 2020 : 6,3 heures par semaine par personne

Pour convertir les données de vente de DVD en volume de visionnage globale en France, l'hypothèse est faite que chaque DVD est utilisé en moyenne à 4 répétitions (hypothèse haute dans l'étude ACV de ce

¹¹ <https://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/chiffres/france/structure-population/population-ages/>. La donnée pour 2020 a été extrapolé de façon linéaire à partir de l'évolution 2012-2018

¹² <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/barometre-du-numerique/le-barometre-du-numerique.html>.

service). Les données de nombre d'heure par personne sont multipliées par la population concernées (12 ans et plus, 54,7 millions de personnes) et par le nombre de semaine. On obtient les volumes de visionnage suivant :

- 2012 : 847,7 millions d'heures sur DVD ; 4 270 millions d'heures de vidéos en ligne
- 2020 : 365 millions d'heures sur DVD ; 17 937 millions d'heure de vidéos en ligne

Avec ces données, on observe que tandis que le nombre d'heure sur DVD a été divisé par 2,3, celui sur les vidéos en ligne a été multiplié par 4,2.

Ensuite, on utilise les résultats de l'ACV sur le service « regarder un film » : 220 gCO₂eq/heure pour le visionnage sur DVD, et 64 gCO₂eq/heure pour le visionnage de vidéos en ligne (moyenne des 3 scénarios sur TV, ordinateur et smartphone). Ces résultats, valable pour 2020, sont également utilisés pour 2012. A nouveau, l'application de ces résultats à ce cas d'étude peut être discutée, c'est pourquoi les résultats de ce calcul illustratif ne doivent en aucun cas être réutilisés.

En multipliant les volumes visionnage par les impacts par heure de visionnage, on obtient les résultats suivants sur l'empreinte carbone globale liée au visionnage de DVD et de vidéos en ligne en France, entre 2012 et 2020.

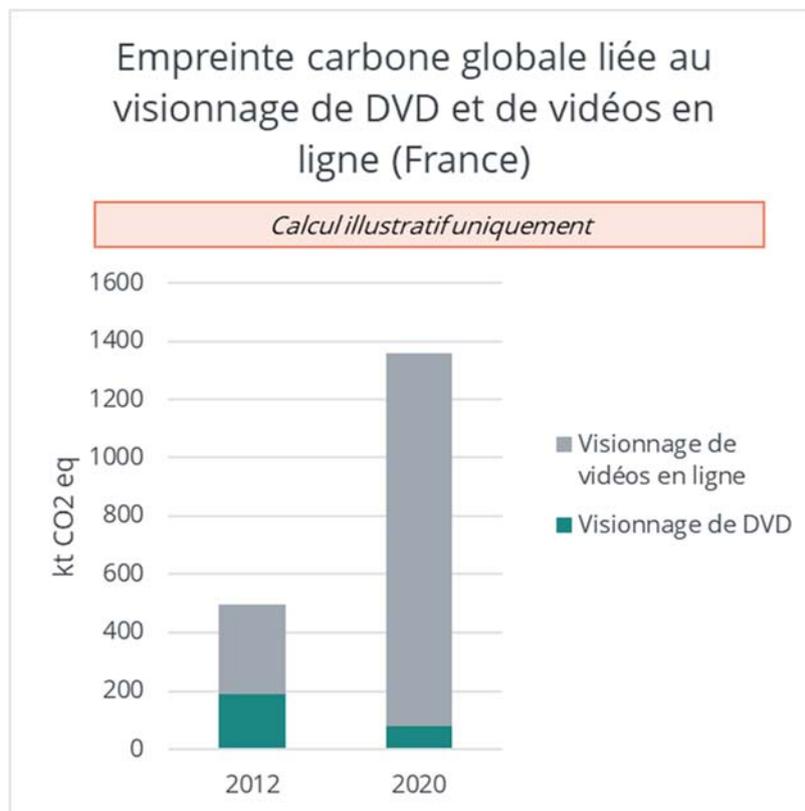


Figure 15 - Résultats du calcul illustratif sur l'empreinte carbone globale liée au visionnage de DVD et de vidéos en ligne en France, entre 2012 et 2020

On observe dans ce scénario que la diminution de l'impact lié au visionnage de DVD est amplement compensée par l'augmentation de l'impact lié au visionnage de vidéos en ligne. Malgré le fait que l'impact par heure est environ 3 fois faible pour le visionnage de vidéos en ligne, ici la substitution du visionnage de DVD par le visionnage de vidéos en ligne ne se fait pas à volume globale constant, et l'empreinte carbone globale est ainsi multipliée par un facteur proche de 3. Avec ces hypothèses, ce calcul illustre bien un effet rebond dit « backfire », où la diminution de l'impact du service est en réalité accompagnée par une augmentation de l'impact global.

