

The Shift Project a-t-il vraiment surestimé l'empreinte carbone de la vidéo ?

*Notre analyse des articles
de l'Agence internationale de l'énergie
et de CarbonBrief*

par Maxime Efoui Hess et Jean-Noël Geist
pour le think tank *The Shift Project*

JUIN 2020



***The Shift Project* a-t-il vraiment surestimé l'empreinte carbone de la vidéo ?**

Notre analyse des articles de l'AIE et de CarbonBrief

En bref : Une analyse parue en mars a correctement pointé une erreur du *Shift Project* concernant l'impact sur le climat de la vidéo en ligne. Cette erreur est apparue au cours d'une interview. Elle n'a pas d'impact sur les résultats publiés dans nos rapports, résultats qui ne sont pas contestés. Voici notre explication détaillée. Nous appelons à la poursuite du débat.

Contexte : *The Shift Project* a souhaité réagir à la publication de l'article de George Kamiya, expert à l'AIE (Agence internationale de l'énergie) sur CarbonBrief [« Factcheck: What is the carbon footprint of streaming video on Netflix? »](#) le 28 février 2020 (republié sur le site de l'AIE, le 25 mars 2020 : [« The carbon footprint of streaming video: fact-checking the headlines »](#)). L'article de G. Kamiya témoigne de l'avancée de la discussion scientifique sur l'impact environnemental du numérique : une avancée dont *The Shift Project* se réjouit, et à laquelle la présente publication, qui se veut une réponse à l'article de G. Kamiya (commenté plus bas paragraphe par paragraphe) souhaite contribuer.

Les discussions qui s'engagent depuis quelques temps sur l'impact environnemental du numérique sont d'un nouveau type : elles deviennent quantitatives. *The Shift Project* se réjouit que ce stade ait été atteint. C'est là que réside le véritable travail et c'est ce qu'appellent non seulement nos travaux depuis 2018, mais également ceux des acteurs historiques de la recherche sur l'impact environnemental du numérique. *The Shift Project* est actuellement en contact avec George Kamiya afin d'échanger avec lui sur la suite de ses recherches et d'ajouter ses remarques et son point de vue à ceux déjà pris en compte dans la mise à jour en cours de nos travaux, dont les objectifs ont été présentés au sein de notre [rapport intermédiaire](#) en janvier dernier.

L'article de G. Kamiya est l'article le plus fouillé et le plus transparent apportant une critique à nos travaux de 2019 dont nous ayons eu connaissance jusqu'à présent. Notamment, il déconstruit un chiffre effectivement erroné. Ce chiffre ne figure cependant dans aucun de nos rapports, dont les résultats ne sont pas contestés. Ce chiffre provient en fait d'une interview donnée par l'un de nos collaborateurs, qui a alors affirmé à tort que « regarder une émission d'une demi-heure entraînerait l'émission de 1,6 kilogramme de dioxyde de carbone, [ce qui] équivaut à rouler 3,9 miles (6.28 kilomètres) » (AFP, 28 oct. 2019). L'affirmation a aussi été relayé dans plusieurs médias avec un titre et d'une manière pouvant laisser croire qu'il s'agissait d'une déclaration concernant spécifiquement Netflix, alors qu'il s'agissait d'une moyenne (bien que fausse) pour toutes les vidéos en ligne. Cet épisode met aussi en lumière l'importance de considérer les dynamiques à l'échelle du système dans son ensemble. Le fait que ce soit la question spécifique de Netflix en particulier qui soit systématiquement reprise par le traitement médiatique est symptomatique de la difficulté à traiter la question des usages : force est de constater que cette question des usages finit toujours par se structurer, dans le débat médiatique, autour de la culpabilisation sur des usages particuliers, et fait ainsi le plus souvent l'économie d'une réflexion systémique sur le numérique. C'est l'une des raisons pour lesquelles les chiffres produits par *The Shift Project* ne concernent jamais un acteur en particulier (le chiffre auquel fait référence CarbonBrief, les « 30 minutes of Netflix », correspond en fait à un raccourci fait par certaines

reprises médiatiques d'un chiffre donné à l'AFP pour 30 minutes de vidéo en ligne en moyenne et repris par plusieurs médias, dont [France 24](#), le [New York Post](#), [CBC](#), [Yahoo](#), [DW](#), [Gizmodo](#), [Phys.org](#) ou [BigThink](#)). Une autre des raisons pour lesquelles les chiffres produits par *The Shift Project* ne concernent jamais un acteur en particulier est que les acteurs pris individuellement rendent rarement publiques assez de données pour pouvoir en tirer des conclusions précises – même s'ils jouent de plus en plus le jeu de la transparence depuis que le sujet est arrivé sur le devant de la scène, ces derniers 18 mois.

Il est à ce stade indispensable, bien que complexe, de poser des questions sur le « système numérique » et d'envisager des stratégies collectives à mettre en place. G. Kamiya le fait d'ailleurs à raison dans son article, notamment dans toute sa dernière partie. Il aborde en effet les questions qui se posent au niveau du système numérique dans son ensemble et réaffirme ce faisant leur caractère essentiel : traiter la question de l'effet rebond, construire des stratégies de grande envergure en convoquant tous les acteurs, etc. S'intéresser au « système numérique » du point de vue des usages, c'est s'intéresser aux usages *en tant que* faisant partie d'un système plus vaste, ayant ses logiques propres, ses acteurs, son infrastructure, sa régulation, son histoire, etc. Concernant la responsabilité des individus, comme nous l'écrivions en 2019, « *Les plateformes de diffusion (leur design, le modèle économique sous-jacent, les métriques d'adhésion, etc.) ont un rôle central dans la forme que prennent les usages, et donc leur impact environnemental. Ainsi, les usages ne sont pas le simple résultat des comportements de consommation individuels, mais bien en grande partie le produit d'un système.* ».

Nous rendons ici compte de nos analyses au stade actuel, et poursuivrons la discussion scientifique avec les expert.e.s de ces problématiques, en dehors du débat médiatique. Comme le dit G. Kamiya en conclusion de son article pour CarbonBrief, "*Instead of relying on misleading media coverage, [achieving the goals of the Paris Agreement] will require rigorous analysis, corporate leadership, sound policy and informed citizens.*"

Nous discutons de manière détaillée chaque partie de l'article de G. Kamiya, et avons tenté de rendre chaque commentaire le plus autoportant possible (ainsi, certains de nos commentaires se répètent largement). En voici la synthèse en 4 points :

1/ Une erreur sur les émissions de CO₂e associées au visionnage de 30 minutes de vidéo est très justement relevée par G. Kamiya (bien que le chiffre en question ne provienne pas des rapports publiés par le Shift en 2018 et 2019, mais d'une affirmation issue d'une interview). Une erreur effectivement constatée sur le *bitrate* (3 MBps au lieu de 3 Mbps) est responsable de 90 % des écarts exposés dans l'article de CarbonBrief (écarts, donc, entre l'approche de G. Kamiya et le chiffre erroné mentionné par le *Shift* dans une interview) :

- L'écart entre les émissions calculées par G. Kamiya pour une vidéo de 30 minutes et le chiffre d'émissions issu de l'interview du collaborateur de *The Shift Project* (et incluant l'erreur de *bitrate*) est d'un facteur 28 à 57 ;
- Une fois l'erreur de *bitrate* corrigée, l'écart entre ces deux calculs n'est plus que d'un facteur 4 à 7.
- L'essentiel de l'écart est donc dû à une erreur isolée. Cette erreur n'a pas d'effet sur les résultats publiés dans les rapports de *The Shift Project* (« [Lean ICT - Pour une sobriété numérique](#) » (2018) et « [Climat, l'insoutenable usage de la vidéo](#) » (2019)). La raison de cette absence d'impact sur les résultats publiés par *The Shift Project*, ainsi que les raisons de l'écart restants après correction sont discutés en détail dans la suite du présent document.

2/ Restent 10 % des écarts constatés (l'écart entre les deux évaluations une fois l'erreur de *bitrate* corrigée, soit un écart de 0,143 à 0,172 kgCO₂e), qui sont dus principalement à des différences d'hypothèses sur la consommation électrique des infrastructures réseau (kWh/byte de données transféré). Ces hypothèses sont en effet responsables de la quasi-totalité des 10 % d'écarts restants après correction du *bitrate*.

- Cela signifie que la discussion scientifique (c'est-à-dire le travail de comparaison et critique des travaux et hypothèses – auquel nous prenons part en échangeant avec les expert.e.s en dehors du débat médiatique) porte sur la consommation électrique des infrastructures réseau avant tout, et donc sur les hypothèses faites à son sujet. C'est d'ailleurs l'objectif du travail de mise à jour des résultats de nos scénarios : la mise à jour est prévue dans la nouvelle phase de nos travaux sur le numérique, dont le [rapport intermédiaire](#) a été publié le 16 janvier 2020.
- Plusieurs pistes sont à explorer pour faire progresser la discussion scientifique. D'une part, comparer les méthodologies de comptabilisation des consommations électriques : notre approche macroscopique ne permet que des raisonnements en moyenne (donc non sur un acteur particulier) mais permet de prendre en compte les consommations indirectes et fixes dues à toutes les composantes de l'infrastructure réseau. D'autre part, il existe des écarts importants entre les différentes évaluations de consommations électriques mondiales, celle des centres de données par exemple : l'évaluation de l'AIE étant sensiblement inférieure à celle de *The Shift Project*, [Greenpeace East-Asia](#), [GreenIT](#) et [Borderstep Institute](#). Pour progresser collectivement, il nous faudra ainsi comparer et confronter à la fois les méthodologies et les résultats obtenus.
- Les hypothèses autres que la consommation des infrastructures réseau ont des effets intéressants mais bien moins déterminants.

3/ Avec correction du *bitrate*, notre modèle donne : 0,400 kgCO₂e par heure. Cela ne correspond plus qu'à 10 % de l'écart constaté par G. Kamiya, soit 4 à 7 fois ses propres estimations. Pour correctement évaluer ces écarts, ceux-ci doivent être mis en regard avec les incertitudes intrinsèques à son propre travail de modélisation, dont les résultats varient eux-mêmes d'un facteur 2 entre ses estimations moyennes, et jusqu'à un facteur 32 entre ses estimations extrêmes. Ces marges d'incertitude intrinsèques sont importantes à avoir en tête pour interpréter correctement les écarts constatés entre les chiffres produits par les différents acteurs (AIE, *The Shift Project*, Greenpeace East-Asia, GreenIT, etc.).

