

## Thèse de doctorat

# Évaluation et optimisation de l'empreinte environnementale des médias audiovisuels

### Mots-clés :

- Empreinte environnementale, consommation d'énergie, analyse de cycle de vie, média radio, FM, DAB, média vidéo, codage vidéo, diffusion vidéo, numérique responsable.

### Encadrants de thèse :

- Daniel Ménard, équipe Vaader, [daniel.menard@insa-rennes.fr](mailto:daniel.menard@insa-rennes.fr)
- Nicolas Beuve, équipe Vaader, [Nicolas.Beuve@insa-rennes.fr](mailto:Nicolas.Beuve@insa-rennes.fr)
- Corentin Fonteneau, équipe Signal, [Corentin.Fonteneau@insa-rennes.fr](mailto:Corentin.Fonteneau@insa-rennes.fr)

**Évolution des technologies pour la distribution des médias audiovisuels.** Les technologies de distribution des médias audiovisuels ont fortement évolué ses 30 dernières années entraînant un accroissement très important de la consommation de ces médias. Depuis la fin des années 1990, la technologie de télévision numérique DVB (Digital Video Broadcasting) a permis la diffusion de la TV linéaire par satellite (DVB-S) et par liaisons hertziennes terrestres (DVB-T) permettant d'augmenter le nombre de chaînes diffusées. L'expansion des réseaux à haut débit a permis de développer de nouveaux services vidéo tels que la TV diffusée sur internet (IPTV), la TV de rattrapage (replay), la vidéo à la demande (VOD). Le secteur du média radio est aussi en pleine mutation avec une multiplication des canaux de diffusion venant compléter la diffusion FM. Depuis 2014 la diffusion radio numérique DAB+ se déploie progressivement en France avec une couverture de plus de 70% de la population métropolitaine à la fin de l'année 2024. Comme pour la vidéo, de nouveaux services sont disponibles sur internet avec la radio sur IP, les podcasts de rattrapage et les podcasts natifs.

**Impact environnemental de la distribution des médias audiovisuels.** L'émergence rapide de ces nouveaux services se traduit par une forte augmentation des données échangées sur les infrastructures numériques. Entre 2012 et 2022, le trafic internet a été multiplié par 20 en France [Arc23]. Les contenus audiovisuels et plus particulièrement la vidéo représentent la majeure partie du trafic de données dans le monde. Selon Sandvine [San24], le trafic vidéo a augmenté de 24 % en 2022 et représente 65 % de l'ensemble du trafic Internet en 2023. Ce trafic de données lié à l'audiovisuel est supporté par une infrastructure numérique dont les ressources matérielles ne cessent d'augmenter pour supporter cet accroissement de trafic. En conséquence, la consommation de contenus audiovisuels a une influence significative sur les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES). Selon le groupe de réflexion The Shift Project [Efo19], le visionnage de contenus vidéo en ligne représentait une part de 1% des émissions mondiales de GES en 2017, ce qui est comparable aux émissions de

GES de l'Espagne. Cette tendance n'est pas durable et des solutions doivent être prises pour réduire l'impact environnemental de l'écosystème audiovisuel.

**Modélisation de l'impact environnemental de la distribution de médias audiovisuels.** Il existe deux façons de réduire cet impact environnemental. Basé sur la sobriété numérique, le premier levier vise à réduire le nombre de contenus audiovisuels transmis en modifiant le comportement des utilisateurs et les règles de fonctionnement des services numériques. Le second levier consiste à proposer des solutions technologiques plus efficaces en termes d'impact environnemental. Pour ces deux leviers, il est nécessaire de disposer d'un modèle permettant d'évaluer l'impact environnemental de l'ensemble de la chaîne (de bout en bout : émetteur, centre de données, cœur et réseau d'accès, terminal), afin de pouvoir prendre des décisions ayant une réelle influence sur la réduction de l'impact environnemental de la distribution de contenus audiovisuels. Plusieurs modèles ont été proposés [Her23, Car21, Efo19] pour évaluer la consommation d'énergie mais ces modèles ne prennent en compte que la consommation d'énergie et pas l'impact environnemental global, en particulier lié à la fabrication des équipements. L'étude [Arc24] publiée récemment donne des premiers éléments intéressants sur l'impact environnemental de l'audiovisuel. Mais cette étude donne uniquement le résultat final et ne permet pas d'avoir un modèle paramétrable. Les données intermédiaires nécessaires à la construction d'un modèle exploitable ne sont pas fournies et ainsi, ne permettent pas de connaître l'influence de chaque élément de la chaîne ou des paramètres définissant le scénario étudié.

**Objectifs et description des travaux de recherche.** L'objectif de ce travail de recherche est de proposer un modèle pour évaluer l'empreinte environnementale de la distribution et de la consommation de contenus audiovisuels et ensuite d'exploiter ce modèle pour évaluer les approches permettant de réduire cette empreinte.