Dans la réalité, il est très difficile de déterminer l'impact engendré et évité par la digitalisation des services, du fait de la grande diversité d'usage et des possibilités de substitution. Cependant, il est important de réfléchir aux possibles évolutions des modes de consommations afin de réduire de manière globale l'impact environnemental du numérique.

5 RECOMMANDATIONS

L'étude nous permet de mettre en avant certaines bonnes pratiques afin de réduire l'impact environnemental des services culturels numériques.

Si ces bonnes pratiques sont à mettre en œuvre par les utilisateurs de services numériques, les leviers d'actions pour permettre à l'utilisateur de réduire son impact environnemental sont entre les mains de tous les acteurs de la chaîne de valeur des services numériques, comme les fournisseurs de services, équipementiers ou opérateurs réseaux, mais également des décideurs politiques qui ont la faculté d'agir sur la réglementation et les incitations.

5.1 Recommandations utilisateurs de services numériques

En s'appuyant sur les études existantes sur le sujet du numérique et des résultats obtenus dans le cadre de cette étude, des bonnes pratiques afin de réduire l'impact environnemental de l'usage des services culturels numériques ont été identifiées. Les recommandations peuvent être divisées selon les différentes unités fonctionnelles relatives aux services numériques définies dans l'étude.

De manière générale, il convient de s'interroger sur ses besoins en matière de services numériques en fonction de l'intérêt que certains types de services peuvent avoir. Notamment, certains contenus qui existent dans un format (exemple : certaines vidéos qui existent en podcast sous format audio).

Il est à noter que certaines bonnes pratiques ont pu être étayées par les résultats de cette ACV. D'autres bonnes pratiques sont issues d'autres études. Seules les bonnes pratiques appuyées par des études quantitatives ou qualitatives jugées sérieuses sont ici reprises. Certaines bonnes pratiques ont également été communiquées par les entreprises contributrices à cette étude.

Lire un livre sur liseuse

- L'impact de la liseuse est principalement porté par les phases de production, transport et fin de vie (plus de 99% des impacts environnementaux). Ce coût environnemental est « amorti » sur la durée de vie de la liseuse. Il faut donc prolonger au maximum sa durée de vie pour amortir au maximum son coût environnemental. En comparaison à un scénario de lecture sur livres papier neufs (usage unique), l'impact carbone de la liseuse est amorti au bout de 50 livres lus. Si l'on considère que les livres papier sont réutilisés ou achetés d'occasion (2 utilisations), alors l'impact carbone de la liseuse est seulement amorti au bout de 100 livres lus.
- L'impact carbone n'est pas le seul impact environnemental à considérer. Parmi les autres impacts (acidification, pollution de l'air, consommation d'eau, de ressources), la consommation de ressources minérales et métalliques est un enjeu important pour les objets numériques. Si l'on regarde cet indicateur, en comparaison à un scénario de lecture sur livres papier neufs (usage unique), **l'impact de la liseuse sur les ressources est seulement amorti à partir de 210 livres lus.**
- Dans tous les cas, si une liseuse a déjà été acquise par l'utilisateur, il faut privilégier l'utilisation de cette liseuse devant l'achat de livres neufs, afin d'amortir au maximum son coût environnemental.
- Afin d'augmenter la durée de vie du support numérique, il est recommandé d'utiliser des protections de type verre trempé et coque de protection. En effet, ces accessoires limitent le risque d'accident et augmentent la durée de vie de l'appareil.
- Certaines bonnes pratiques sont également applicables lors de la lecture : pour prolonger l'autonomie de la batterie, il est recommandé de mettre l'appareil en mode avion après avoir téléchargé le fichier ebook, et de désactiver le rétroéclairage s'il est non nécessaire.

Ecouter de la musique en streaming

- Il est recommandé de désactiver la vidéo lorsque l'on souhaite simplement écouter de la musique. Cela permet de diminuer la consommation de données, le débit du streaming audio étant potentiellement 5 à 30 fois plus faible que le débit du streaming vidéo, et ainsi de diminuer l'impact environnemental associé. En effet, **la consommation de donnée est responsable de plus de 60% de l'impact carbone du streaming vidéo sur smartphone.**
- Si l'utilisateur écoute régulièrement un même titre, **il est recommandé de télécharger le titre sur son appareil**, plutôt que de le streamer à chaque écoute. Cela économise de la consommation de données.