- La sensibilité intrinsèque de la modélisation de G. Kamiya comprend elle-même des variations de facteur 2 à 32 : il existe un facteur 2 entre le chiffre le *plus bas* de la fourchette *moyenne* donnée par G. Kamiya (0,12 kWh ou 56 gCO₂e par heure de vidéo) et le *plus haut* de la fourchette *moyenne* (0,24 kWh ou 114 gCO₂e par heure) ; il existe également un facteur 32 entre le chiffre du *scénario extrême le moins consommateur* modélisé par G. Kamiya (vidéo SD regardée sur smartphone via le Wifi – 0,037 kWh par heure) et celui de son *scénario extrême le plus consommateur* (vidéo 4K regardée sur smartphone via le réseau 4G – 1,199 kWh par heure).
- **Ces incertitudes sont tout à fait cohérentes avec celles observées habituellement dans les modélisations de consommation électrique des systèmes numériques**, les hypothèses et paramètres choisis ayant une très forte incidence sur le résultat final.
- Après correction, notre chiffre reste séparé du chiffre de G. Kamiya d'un écart important (d'un facteur 4 à 7), mais est très proche du chiffre issu du premier article scientifique cité dans l'article de CarbonBrief ([Shehabi, A., et al. \(2014\). The energy and greenhouse-gas implications of internet video streaming in the United States.](#)). Trois facteurs expliquent cette

différence importante entre l'évaluation de G. Kamiya et celle de Shehabi A. et al. avec laquelle notre chiffre corrigé est en cohérence :

- Les gains d'efficacité énergétique d'origine technologique quant à la transmission de données sont importants d'une année sur l'autre, notamment dans les infrastructures réseaux et les centres de données ;
- Certaines estimations par l'AIE des consommations énergétiques mondiales du numérique sont inférieures à celles issues d'autres études (dont la consommation électrique des centres de données, comme détaillé dans la suite de ce document) ;
- L'amélioration de l'efficacité énergétique des procédés de transmission de données (qui a tendance à diminuer la consommation d'énergie associée au transfert d'une minute de vidéo) est une dynamique concurrente de l'augmentation rapide des débits moyens et volumes moyens des contenus vidéo avec la généralisation des haute et très haute définitions (qui a tendance à augmenter l'énergie associée au transfert d'une minute de vidéo).

4/ Dans la dernière partie de son article, G. Kamiya s'inquiète de l'explosion des usages vidéo et de la consommation d'énergie que cela entraîne (il souligne notamment l'évolution de la consommation électrique de Netflix dont l'augmentation s'élèverait à 84 % entre 2018 et 2019). Bien qu'il existe des divergences dans nos modélisations, nous sommes donc bien en ligne sur les constats macroscopiques et la nécessité de contrôler les dynamiques de notre système numérique avec rigueur. Le gros du sujet reste en effet le rythme de croissance effréné du système numérique, qui fait aujourd'hui plus qu'absorber les gains d'efficacité obtenus grâce au progrès technologiques. G.Kamiya conclut que *« ce qui est incontestable, c'est la nécessité de surveiller de près la croissance explosive des [...] technologies et services numériques pour s'assurer que la société en tire un maximum de bénéfices, tout en minimisant les conséquences négatives – notamment sur la consommation d'électricité et les émissions de carbone »*.

Et en effet, choisir de ne pas intégrer les contraintes du monde fini dans la construction et l'arbitrage de nos usages c'est prendre le risque qu'elles s'appliquent aléatoirement : c'est ce que nous écrivions en 2019 en conclusion de notre rapport [« Climat, l'insoutenable usage de la vidéo »](#). Qu'elles soient climatiques ou énergétiques, les crises exogènes éprouvent la résilience de tous nos systèmes, sans épargner le numérique – les crises sanitaires aussi, nous en avons depuis quelques mois une expérience planétaire avec les conséquences de la crise du COVID-19. Dans le monde qui est le nôtre XXI^{ème} siècle, il serait ainsi malavisé de ne pas piloter notre système numérique de manière éclairée.

Maxime Efoui-Hess et Jean-Noël Geist, pour The Shift Project
Contact : jean-noel.geist@theshiftproject.org | 06 95 10 81 91

Commentaire de l'article de G. Kamiya sur CarbonBrief par *The Shift Project*

(<https://www.carbonbrief.org/factcheck-what-is-the-carbon-footprint-of-streaming-video-on-netflix>)

Chaque encadré gris comme celui-ci répond au paragraphe ou aux paragraphes du dessus.

Chacune des trois couleurs utilisées pour le texte correspond à une catégorie de commentaires :

- en **bleu**, les commentaires afférents à la question de la **consommation énergétique des infrastructures réseaux** ;
- en **violet** les commentaires afférents à la question du **bitrate** ;
- en **noir** les commentaires plus généraux ou concernant d'**autres** questions spécifiques.

Factcheck: What is the carbon footprint of streaming video on Netflix?

Guest post on CarbonBrief – Factchecks, by: [George Kamiya](#), digital/energy analyst at the [International Energy Agency](#) in Paris. Published: 25.02.2020 | 1:08pm

The use of streaming video is growing exponentially around the world. These services are associated with energy use and carbon emissions from devices, network infrastructure and data centres.

Yet, contrary to a slew of recent misleading media coverage, the climate impacts of streaming video remain relatively modest, particularly compared to other activities and sectors.

Drawing on analysis at the [International Energy Agency \(IEA\)](#) and other credible sources, we expose the flawed assumptions in one widely reported estimate of the emissions from watching 30 minutes of Netflix. These exaggerate the actual climate impact by 30- to 60-times.

The Shift Project : Les chiffres donnés par le *Shift* n'ont jamais eu vocation à quantifier les émissions d'un acteur en particulier, mais visent à éclairer le lien entre les usages numériques et l'infrastructure qui les permet, dans le système numérique. Notre approche est macroscopique et implique donc des hypothèses moyennées qui servent à décrire les mécanismes *en moyenne* de la vidéo en ligne mais sont de fait incompatibles avec une description rigoureuse d'un cas particulier (comme celui de Netflix). Bien que nous n'ayons pas imaginé que nos chiffres puissent être utilisés comme cela, nous devons nous rendre à l'évidence : ils ont été régulièrement utilisés pour décrire des usages du streaming en particulier, et en l'occurrence dans l'article de CarbonBrief l'usage du streaming sur la plateforme spécifique qu'est Netflix.

Notamment, contrairement au raccourci fait dans certaines des reprises médiatiques qui ont suivi, notre estimation donnée dans l'[interview](#)* ne concernait pas le cas particulier de Netflix mais 30 minutes de vidéo en streaming quel que soit la plateforme ou le type d'usage du streaming, c'est à dire en moyenne tous usages du streaming confondus, à donc interpréter avec toutes les précautions nécessaires lorsque l'on parle *en moyenne*.

* L'interview initiale a été faite par l'AFP, et reprise notamment par France 24 : <https://www.france24.com/en/20191028-chill-your-netflix-habit-climate-experts-say>

The relatively low climate impact of streaming video today is thanks to rapid improvements in the energy efficiency of data centres, networks and devices. But slowing efficiency gains, rebound effects and new demands from emerging technologies, including [artificial intelligence](#) (AI) and [blockchain](#), raise increasing concerns about the overall environmental impacts of the sector over the coming decades.

The Shift Project : Il est important de différencier l'impact unitaire de l'impact agrégé : il est en effet possible de dire que le visionnage d'une vidéo en streaming possède un impact relativement faible, mais cela ne signifie pas que l'impact agrégé du streaming vidéo dans son ensemble le soit. La consommation de vidéos dans le monde est massive (la vidéo représente aujourd'hui près de 80 % du trafic mondial de données) et se développe depuis plusieurs années selon des dynamiques fortes et engendrent de fait des impacts grandissants (hausse de la qualité de la vidéo, de la taille des écrans, extension du support vidéo à de nouveaux usages et domaines comme la musique, le mail, les sites de presse écrite, la radio etc.).

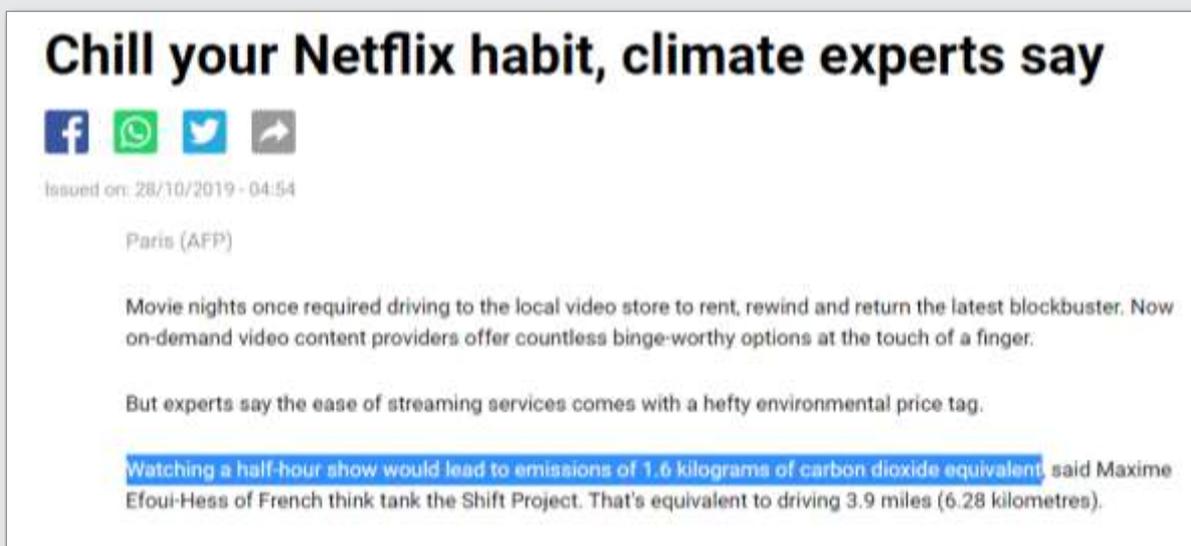
Misleading media

A number of recent media articles, including in the [New York Post](#), [CBC](#), [Yahoo](#), [DW](#), [Gizmodo](#), [Phys.org](#) and [BigThink](#), have repeated a claim that “the emissions generated by watching 30 minutes of Netflix [1.6 kg of CO₂] is the same as driving almost 4 miles”.