Le premier objectif de la thèse est de développer un modèle global d'évaluation de l'impact environnemental de la distribution de médias audiovisuels en prenant en compte la chaîne globale. Ce modèle devra être paramétré afin de pouvoir évaluer l'influence des différents paramètres associés à chaque élément de la chaîne comme, par exemple, le débit en sortie du codage source. Ce modèle devra prendre en compte la diversité des usages et scénarios pour la distribution et la consommation de médias audiovisuels. La définition du modèle global d'évaluation de l'impact environnemental se basera sur une analyse de cycle de vie des différents éléments composant la chaîne de distribution de médias audiovisuels. L'attention sera plus particulièrement portée sur les phases de fabrication et d'usage (consommation d'énergie) des éléments de la chaîne. Ce modèle se basera sur la combinaison de données issues de la littérature et d'évaluations réalisées dans le cadre de la thèse. Dans ce cadre, pour la mesure de consommation d'énergie, l'analyseur de puissance Zimmer LMG641 acquis par l'IETR en 2024 sera utilisé. Il permet des mesures précises sur une large gamme de puissance. Pour la réalisation d'ACV, ce projet bénéficiera du laminographe à rayon X acquis dans le cadre du projet ESOS et des bases de données ACV disponibles au sein de l'IETR. Ce modèle sera mis à disposition de la communauté scientifique en open source. Au niveau du média radio, ces travaux de recherche seront effectués

en coopération avec la Corlab<sup>1</sup> et la FRAP<sup>2</sup> dans le cadre du projet collaboratif Ondes Durables. Ceci permettra d'avoir un terrain d'expérimentation accessible pour faire des mesures sur les équipements radio.

Le second objectif de la thèse est d'exploiter ce modèle en vue d'évaluer les gains en matière de réduction de l'empreinte environnementale d'approches aussi bien d'optimisation technologique que de sobriété numérique. Tout d'abord les différents scénarios de distribution et de consommation de media audiovisuels seront comparés. Ces résultats pourront être utilisés dans des actions de vulgarisation scientifique auprès du grand public (fête de la science, ...) pour sensibiliser sur l'impact environnemental de la consommation de contenus audiovisuels. Par ailleurs, l'efficacité de différentes techniques, visant à réduire l'impact environnemental, telles que par exemple la réalisation d'opérations de pré et post-processing avant le codage source pourra être évaluée.

Au niveau sobriété numérique, le but est de coopérer avec les chercheurs du GIS Marsouin<sup>3</sup> et du LFPC<sup>4</sup>, laboratoire en émergence à l'INSA Rennes. L'objectif est d'évaluer avec ces chercheurs en Sciences Humaines et Sociales, les effets d'un changement de comportement de consommation des médias audiovisuels, de nouvelles réglementations ou de nudges incitatifs, ...

## Profil recherché

Le candidat ou la candidate devra posséder un diplôme de master ou d'ingénieur en télécommunications, électronique, traitement du signal ou en informatique. Il devra avoir des connaissances et des compétences parmi les domaines suivants :

- Analyse de cycle de vie (formation en interne en début de thèse possible)
- Consommation des systèmes numériques,
- Réseaux et Télécommunications
- Codage audio et vidéo

Pour candidater, veuillez adresser votre CV et une lettre de motivation à [daniel.menard@insa-rennes.fr](mailto:daniel.menard@insa-rennes.fr)

Arc23	ARCEP l'Etat d'internet en France – édition 2023, rapport, Tome 3, juillet 2023
Arc24	ARCOM – ARCEP – ADEME, Étude de l'impact environnemental des usages de audiovisuels en France juillet 2024
Car21	The Carbon Impacts of Video Streaming – White paper ; Carbon Trust, 2021
Efo19	M. Efoui-Hess. Climate Crisis : The Unsustainable Use of Online Video - The Practical Case for Digital Sobriety by The Shift Project. 2019

<sup>1</sup> La Coordination des Radios Locales et Associatives de Bretagne

<sup>2</sup> Fédération des radios associatives en *Pays-de-la-Loire*

<sup>3</sup> Môle Armoricaïn de Recherche sur la SOciété de l'INformation et les Usages d'INternet

<sup>4</sup> Laboratoire de la Fabrique de Pensée Critique sciences, technologies, société, environnement

- Her23 C. Herglotz, M. Kränzler, R. Schober and A. Kaup, "Sweet Streams Are Made of This: The System Engineer's View on Energy Efficiency in Video Communications," in *IEEE Circuits and Systems Magazine*, vol. 23, no. 1, pp. 57-77, Firstquarter 2023, doi: 10.1109/MCAS.2023.3234739
- San24 Sandvine, The Global Internet Phenomena Report, January 2024