- La multiplication des équipements auxiliaires (enceinte, chaîne hi-fi, ...) entraîne également une augmentation des impacts (consommation d'énergie, et fabrication des équipements additionnels). Dans un scénario de streaming sur smartphone connecté à une enceinte, l'enceinte représente près de 40% de l'impact carbone total. **Afin de limiter l'impact des équipements auxiliaires, il est recommandé de prolonger la durée de vie de ces équipements**, idéalement reconditionnés ou achetés d'occasion.

Regarder une vidéo en streaming

- Les infrastructures et consommation d'énergie des réseaux et datacenters mobilisés pour le streaming sont responsables de 40% à 60% de l'impact carbone du streaming vidéo. Dans une hypothèse de relation linéaire entre ces impacts et la consommation de données, diminuer par 2 la résolution permet donc de diminuer de 20% à 30% l'impact carbone du streaming vidéo. Il est donc recommandé de réduire la résolution des vidéos visionnées. Il est recommandé d'adapter la résolution des vidéos visionnées au support (TV, PC, smartphone) ainsi qu'au type de contenu (film, documentaire, webinaire, tutoriel, ...). **Dans un scénario de streaming vidéo sur PC, passer d'une résolution Full HD à une résolution standard permet de diviser le débit par 3, et de diminuer l'impact carbone total de 26%.**
- L'intensité énergétique des réseaux fixe (fibre optique ou DSL accessible par Wi-Fi ou câble Ethernet) étant en moyenne plus faible que celle des réseaux mobiles, il est recommandé de les utiliser en priorité pour visionner des vidéos. On estime que à débit équivalent, l'impact carbone du transfert d'1 Go de données sur réseau fixe est environ 3 fois plus faible que sur réseau mobile.
- Les équipements utilisés sont également responsables d'une partie significative des impacts environnementaux du streaming vidéo. Dans le scénario de streaming sur TV et box TV, la TV est responsable de 30% à 60% des impacts, et la box TV 15% à 30%. Cela est dû principalement à la fabrication des équipements, et à leur consommation d'énergie lors de l'utilisation. Il est recommandé de ne pas multiplier les appareils, de prolonger leur durée de vie, et d'acheter des équipements d'occasion ou reconditionnés. **Il est également préférable de limiter la taille des écrans, qui jouent principalement dans l'impact de la fabrication et la consommation des appareils de visionnage.**

Jouer aux jeux vidéo en téléchargement direct ou en cloud gaming

- Pour les scénarios de jeu téléchargé sur une console ou un PC, la consommation de données pour le téléchargement du jeu est amortie sur la durée de jeu total sur ce jeu. Dans l'hypothèse d'un jeu joué plus de 180h, l'impact de ce transfert de fichier contribue faiblement aux impacts (moins de 10% sur l'impact carbone) par rapport à la fabrication et l'utilisation des équipements (console, PC, écran, TV). A l'inverse, si l'on télécharge de nouveaux jeux régulièrement, pour n'y jouer que quelques heures, cet impact sera bien plus élevé. **Il est donc recommandé d'éviter de télécharger des jeux auxquels on ne jouera pas ou peu.**
- Le cloud gaming permet de potentiellement se passer de console à la maison (transfert de la puissance de calcul vers les datacenters), mais est associé à une utilisation de datacenters puissants, et d'une consommation de données très importante. Les réseaux et datacenters contribuent pour plus de 60% de l'impact carbone d'une heure de jeu en cloud gaming sur box TV et TV en 1080p.
- Dans un scénario où l'on est déjà équipé d'une console, pour un jeu disponible en téléchargement ou en cloud gaming, jouer en cloud gaming permet seulement d'économiser le téléchargement du jeu, mais entraîne une consommation constante de données significative. Au-delà de 6h de jeu au total sur ce jeu téléchargé, l'impact carbone du téléchargement du jeu est amorti et devient plus intéressant que le cloud gaming. **Si l'on est équipé d'une console, il est donc recommandé de privilégier le jeu téléchargé au cloud gaming**, à moins de prévoir d'y jouer moins de 6h au total.
- Entre un scénario de jeu téléchargé sur console et un jeu en cloud gaming sur box TV et TV, les impacts associés au cloud gaming peuvent s'avérer plus faibles, notamment s'il est joué en faible résolution (1080p ou moins). Pour une résolution de 1080p, la réduction sur l'impact carbone est par exemple de -24%. Le cloud gaming peut être recommandé s'il permet d'éviter l'acquisition d'une console à condition de jouer en résolution standard ou faible.
- La résolution du cloud gaming joue beaucoup sur ses impacts car elle est associée à une utilisation plus importante des réseaux et datacenters. En résolution 4K, l'impact carbone du cloud gaming sur box TV est plus élevé de 34% par rapport au jeu téléchargé sur console. **Si l'on**