The figures come from a [July 2019 report](#) by the [Shift Project](#), a French thinktank, on the “unsustainable and growing impact” of online video. The report said streaming was responsible for more than 300m tonnes of CO₂ (MtCO₂) in 2018, equivalent to [emissions from France](#).

The Shift Project : En fait, parmi les « the figures » un chiffre (celui de 1.6 kgCO₂e pour 30 minutes de vidéo) provient d'une [interview](#), et non d'une publication du *Shift*.

Lors de cette interview, un collaborateur du *Shift* a réalisé, à la demande du journaliste qui souhaitait connaître la consommation de 30 minutes de vidéo, un calcul de tête sur 30 minutes de vidéo en ligne (en moyenne), en ayant le tableur Excel sous les yeux. Or le modèle n'est pas fait pour répondre à ce type de question (le modèle est construit pour évaluer des dynamiques macroscopiques, en moyenne, et n'est pas applicable à des usages précis particuliers) ; c'est à ce moment que l'erreur sur le bitrate (une erreur de conversion des bits en octets, qui correspond à une division par 8 du bitrate) comprise dans le tableur a induit une erreur sur le résultat pour les 30 minutes de vidéo.



Article de [France 24](#) comprenant le chiffre sur la vidéo en ligne en moyenne et dont le titre a pu induire à la fois d'autres médias et G. Kamiya en erreur quant au périmètre du chiffre : « misleading media » en effet.

Ce chiffre, « impact de 30 minutes de vidéo », n'a été calculé et mentionné que lors de l'interview, et n'est en fait pas lié à ceux publiés dans nos rapports, pour lesquels la méthode de calcul est différente. Les autres chiffres, globaux, qui ont pu être cités dans les articles proviennent eux effectivement des deux rapports du *Shift* de 2018 et 2019 et des tableurs Excel correspondants, tous disponibles en ligne.

The Shift Project's report continues to influence media coverage, including articles published earlier this month by the [Guardian](#) and [Thomson Reuters Foundation](#).

The Shift Project's "3.2kgCO₂ per hour" estimate is around eight times higher than a [2014 peer-reviewed study](#) on the energy and emissions impacts of streaming video.

That 2014 study found streaming in the US in 2011 emitted 0.42kgCO₂e per hour on a lifecycle basis, including "embodied" emissions from manufacture and disposal of infrastructure and devices. Emissions from operations – comparable in scope to the Shift Project analysis – accounted for only 0.36kgCO₂e per hour.

The Shift Project (sur le bitrate) : En corrigeant l'erreur du bitrate (erreur de conversion des bits en octets, soit une division par un facteur 8), notre modèle « 1byte », utilisé pour nos calculs et [disponible en ligne](#), aboutit à un impact de 0,40 kgCO₂e par heure de vidéo visionnée, ce qui est en accord avec ce premier article cité par G. Kamiya ([Shehabi, A., et al. \(2014\). The energy and greenhouse-gas implications of internet video streaming in the United States.](#)).

La coïncidence des deux chiffres entre eux démontre que l'ordre de grandeur du résultat ici calculé par notre modèle est cohérent (une fois retranchée l'erreur du bitrate, donc). Une certaine prudence n'est cependant pas exclue quant à leur interprétation : cela ne change en effet pas le fait que notre modèle ne soit pas conçu pour le type de calcul nécessaire à évaluer précisément les émissions d'une vidéo de Netflix (ce qui consiste à évaluer l'impact d'un usage ponctuel et particulier). De plus, l'article de [Shehabi, A. et al.](#) datant de 2014, la validité de cette comparaison doit être étudiée à la lumière de deux évolutions concurrentes : les gains en efficacité énergétique forts issus des avancées technologiques de ces dernières années sur la transmission de données, et l'augmentation très importante du poids moyen d'une vidéo avec la généralisation des contenus de haute définition -HD et UHD.

Because the energy efficiency of data centres and [networks is improving rapidly](#) – [doubling every couple of years](#) – energy use and emissions today will be even lower.

The Shift Project (sur la consommation énergétique des réseaux) : L'efficacité énergétique des serveurs progresse bien d'année en année, donc l'énergie dépensée pour transmettre 1 GB baisse effectivement. Cependant, les estimations de consommation énergétiques réalisées dans notre rapport de 2018 ([Lean ICT – Pour une sobriété numérique, 2018](#)) et les sources qui y sont citées apportent deux nuances :

- L'efficacité énergétique de la transmission de données au total progresse de 10 à 15% par an. L'une des limites identifiées – à ce stade de nos réflexions – quant à l'amélioration de l'efficacité vient du fait que les avancées réalisées sur les nouveaux serveurs que l'on ajoute dans un data center ne se traduit pas sur les serveurs existants (la durée de vie d'un serveur est de 4 à 5 ans).
- La taille des vidéos augmentant rapidement avec les sauts de résolution (SD à HD, 4K, 8K etc.), l'amélioration de l'efficacité énergétique par GB ne se traduit pas directement en une amélioration de l'efficacité par heure de vidéo (une heure de vidéo à haute résolution pesant davantage qu'une heure à basse résolution).

Looking at electricity consumption alone, the Shift Project figures imply that one hour of Netflix consumes 6.1 kilowatt hours (kWh) of electricity. This is enough to drive a Tesla Model S [more than 30km](#), power an LED lightbulb constantly for a month, or [boil a kettle once a day](#) for nearly three months.

The Shift Project (sur le bitrate) : Avec correction du bitrate (erreur de conversion des bits en octets, qui correspond à une division par 8 du bitrate), notre modèle donne : 0,77 kWh par heure. Cependant ce chiffre est ici donné à simple titre indicatif pour faire comprendre l'importance de l'erreur de bitrate dans ce résultat, notre modèle n'étant pas conçu pour effectuer ce type de calcul, qui consiste à quantifier l'impact d'une action individuelle. L'erreur de bitrate possède un fort impact sur le résultat « consommation électrique associée à 30 minutes de vidéo en ligne », mais reste négligeable sur les résultats macroscopiques publiés dans nos rapports (1 % d'erreur seulement sur l'impact total de la vidéo en ligne). L'impact de cette erreur sur les résultats macroscopiques publiés dans nos rapports est négligeable parce que :

- Le bitrate ne sert qu'à traduire une durée de vidéo en volume de données équivalent, ou un volume de données en une durée de vidéo équivalente (donc vice versa) ;
- La consommation due à l'utilisation des terminaux (consommation liée à la durée du visionnage de la vidéo) est négligeable face à celle due aux infrastructures réseaux (consommation liée au volume de données que représente la vidéo) ;
- Pour calculer, comme l'a fait le collaborateur du *Shift* pour répondre à l'AFP, le chiffre « consommation électrique associée à 30 minutes de vidéo en ligne », on part de la durée de la vidéo pour la traduire en volume de données à l'aide du bitrate. Ainsi une erreur sur le bitrate induit une erreur importante sur le volume de données correspondant et donc une erreur importante (d'un facteur 8) sur la consommation principale, celle des réseaux.
- Au contraire, lors des calculs macroscopiques réalisés dans nos rapports, on part du volume de données (issu des données de Cisco et Sandvine¹) et notre hypothèse n'intervient que pour le traduire en durée de visionnage afin de pouvoir calculer la consommation des terminaux. Ainsi une erreur sur le bitrate induit une erreur uniquement sur la consommation des terminaux, qui est négligeable (environ 1%) au niveau macroscopique.

With users collectively watching [at least 165m hours per day](#), the Shift Project figures imply that Netflix streaming consumes around 370 terawatt hours (TWh) per year, which would be comfortably more than the annual electricity [demand of the UK](#).

The Shift Project (sur le bitrate) : Le chiffre de 370 TWh est effectivement aberrant, mais est issu de la généralisation d'un chiffre unitaire erroné à deux égards :

- Le chiffre contient l'erreur de bitrate (erreur de conversion des bits en bytes, correspondant à un facteur 8 et engendrant une erreur importante sur le chiffre « consommation électrique pour 30 minutes de vidéo en ligne », bien qu'il n'entraîne qu'une erreur très marginale – 1 % d'erreur – dans nos résultats macroscopiques pour la vidéo en ligne au total dans le monde, qui sont ceux publiés dans nos rapports) ;
- Notre modèle n'est pas conçu pour effectuer des calculs quant à des actions individuelles particulières ni quant à des acteurs particuliers comme Netflix, mais uniquement pour effectuer des approches « en moyenne », macroscopiques.

Les chiffres donnés par le *Shift* n'ont jamais eu vocation à quantifier la consommation d'un acteur en particulier, mais visent à éclairer le lien entre les usages numériques et l'infrastructure qui les permet, dans le système numérique. Notre approche est macroscopique et implique donc des hypothèses moyennées qui servent à décrire la situation « en moyenne », mais sont de fait incompatibles avec une description rigoureuse d'un cas particulier comme celui de Netflix. Bien que nous n'ayons pas imaginé que nos chiffres puissent être utilisés comme cela, nous devons nous rendre à l'évidence : ils ont été régulièrement utilisés pour décrire des usages en particulier, et en l'occurrence dans l'article de CarbonBrief l'usage du streaming sur la plateforme spécifique qu'est Netflix.

Notamment, contrairement au raccourci fait dans certaines des reprises médiatiques qui ont suivi, notre estimation donnée dans [l'interview](#) ne concernait pas le cas particulier de Netflix mais 30 minutes de vidéo en streaming quel que soit la plateforme ou le type d'usage du streaming, c'est à dire en moyenne tous usages du streaming confondus, à donc interpréter avec toutes les précautions nécessaires lorsque l'on parle *en moyenne*.