joue en cloud gaming, il est donc recommandé de réduire la résolution à 1080p, voire 720p. Passer de 4K à 720p permet de réduire l'impact carbone du cloud gaming sur box TV de -55%.

- Afin de réduire l'impact environnemental des équipements (console, PC, TV, écran), il est recommandé d'acheter le matériel d'occasion ou reconditionné, et de limiter la taille des écrans.

De manière générale, les bonnes pratiques usuelles de sobriété relatives à l'usage du numérique s'appliquent pour les services culturels étudiés.

Achats

- Si achat d'un nouvel appareil, il est préférable de l'acheter en occasion ou en reconditionné. Selon une étude récente de l'ADEME sur le sujet du reconditionné, par exemple pour un smartphone, le reconditionné permet jusqu'à 8 fois moins d'impacts environnementaux que le neuf en moyenne. Ce constat est similaire pour les autres équipements : PC, écrans, enceintes, consoles ou encore tablettes.
- Si besoin de se débarrasser d'un appareil en bon état, il faut privilégier la revente, le prêt ou le don. S'il ne fonctionne plus, il faut privilégier le don en recyclerie. La seconde vie des appareils permet d'économiser une partie des ressources nécessaires à la fabrication de ces derniers. Par exemple, selon le rapport Modélisation et évaluation des impacts environnementaux de produits de consommation et biens d'équipement, la fabrication d'un ordinateur portable représente près de 156 kgCO₂/unité, un smartphone de plus de 5,5 pouces 39,1 kgCO₂e/unité et une console de salon 102 kgCO₂e/unité. Par ailleurs, le « sac à dos écologique » d'un ordinateur portable est de 711 kg, de 124 kg pour un smartphone de plus de 5,5 pouces et de 595 kgCO₂e/unité pour une console de salon. La méthode dite du « sac à dos écologique » consiste à rapporter le poids du produit fini (en kg) au poids de matières premières (en kg) nécessaires à sa fabrication.

Usages

- Dans la mesure du possible, penser à mutualiser les équipements (console de salons lorsque l'on vit en colocation, box internet lorsque l'on partage avec ses voisins lorsque l'on vit en appartement, avoir une seule tablette pour toute la famille sont quelques exemples de la mutualisation d'équipement) que vous possédez ;
- Privilégier la connexion Wi-Fi au réseau mobile. Le réseau mobile consomme plus d'électricité que la connexion Wi-Fi pour la même quantité de données transmises ou téléchargées ;
- Penser à éteindre les équipements lorsqu'ils sont inutilisés et à les paramétrer afin qu'ils s'éteignent au bout d'un certain temps d'inutilisation ;
- Eviter de charger les appareils la nuit. En effet, la plupart des appareils possèdent des batteries lithium-ion qui s'abîment lorsqu'elles sont rechargées de manière prolongée. Une fois rechargé à 100 %, si le chargeur est toujours branché à l'appareil, le prolongement du rechargement entraîne une surchauffe de la batterie. Si les téléphones possèdent une puce permettant de pallier ce problème, un autre surviendra : la recharge et décharge continues du téléphone jusqu'à ce qu'il soit débranché entraînent une usure prématurée de la batterie ;
- Désactiver la mise à jour automatique des applications et faire uniquement celles qui sont indispensables et privilégier une connexion en Wi-Fi sur réseau fixe. En limitant les mises à jour aux applications que vous utilisez régulièrement, la consommation de donnée sera limitée.

Application à des personae types de foyer français

Ces bonnes pratiques sont mises au regard de personae type de foyer français ci-dessous à travers quelques exemples :

- Dans une famille de quatre personnes composées de deux parents et deux adolescents et vivant dans une maison en zone périurbaine :
 - Il est préférable de regarder un film en streaming vidéo en famille dans le salon en 1080p sur une télévision LCD de taille adaptée et reliée à une plateforme de streaming plutôt que seul chacun dans sa chambre ;
 - Il est recommandé de mutualiser la console de salon permettant de jouer aux jeux vidéo sur un même écran. Idéalement, les jeux sont téléchargés sur la console s'ils sont lourds et la durée de jeu importante ou sont joués en streaming grâce au cloud gaming pour les petits formats et les durées de jeu courtes.