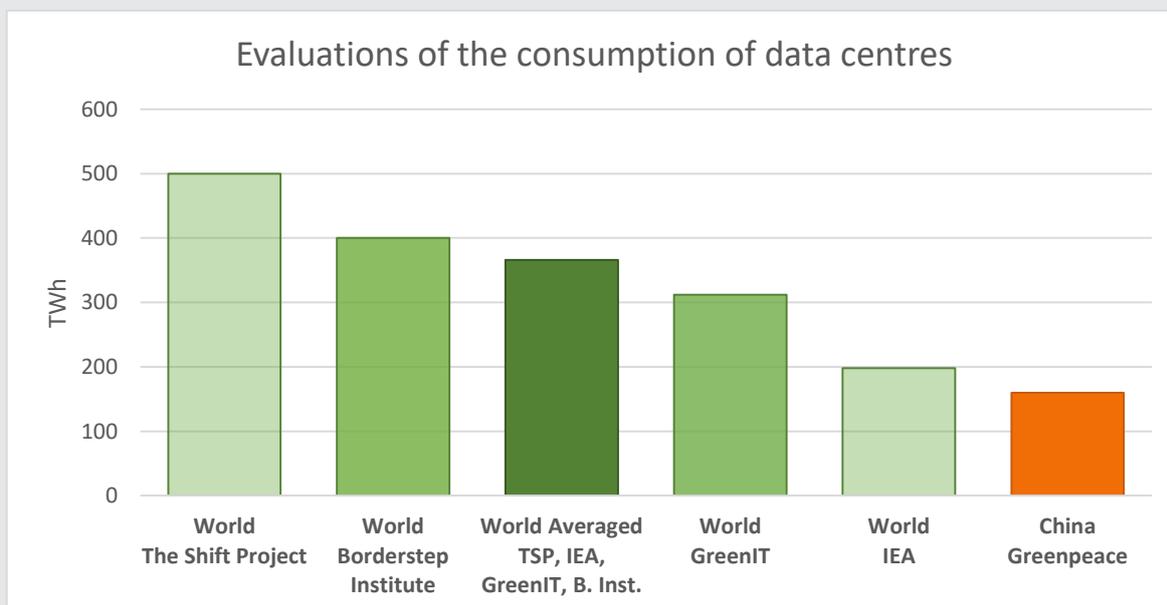
For comparison, these figures are 800-times larger than figures reported by Netflix ([0.45TWh in 2019](#)) and nearly double the estimated electricity use by all data centres globally ([198TWh in 2018](#)). It is clear that the Shift Project figures are too high – but by how much?

The Shift Project (sur le bitrate) : Comme expliqué ci-dessus, le chiffre de 370 TWh de consommation pour Netflix est effectivement aberrant, mais est issu de la généralisation d'un chiffre unitaire erroné à deux égards :

- Le chiffre contient l'erreur de bitrate (erreur de conversion des bits en bytes, correspondant à un facteur 8 et engendrant une erreur importante sur le chiffre « consommation électrique pour 30 minutes de vidéo en ligne », bien qu'il n'entraîne qu'une erreur très marginale – 1 % d'erreur – dans nos résultats macroscopiques pour la vidéo en ligne au total dans le monde, qui sont ceux publiés dans nos rapports). En corrigeant l'erreur du bitrate le chiffre donné par le *Shift* pour 30 minutes de vidéo *en moyenne* ne serait plus que 100 fois plus élevé que celui donné par la plateforme *spécifique* qu'est Netflix ;
- Notre modèle n'est pas conçu pour effectuer des calculs quant à des actions individuelles particulières ni quant à des acteurs *spécifiques* comme Netflix, mais uniquement pour effectuer des approches *en moyenne*, macroscopiques.

The Shift Project (sur la consommation énergétique des réseaux) : L'estimation de l'AIE pour la consommation énergétique mondiale des centres de données est de 198 TWh pour 2018, ce qui est une estimation inférieure à celles d'autres études :

- L'étude [GreenIT](#) de 2019 l'estime à environ 300 TWh ;
- Notre [rapport de 2018](#) l'estime à environ 500 TWh ;
- Une étude du Borderstep Institute l'estime à environ 400 TWh en 2018 ([Hintemann, R. & Hinterholzer, S. \(2019\). Energy Consumption of Data Centers Worldwide – How will the Internet become Green? Presented at ICT4S, Lappeenranta, Finland.](#));
- Une étude basée sur des mesures en Chine ([Greenpeace East Asia and the North China Electric Power University \(2019\). Powering the Cloud: How China's Internet Industry Can Shift to Renewable Energy.](#)) donne 160 TWh pour les seuls data centers chinois.



Comparaisons des estimations de la consommation des centres de données dans le monde, en Chine et Europe en 2018, selon plusieurs études. Sources : The Shift Project, AIE, GreenIT.fr, Greenpeace East Asia, Borderstep Institute.

Au vu de ces différentes études, il apparaît que le chiffre de l'AIE sous-estime vraisemblablement la consommation mondiale des centres de données. Les écarts importants entre les différentes estimations justifient un travail de comparaison des modélisations, des extrapolations et des mesures réalisées. Travail que nous sommes en train de mener à travers de la mise à jour de nos résultats, dont le [rapport intermédiaire](#) a été publié en janvier 2020.

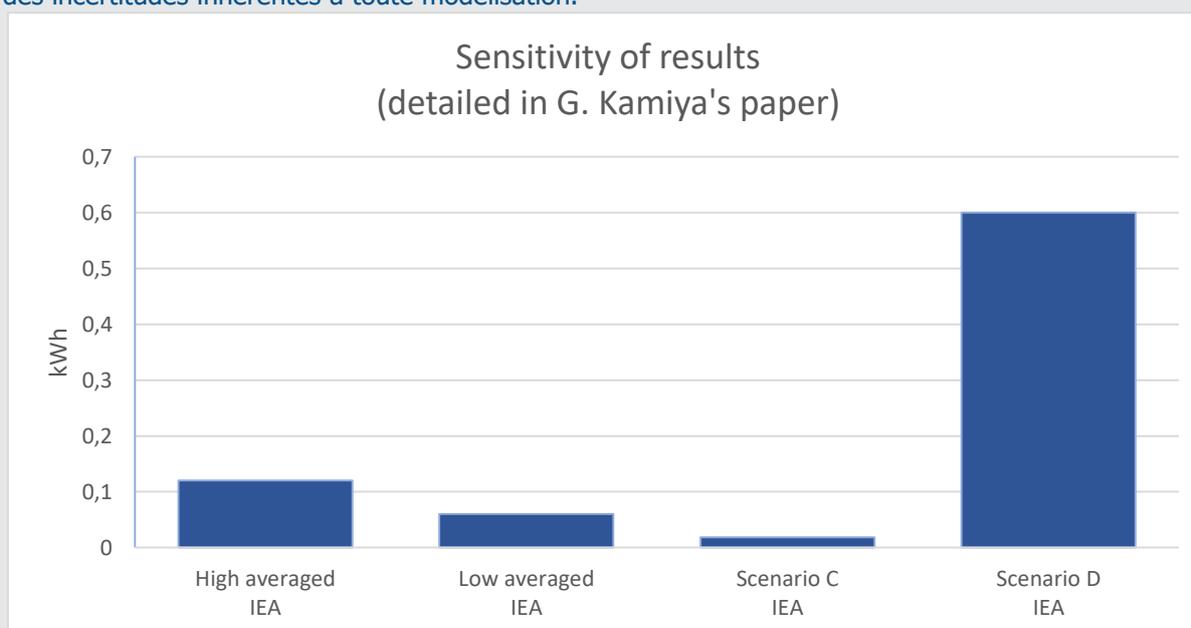
Flawed assumptions

The [assumptions](#) behind the Shift Project analysis (largely based on a [2015 paper](#)) contain a series of flaws, which, taken together, seriously exaggerate the electricity consumed by streaming video.

The Shift Project (sur la consommation énergétique des réseaux) : Les marges d'incertitude intrinsèques des résultats de G. Kamiya sont importantes à avoir en tête pour interpréter correctement les écarts constatés dans la suite de ce document entre les chiffres produits par les différents acteurs (AIE, The Shift Project, Greenpeace East-Asia, GreenIT, etc.) :

- Il existe un facteur 2 entre le chiffre le plus bas de la fourchette moyenne donnée par G. Kamiya (0,12 kWh ou 28 gCO₂e par heure de vidéo) et le plus haut de la fourchette moyenne (0,24 kWh ou 57 gCO₂e par heure) ;
- Il existe également un facteur 32 entre le chiffre du scénario extrême le plus consommateur modélisé par G. Kamiya (vidéo 4K regardée sur smartphone via le réseau 4G – 1,199 kWh par heure) et celui de son scénario extrême le moins consommateur (vidéo SD regardée sur smartphone via le Wifi – 0,037 kWh par heure).

La sensibilité intrinsèque de la modélisation de G. Kamiya amène donc des incertitudes et plages de valeurs de facteur 2 à 32, qui sont dues – comme explicitement détaillé par G. Kamiya dans son article – à la sensibilité forte de ce type de résultats aux hypothèses et paramètres choisis (terminaux, résolution, type de réseau etc.). Cela est tout à fait cohérent avec les incertitudes observées dans les modélisations de consommation électrique des systèmes numériques, et permet de mesurer l'ampleur des incertitudes inhérentes à toute modélisation.



Représentation des incertitudes observées par G. Kamiya lors de sa modélisation. Une différence d'un facteur 2 entre les estimations moyennes (« Low averaged IEA » et « High averaged IEA »), et un facteur 32 entre les estimations extrêmes (« Scenario C IEA » et « Scenario D IEA ») Source : AIE, analyses présentées dans l'article de CarbonBrief, valeurs pour 30 minutes de visionnage.

First, it overestimates bitrate, the amount of data transferred each second during streaming, apparently assuming a figure of 24 megabits per second (Mbps), equivalent to 10.8 gigabytes (GB) per hour. This is six times higher than the [global average bitrate for Netflix in 2019](#) (around 4.1 Mbps or 1.9 GB/hr, [excluding cellular networks](#)) and more than triple the transfer rate of [high-definition](#) (HD, 3 GB/hr). Other typical transfer rates are 7 GB/hr for [ultra-high definition \(UHD/4K\)](#) and 0.7 GB/hr for [standard definition](#) (SD).

The Shift Project : Avec notre hypothèse de 3 Mbps (moyenne prise pour la vidéo en ligne en général), mais en corrigeant l'erreur bit/byte (erreur dans la conversion des bits en octets), on arrive à : 1,4 GB/h. En accord avec les chiffres avancés dans l'article de G. Kamiya, donc.

(In part, this difference stems from a stated assumption of 3Mbps apparently being converted in error to 3 megabytes per second, MBps, with each byte equivalent to eight bits.)

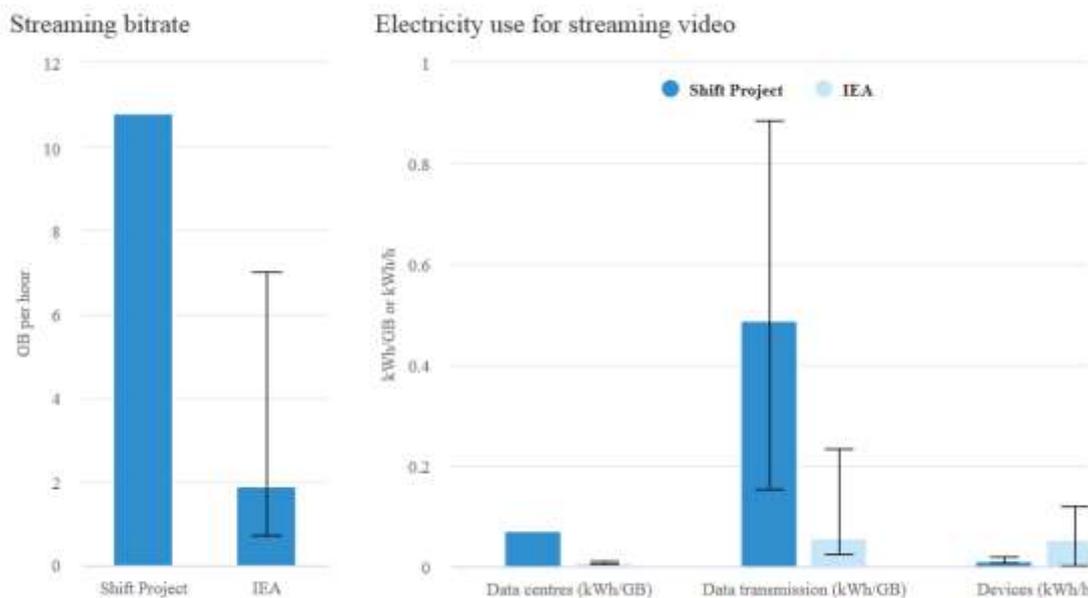
The Shift Project (sur le bitrate) : L'erreur a été faite lors de la construction du modèle conçu lors de la rédaction du rapport de The Shift Project sur la vidéo (2019). Le modèle macroscopique utilisé pour le rapport avait bien entendu fait l'objet de tests de sensibilité (c'est-à-dire des tests qui permettent de vérifier l'impact de chaque hypothèse sur les résultats finaux). L'erreur bit/byte n'est cependant pas apparue dans ces analyses, cela parce que dans le modèle macroscopique elle ne joue que sur la contribution des terminaux, négligeable au global (1 % d'erreur sur les résultats macroscopiques). Ceci explique qu'elle ait pu passer inaperçue dans un premier temps dans l'outil de calcul.

L'erreur de bitrate possède un fort impact sur le résultat « consommation électrique associée à 30 minutes de vidéo en ligne », mais reste négligeable sur les résultats macroscopiques publiés dans nos rapports (1 % d'erreur seulement sur l'impact total de la vidéo en ligne). Cela vient du fait que :

- Le bitrate ne sert qu'à traduire une durée de vidéo en volume de données équivalent, ou un volume de données en une durée de vidéo équivalente (donc vice versa) ;
- La consommation due à l'utilisation des terminaux (consommation liée à la durée du visionnage de la vidéo) est négligeable face à celle due aux infrastructures réseaux (consommation liée au volume de données que représente la vidéo) ;
- Pour calculer, comme l'a fait le collaborateur du Shift pour répondre à l'AFP, le chiffre « consommation électrique associée à 30 minutes de vidéo en ligne », on part de la durée de la vidéo pour la traduire en volume de données à l'aide du bitrate. Ainsi une erreur sur le bitrate induit une erreur importante (d'un facteur 8) sur le volume de données correspondant et donc une erreur importante sur la consommation principale, celle des réseaux.
- Au contraire, lors des calculs macroscopiques réalisés dans nos rapports, on part du volume de données (issu des données de Cisco et Sandvine¹) et notre hypothèse n'intervient que pour le traduire en durée de visionnage afin de pouvoir calculer la consommation des terminaux. Ainsi une erreur sur le bitrate induit une erreur uniquement sur la consommation des terminaux, qui est négligeable (environ 1%) au niveau macroscopique.

Cette erreur n'impacte donc pas les résultats globaux publiés dans le rapport de 2019 (non par chance mais bien parce que le poids de cette hypothèse est négligeable, c'est l'objet des tests de sensibilité). L'erreur a néanmoins eu certaines conséquences : le tableur en ligne a été utilisé par un collaborateur du *Shift* pour réaliser un calcul rapide en interview, visant à répondre à une question à laquelle le modèle n'est en fait pas fait pour répondre (le modèle n'est pas applicable à des quantifications exactes d'actions particulières), ce qui a mené à une erreur importante dans la brève de l'AFP reprise par de nombreux médias ; l'erreur a été repérée par G. Kamiya, qui l'a très justement pointée dans son article sur CarbonBrief, et a été l'occasion pour lui de davantage creuser les hypothèses faites par le Shift. Ces conséquences confirment le fait que notre modèle soit compatible avec une approche macroscopique (« impact total de la vidéo en ligne dans le monde ») mais pas avec une approche centrée sur une action en particulier (« impact d'une vidéo en ligne de 30 minutes »).

The chart below shows each of three ways that the Shift Project overestimated electricity use for streaming video – such as the bitrate – and one area where it underestimated the actual figure. These other errors are described in the text below the chart.



Estimates of data and electricity use for streaming video from the Shift Project and this analysis. Left chart: bitrate, in GB per hour. Right chart: electricity use in data centres (kWh/GB), data transmission networks (kWh/GB) and devices used for viewing (kWh per viewing hour). Source: the Shift Project and IEA analysis. Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

Second, I estimate that the Shift Project analysis overestimates the energy intensity of data centres and [content delivery networks \(CDN\)](#) that serve streaming video to consumers by 7- to 18-fold, relative to figures derived from [2019 Netflix electricity consumption data](#), [Cisco traffic data](#) and [IEA analysis](#).

The Shift Project (sur la consommation énergétique des réseaux) : La différence d'estimation sur la consommation des centres de données compte pour environ 10 % seulement des écarts entre les chiffres du *Shift* et ceux de G. Kamiya.

- Nos chiffres sont une moyenne mondiale sur les centres de données en général, qui n'a jamais eu vocation à pouvoir être appliquée à un cas particulier. Notamment pas celui de Netflix, qui s'appuie sur une infrastructure qui lui est propre et avec des particularités fortes pour l'optimiser.
- Nous ne savons pas à ce stade à quels chiffres l'article fait allusion lorsqu'il parle de leur incompatibilité avec les chiffres de Cisco et de l'AIE. Nous sommes en contact avec G. Kamiya pour éclaircir ce point.

Third, my analysis shows the Shift Project overestimates the energy intensity of data transmission networks by 6- to 17-fold. This is the result of high energy-use assumptions for various access modes – for example, 0.9 kWh/GB for “mobile” compared to my estimate of 0.1-0.2 kWh/GB for 4G mobile in 2019. The Shift Project also assumes a higher share of data transfer through more energy-intensive mobile networks compared to WiFi, which it puts at one-third of the total compared to less than 10% based on [Netflix data](#).

The Shift Project (sur la consommation énergétique des réseaux) : notre estimation de la consommation réseau (telle que présentée dans notre rapport de 2018 et les outils de calcul associés) est de 478 TWh en 2017 (de manière cohérente avec le collectif GreenIT qui l'estime à 418 TWh en 2018 - l'écart entre les deux estimations est négligeable pour des évaluations de cet ordre de grandeur, 10^{14} Wh) et celle du trafic est d'environ 1388 EB en 2017, ce qui nous mène à une efficacité énergétique moyenne d'environ 0,3 kWh/GB.