- Pour un couple de deux personnes habitant en appartement dans une métropole :
 - Il est préférable d’avoir une liseuse qui peut se partager à deux pour optimiser le nombre de livre lus dans une année par rapport à un usage où chaque personne aurait sa propre liseuse ;
 - Il est profitable d’éteindre sa box internet lorsqu’on ne l’utilise pas, la nuit ou en partant de son domicile en journée, ou en week-end ou pendant ses vacances ;
- Pour une personne célibataire habitant seule dans son appartement dans une métropole :
 - Il est intéressant de partager son abonnement internet avec son voisin de palier dans le cas où la portée est suffisante, d’un point de vue environnemental et d’un point de vue économique ;
 - Il vaut mieux attendre de rentrer dans son appartement pour regarder sa série préférée sur son PC ou sa télévision en Wi-Fi via la fibre optique, plutôt que de la regarder sur son smartphone dans les transports en commun en 4G ou 5G. Par ailleurs, il est possible de télécharger des séries/films sur son smartphone ou sa tablette à son domicile en Wi-Fi et de regarder le contenu dans les transports en commun sans consommation de données mobiles ;

5.2 Recommandations à destination des fournisseurs

Les recommandations spécifiques suivantes s’appliquent aux fournisseurs de services numériques. Des recommandations plus générales sont détaillées à la suite, à destination des acteurs de la chaîne de valeur des services numériques (équipementiers, opérateurs de data centers, opérateurs réseaux). Enfin, des focus sur certains services cultures numériques sont réalisés :

- **Evaluer l’impact environnemental de ses services numériques mis à disposition aux utilisateurs :** il est utile de s’appuyer sur l’Analyse de Cycle de Vie pour réaliser cette étude idéalement avant le lancement du produit, ou une fois le produit lancé. Les entreprises peuvent s’appuyer sur le PCR Services Numériques pour réaliser cette évaluation. A minima, si l’entreprise s’est engagée dans une démarche bas carbone, elle peut commencer par évaluer son impact au regard de l’indicateur « Emissions de gaz à effet de serre » (*Global Warming Potential*, dit GWP) en s’appuyant sur la comptabilité carbone ;
- **Ecoconcevoir ses services numériques :** les entreprises peuvent s’appuyer sur les lignes directrices de l’AFNOR SPEC, disponible gratuitement, après avoir réalisé une ACV et hiérarchisé leurs impacts environnementaux significatifs et enfin identifié les leviers d’améliorations, afin d’écoconcevoir les services numériques mis à disposition ;
- **Héberger ses données ou ses applicatifs dans un data center performant :** pour optimiser le stockage de données ou l’hébergement des applicatifs, il convient d’utiliser des data centers performants d’un point de vue environnemental, dont les critères sont des indicateurs environnementaux performants (Power Usage Effectiveness bas, DCIE élevé, Renewable Energy Factor élevé, COP performant, ...). Les entreprises peuvent se référer au European Code of Conduct ou au Livre blanc sur les indicateurs de performance énergétique et environnementale des datacenters publié par l’Alliance Green IT, France Datacenter et Gimélec. Ces recommandations s’appliquent également aux Content Delivery Networks (CDN).

De manière générale, les recommandations suivantes s’appliquent à tous les acteurs de la chaîne de valeur des fournisseurs de services numériques, de manière indifférenciée :

- **Durabilité des terminaux utilisateurs :** Comme vu précédemment, la fabrication des équipements représente un impact majeur. Il est donc recommandé aux fabricants de faire en sorte que la durée de vie des équipements soit la plus élevée possible. Les équipementiers doivent favoriser le réemploi et la réparation de leurs équipements, en partenariat avec les distributeurs et garantir la mise à disposition des pièces détachées à « un juste » prix sur toute la durée de vie du produit. En particulier, s’agissant de la collecte des équipements en fin de vie, des filières de réemploi et de reconditionnement doivent être renforcées ;
- **Ecoconception des équipements utilisateurs :** En lien avec le point précédent, il est aussi recommandé d’écoconcevoir ses produits afin de limiter les impacts environnementaux sur l’ensemble du cycle de vie du produit (Optimisation de l’usage des matières premières ; usage de matières premières recyclées ; durée de vie allongée grâce à une conception robuste et une maintenance facilitée) ;

- **Mode de distribution des biens:** Le mode de distribution des biens ayant un impact environnemental non négligeable, il est préférable de choisir le mode de transport le moins impactant pour distribuer les produits. Par exemple, il est préférable d'utiliser le transport maritime plutôt que le transport aérien.
- **Efficacité énergétique des appareils :** Afin de réduire la consommation d'énergie et les impacts associés lors de la phase d'utilisation, il peut être intéressant d'améliorer l'efficacité énergétique des appareils.