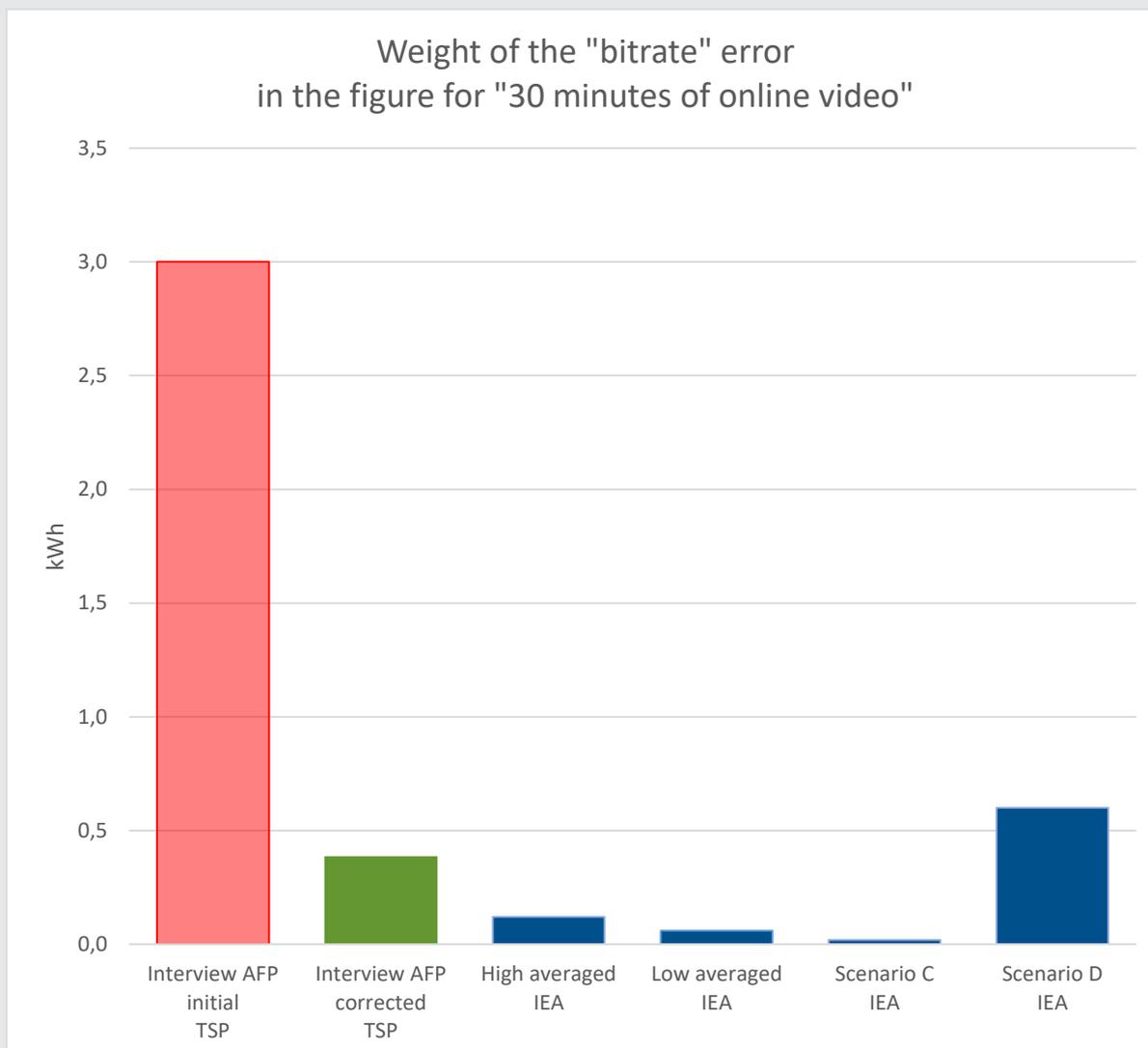
- Pour le réseau mobile, nos chiffres sont d'environ 0,8 kWh/GB en 2017 en sachant qu'il existe une forte amélioration d'une année sur l'autre selon les répartitions entre 4G et 3G.
- Ces chiffres, de la consommation électrique associée à la sollicitation des infrastructures réseau pour le transfert de données, sont les plus importants dans la comparaison de notre approche à celle de G. Kamiya : comme indiqué plus haut, 90 % de l'écart observé vient de ce chiffre de consommation électrique associé aux infrastructures réseau (une fois l'erreur de bitrate corrigé). Il nous manque ici les sources exactes des estimations de G. Kamiya pour comprendre les différences d'hypothèses et d'approche. Nous sommes en contact avec G. Kamiya pour éclaircir ces points.
- Nos chiffres ne surestiment pas les évaluations de consommation par réseau de l'AIE accessibles via le lien inclus dans l'article de G. Kamiya : l'AIE donne 172 TWh pour le réseau mobile en 2018, TSP évalue 97 TWh en 2017 dans son modèle « Forecast Model » du rapport de 2018.
- Nos chiffres sont une moyenne mondiale pour l'ensemble des réseaux et n'ont jamais eu vocation à être appliqués à un cas particulier comme Netflix. Ainsi, la répartition des flux selon les réseaux pour les usages Netflix ne sont pas pris en compte dans nos calculs, effectivement.

However, the Shift Project underestimates the energy consumption of devices by some 4- to 7-fold, because it assumes that viewing occurs only on smartphones (50%) and laptops (50%). [According to Netflix](#), 70% of viewing occurs on TVs, which are much more energy-intensive than laptops (15% of viewing), tablets (10%), and smartphones (5%).

The Shift Project (sur la consommation énergétique des réseaux) : Comme pour les centres de données et les réseaux, nos chiffres sont une moyenne mondiale pour l'ensemble des terminaux et n'ont jamais eu vocation à être appliqués à un cas particulier comme Netflix. Ainsi, la répartition des flux selon les terminaux pour les usages Netflix ne sont pas pris en compte dans nos calculs, effectivement.

Taken together, my analysis suggests that streaming a Netflix video in 2019 typically consumed 0.12-0.24kWh of electricity per hour, some 25- to 53-times less than estimated by the Shift Project, as shown in the chart, below left. The results are highly sensitive to the choice of viewing device, type of network connection and resolution, as shown in the chart, below right.

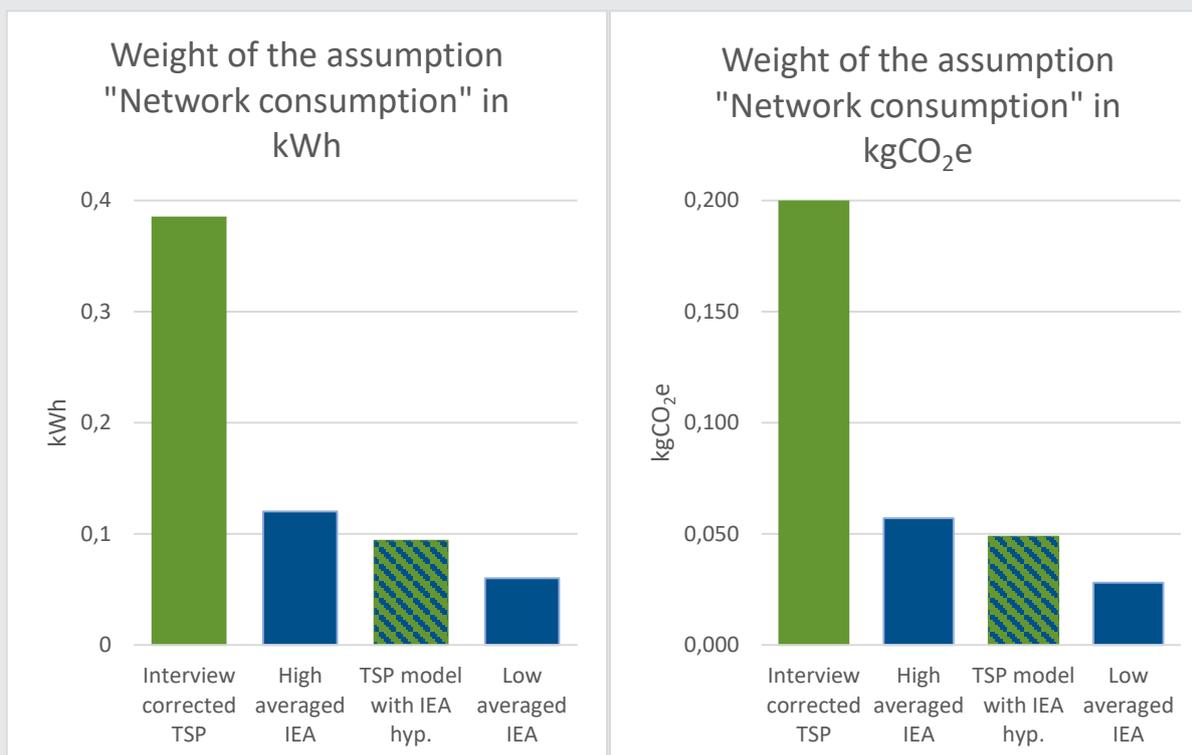
The Shift Project (sur le bitrate) :



Effet de la correction de l'erreur de bitrate (erreur de conversion entre bit et byte) sur l'écart entre les modélisations de The Shift Project et de G. Kamiya. La correction permet de diminuer de 90 % l'écart entre les deux approches. « Interview initial TSP » : chiffre issu de l'interview du collaborateur de The Shift Project (3 kWh ou 1,6 kgCO₂e par 30 min.). « Interview corrected TSP » : chiffre calculé avec le modèle et les hypothèses de The Shift Project, mais en corrigeant l'erreur de conversion commise dans le bitrate (0,4 kWh ou 200 gCO₂e par 30 min.). « High averaged IEA » : estimation haute de la fourchette de valeur moyenne calculée par G. Kamiya (0,12 kWh ou 57 gCO₂e par 30 min.). « Low averaged IEA » : estimation basse de la fourchette de valeur moyenne calculée par G. Kamiya (0,06 kWh ou 28 gCO₂e par 30 min.). « Scenario C IEA » : estimation de G. Kamiya pour le scénario de visionnage 'sur smartphone, en WIFI et en basse définition' (0,018 kWh par 30 min.). « Scenario D IEA » : estimation de G. Kamiya pour le scénario de visionnage 'sur smartphone, en 4G et en ultra haute définition (4K)' (0,60 kWh par 30 min.).

Avec correction du bitrate (erreur dans la conversion des bits en octets, correspondant à une division par 8 du bitrate), notre modèle donne : 0,4 kWh par 30 minutes, soit 3 à 6 fois les estimations de G. Kamiya. A mettre en regard avec le fait que ses propres estimations varient d'un facteur 2 (entre les valeurs de sa fourchette moyenne) à 32 (entre les valeurs de ses scénarios extrêmes) de par les incertitudes de sa modélisation.

L'erreur sur le bitrate (erreur de conversion des bits en octet, qui correspond à une division par un 8 du bitrate) est responsable de près de 90 % de l'écart constaté dans l'article de CarbonBrief.

The Shift Project (sur la consommation énergétique des réseaux) :

Effet de la correction de l'erreur de bitrate (erreur de conversion entre bit et byte) sur l'écart entre les modélisations de The Shift Project et de G. Kamiya. La correction permet de diminuer de 90 % l'écart entre les deux approches. « Interview corrected TSP » : chiffre calculé avec le modèle et les hypothèses de The Shift Project, mais en corrigeant l'erreur de conversion commise dans le bitrate. « High averaged IEA » : estimation haute de la fourchette de valeur calculée par G. Kamiya. « Low averaged IEA » : estimation basse de la fourchette de valeur calculée par G. Kamiya. « TSP model with IEA hyp. » : chiffre calculé avec le modèle et les hypothèses de The Shift Project, mais en corrigeant l'erreur de conversion commise dans le bitrate et en remplaçant l'hypothèse de consommation électrique réseau de The Shift Project (0,488 kWh/GB) par celle de G. Kamiya (0,058 kWh/GB).

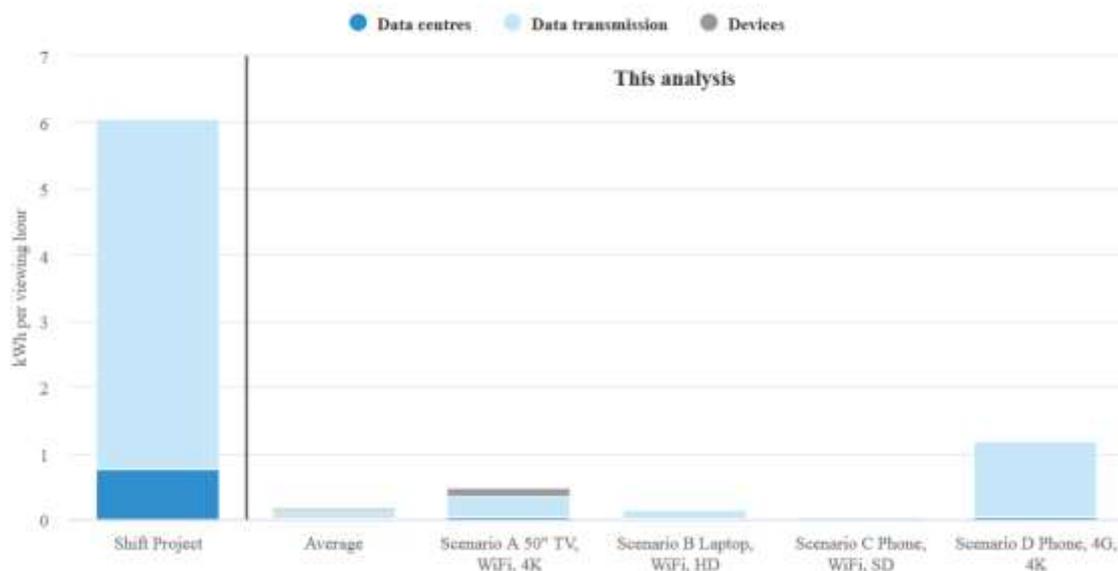
Le chiffre de consommation électrique des infrastructures réseau (kWh/byte de données transféré) représente 90 % à 100% des écarts qu'il reste.

C'est-à-dire qu'en gardant notre méthodologie de calcul après avoir rectifié l'erreur de bitrate, le simple fait de remplacer notre chiffre (0,488 kWh/GB) par celui de G. Kamiya (0,058 kWh/GB – cf. 1^{ère} figure de l'article) dans notre modélisation aboutit à des chiffres se situant dans l'intervalle de validité défini par G. Kamiya :

- 0,094 kWh/30 min (compris dans l'intervalle de l'IEA : 0,06 à 0,12 kWh/30 min)
- 0,049 kgCO₂e/30 min (compris dans l'intervalle de l'IEA : 0,028 à 0,057 kgCO₂e/30 min)

Cela signifie que la discussion scientifique est dans cette hypothèse (consommation électrique des infrastructures réseau, soit le nombre de kWh/byte de données transféré) avant tout. Et c'est précisément l'objectif du travail de mise à jour des résultats de nos scénarios, prévue dans la nouvelle phase de nos travaux sur le numérique, dont le [rapport intermédiaire](#) a été publié en janvier. Les autres hypothèses ont des effets intéressants mais moins déterminants pour le résultat final.

Electricity use of streaming video



Average electricity use per hour of streaming video (kWh) according to the Shift Project (leftmost bar) and this article's analysis (second left bar). A series of scenarios for viewing device, network connection and video resolution are also shown on the right. Source: the Shift Project and IEA analysis. Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

For example, a 50-inch LED television consumes much more electricity than a smartphone (100 times) or laptop (5 times). Streaming through 4G mobile networks consumes about four times as much electricity than through WiFi.

The Shift Project : Nous sommes entièrement d'accord sur ces analyses qualitatives, c'est d'ailleurs l'objet des résultats de notre [rapport de 2018](#) :

- Le [Référentiel Environnemental du Numérique \(REN\)](#), dans lequel sont rassemblées les évaluations des consommations de différents types de terminaux.
- Le [modèle « 1byte »](#), dont il est question ici, dans lequel nous aboutissons au même type d'écart entre WIFI en 4G (avec une estimation du réseau mobile six fois plus consommateur que le WIFI).

Because phones are extremely energy efficient, data transmission accounts for nearly all the electricity consumption when streaming through 4G, especially at higher resolutions (Scenario D). Streaming an hour-long SD video through a phone on WiFi (Scenario C) uses just 0.037 kWh – 170 times less than the estimate from the Shift Project.

The Shift Project (sur la consommation énergétique des réseaux) : Nous sommes entièrement d'accord sur ces analyses qualitatives, nos modèles démontrant la même prédominance de la consommation des infrastructures réseau dans le total, par rapport à la consommation des terminaux notamment (c'est cette prédominance très importante de la consommation « réseaux » sur la consommation « terminaux » qui explique le fait que l'erreur faite sur le *bitrate* lors de la de traduction de notre modèle dans notre outil de calcul ne soit pas apparue lors des tests de sensibilité, et donc qu'elle n'influe pas significativement – 1 % d'erreur – sur les résultats de notre rapport).

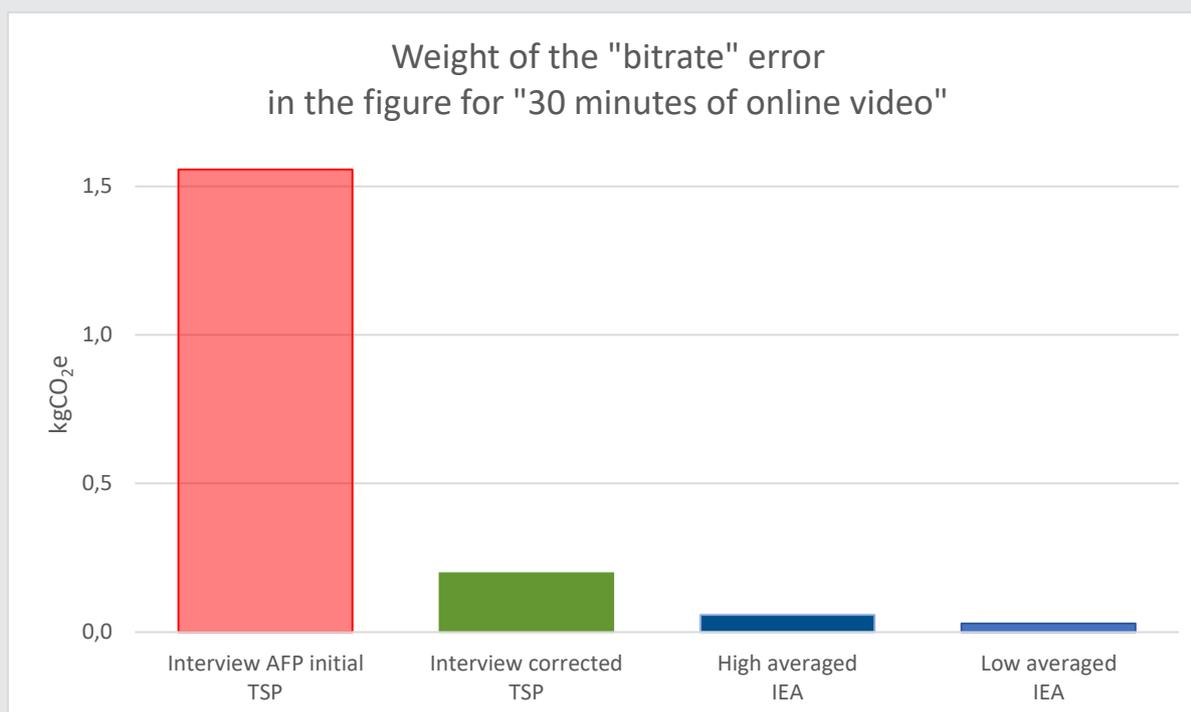
Modest footprint

The carbon footprint of streaming video depends first on the electricity usage, set out above, and then on the CO₂ emissions associated with each unit of electricity generation.

As with other electricity end-uses, such as [electric vehicles](#), this means that the overall footprint of streaming video depends most heavily on [how the electricity is generated](#).

Powered by the current [global average electricity mix](#), streaming a 30-minute show on Netflix would release 0.028-0.057kgCO₂e (28-57 grammes, second column in the chart, below). This is some 27- to 57-times less than the 1.6kg figure from the Shift Project (leftmost column), which was compared with driving four miles (6.4 kilometres).