En particulier, pour les fournisseurs de streaming vidéo, des recommandations spécifiques peuvent être tirées de l'étude :

- L'impact de la phase d'utilisation est fortement dépendant de la quantité de données utilisées i.e. de la qualité (impactant la résolution) de la vidéo. Il est donc recommandé de réduire ou de donner la possibilité à l'utilisateur de réduire la qualité de la vidéo. Mettre en place un paramétrage évitant le lancement automatique de la vidéo dans la plus haute qualité ;
- Supprimer la lecture automatique des vidéos pour éviter l'effet « *binge watching* » dans le cas où l'utilisateur n'aurait pas nécessairement l'envie de continuer à visionner ces vidéos ;
- Afin de réduire l'impact lié au visionnage de la vidéo, il est aussi recommandé d'améliorer la compression des vidéos ;
- Informer l'utilisateur sur son temps de visionnage.

De même, il a été possible de tirer des recommandations particulières pour le secteur du jeu vidéo (studio de jeux vidéo, éditeurs de jeux vidéo, fabricants de consoles ou distributeurs) :

- Afin d'économiser de l'énergie lorsque la console est en veille prolongée, il est recommandé de mettre en place une option éteignant cette dernière ;
- Afin de faciliter la mise en veille de la console, il est recommandé d'installer un bouton « mise en veille » sur la manette et fixer un temps de déclenchement court ;
- Privilégier des petites résolutions de jeu plutôt que d'encourager l'achat de matériel d'affichage pour pouvoir en profiter (2k, 4k, 8k, VR, etc) ;
- Chercher à minimiser la consommation électrique (gameplay, interface, veille, etc.) ;
- Il est aussi recommandé de donner la possibilité de télécharger un jeu vidéo ou de charger un périphérique lorsque la console est en mode veille. En effet, ces phases peuvent être d'une durée relativement longue, le mode veille peut de fait diminuer la consommation d'énergie associée ;
- Utiliser des techniques de *DownloadAsYouProgress* : les joueurs ne téléchargent plus la totalité du jeu dès le départ, mais uniquement ce dont ils ont besoin au début, et le reste uniquement au fur et à mesure que le joueur progresse.

Pour le streaming audio :

- Par défaut, adapter la qualité de l'audio aux performances de l'équipement utilisateur ;
- Encourager l'écoute audio via le réseau internet fixe plutôt que par le réseau internet mobile ;
- Par défaut, désactiver les vidéos et autres animations pendant la lecture des titres audios (clip, paroles, ...);
- Encourager le « smart cache » pour que l'application crée automatiquement un cache quand les musiques sont souvent écoutées pour ne pas avoir besoin de les télécharger à chaque nouvelle écoute ;
- Optimiser la compression des contenus pour que ces derniers soient les plus légers possibles tout en gardant une qualité audio convenable pour l'utilisateur.

Enfin, pour les fournisseurs de e-books ou de liseuses :

- Encourager à l'achat d'un film protecteur de l'écran ;
- Systématiquement proposer à l'utilisateur de désactiver la transmission de données pendant la lecture.

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE LA DIGITALISATION DES SERVICES CULTURELS

Cette étude s'est appuyée sur l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) de 4 services culturels : « regarder un film », « écouter de la musique », « jouer aux jeux vidéo » et « lire un livre ». Plusieurs scénarios ont été étudiés, en étudiant notamment des usages historiques et des usages plus récents, notamment les usages streaming.

Des analyses de sensibilité ont été réalisées afin d'étudier l'impact de certains facteurs au regard de différents enjeux environnementaux.

Par ailleurs, il convient de préciser les limites de cette étude et d'étudier la question de l'effet rebond à une échelle plus systémique, mais également les limites de l'approche « attributionnelle » qui a été employée dans le cadre de cette étude.

Enfin, des recommandations ont été formulées à destination des utilisateurs et des fournisseurs de services, dans le but d'intégrer davantage de sobriété numérique pour ces services numériques culturels.