The Shift Project (sur le bitrate) :



Effet de la correction de l'erreur de bitrate (erreur de conversion entre bit et byte) sur l'écart entre les modélisations de The Shift Project et de G. Kamiya. La correction permet de diminuer de 90 % l'écart entre les deux approches. « Interview AFP initial TSP » : chiffre issu de l'interview du collaborateur de The Shift Project. « Interview AFP corrected TSP » : chiffre calculé avec le modèle et les hypothèses de The Shift Project, mais en corrigeant l'erreur de conversion commise dans le bitrate. « High averaged IEA » : estimation haute de la fourchette de valeurs moyennes calculée par G. Kamiya. « Low averaged IEA » : estimation basse de la fourchette de valeurs moyennes calculée par G. Kamiya

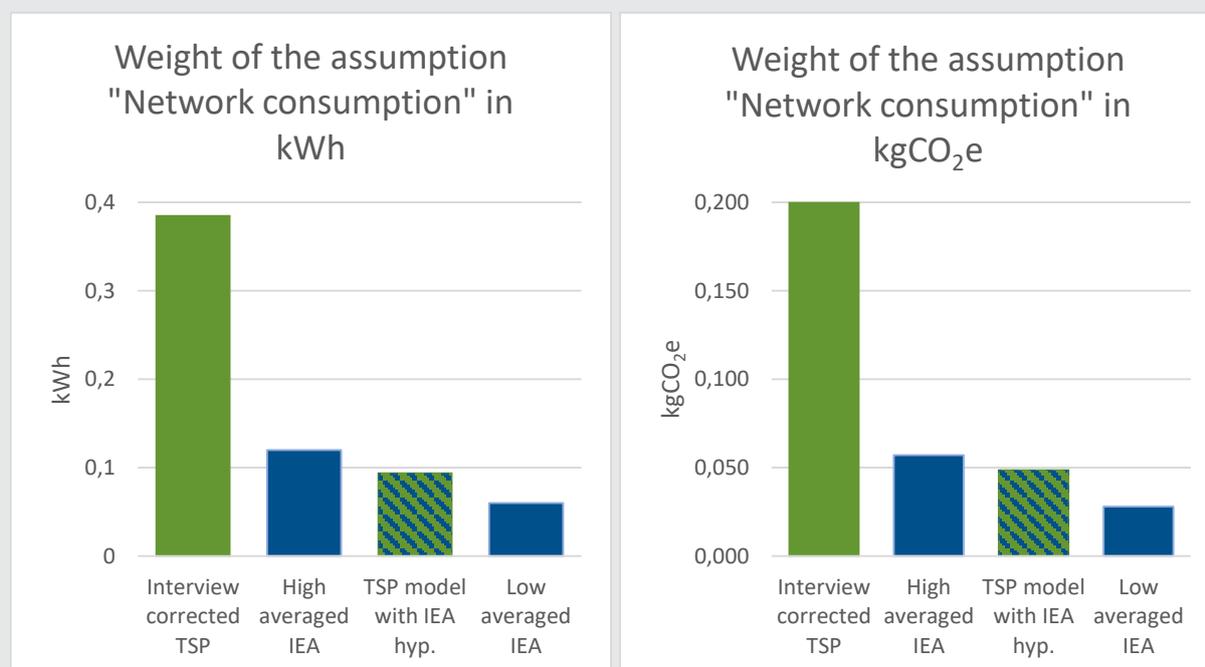
Avec correction du bitrate (erreur dans la conversion des bits en octets, correspondant à une division par 8 du bitrate), notre modèle donne : 0,4 kgCO₂e par heure, soit 4 à 7 fois les estimations de G. Kamiya. A mettre en regard avec le fait que ses propres estimations varient d'un facteur 2 (entre ses estimations moyennes) à 32 (entre ses estimations extrêmes), de par les incertitudes de sa modélisation.

L'erreur sur le bitrate (erreur de conversion des bits en octet, qui correspond à une division par un 8 du bitrate), est responsable de près de 90 % de l'écart constatés dans l'article de CarbonBrief :

- L'écart entre les émissions calculées par G. Kamiya pour une vidéo de 30 minutes et le chiffre d'émissions issu de l'interview du collaborateur de *The Shift Project* (et incluant l'erreur de bitrate) est de 1,500 à 1,529 kgCO₂e ;
- Une fois l'erreur de bitrate corrigée, l'écart entre ces deux calculs n'est plus que de 0,143 à 0,172 kgCO₂e.

Cette erreur de bitrate est ainsi la première cause de divergence entre les résultats de G. Kamiya et ceux de *The Shift Project*, ce qui s'explique par le fait qu'elle possède un fort impact sur le résultat « consommation électrique associée à 30 minutes de vidéo en ligne », bien qu'elle reste négligeable sur les résultats macroscopiques publiés dans nos rapports (1 % d'erreur seulement sur l'impact total de la vidéo en ligne). Cela vient du fait que :

- Le bitrate sert à traduire une durée de vidéo en volume de données équivalent, et vice-versa ;
- La consommation due à l'utilisation des terminaux (consommation liée à la durée de visionnage) est négligeable face à celle due aux infrastructures réseaux (consommation liée au volume de la vidéo) ;
- Pour calculer le chiffre « consommation électrique associée à 30 minutes de vidéo en ligne », on part de la durée de la vidéo pour la traduire en volume de données à l'aide du bitrate. Ainsi une erreur sur le bitrate induit une erreur importante sur le volume de données correspondant et donc une erreur importante sur la consommation principale, celle des réseaux. Au contraire, lors des calculs macroscopiques réalisés dans nos rapports, on part du volume de données (issu des données de Cisco et Sandvine¹) et notre hypothèse n'intervient que pour le traduire en durée de visionnage afin de pouvoir calculer la consommation des terminaux. Ainsi une erreur sur le bitrate induit une erreur uniquement sur la consommation des terminaux, qui est négligeable au niveau macroscopique.



Effet de la correction de l'erreur de bitrate (erreur de conversion entre bit et byte) sur l'écart entre les modélisations de The Shift Project et de G. Kamiya. La correction permet de diminuer de 90 % l'écart entre les deux approches. « Interview corrected TSP » : chiffre calculé avec le modèle et les hypothèses de The Shift Project, mais en corrigeant l'erreur de conversion commise dans le bitrate. « High averaged IEA » : estimation haute de la fourchette de valeurs moyennes calculée par G. Kamiya . « Low averaged IEA » : estimation basse de la fourchette de valeurs moyennes calculée par G. Kamiya . « TSP model with IEA hyp. » : chiffre calculé avec le modèle et les hypothèses de The Shift Project, mais en corrigeant l'erreur de conversion commise dans le bitrate et en remplaçant l'hypothèse de consommation électrique réseau de The Shift Project (0,488 kWh/GB) par celle de G. Kamiya (0,058 kWh/GB).

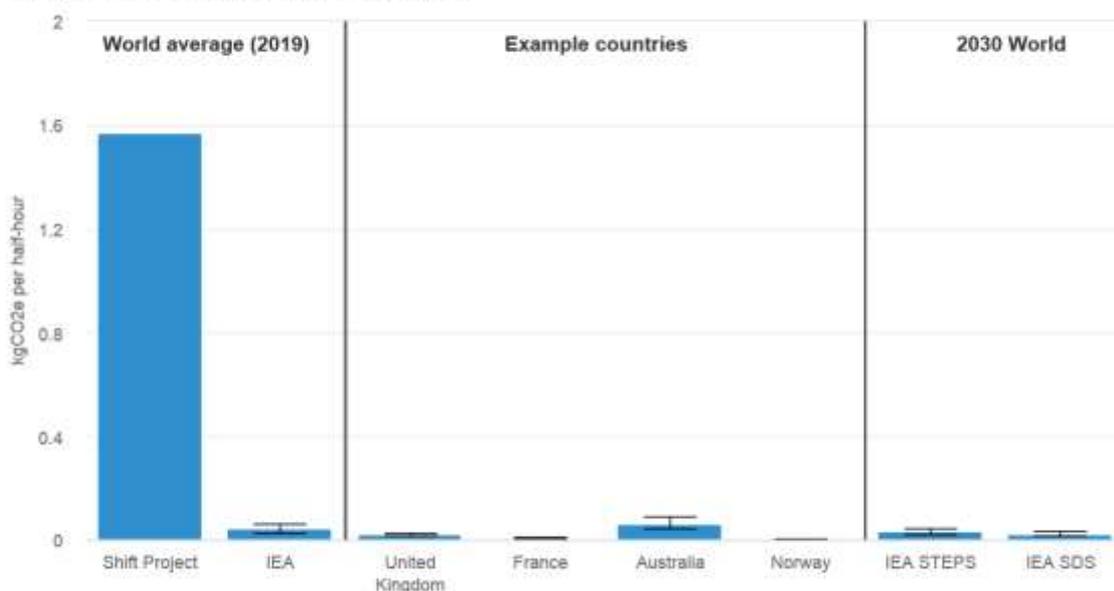
Le chiffre de consommation électrique des infrastructures réseau (kWh/byte de données transféré) représente 90 % à 100% des écarts qu'il reste. C'est-à-dire qu'en gardant notre méthodologie de calcul après avoir rectifié l'erreur de bitrate, le simple fait de remplacer notre chiffre (0,488 kWh/GB) par celui de G. Kamiya (0,058 kWh/GB – cf. 1ère figure de l'article) dans notre modélisation aboutit à des chiffres se situant dans l'intervalle de validité défini par G. Kamiya :

- 0,094 kWh/30 min (compris dans l'intervalle de l'IEA : 0,06 à 0,12 kWh/30 min)
- 0,049 kgCO₂e/30 min (compris dans l'intervalle de l'IEA : 0,028 à 0,057 kgCO₂e/30 min)

Cela signifie que la discussion scientifique est dans cette hypothèse (consommation électrique des infrastructures réseau, soit le nombre de kWh/byte de données transféré) avant tout. Et c'est précisément l'objectif du travail de mise à jour des résultats de nos scénarios, prévue dans la nouvelle phase de nos travaux sur le numérique, dont le [rapport intermédiaire](#) a été publié en janvier 2020. Les autres hypothèses ont des effets intéressants mais moins déterminants pour le résultat final.

Les résultats de G. Kamiya reviennent à utiliser un mix mondial de 467 à 474 gCO₂e/kWh, ce qui est une version plus récente des chiffres de l'AIE que nous avons également utilisé pour notre calcul, qui sont donc en accord : 519 gCO₂e/kWh – les écarts entre ces trois valeurs numériques sont en effet un écart suffisamment faible pour être non-significatif, au vu des incertitudes sur les évaluations des intensités carbone de la génération d'électricité selon les mix électriques.

The carbon footprint of streaming video



Global average carbon emissions per half-hour of streaming video (kgCO₂e) according to the Shift Project (leftmost bar) and this article's analysis (second left bar). A series of scenarios for country-level electricity systems and future global pathways are also shown on the right. Source: the Shift Project and IEA analysis. Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

To put it in context, my updated estimate for the average carbon footprint of a half-hour Netflix show is equivalent to driving around 200 metres in a conventional car.

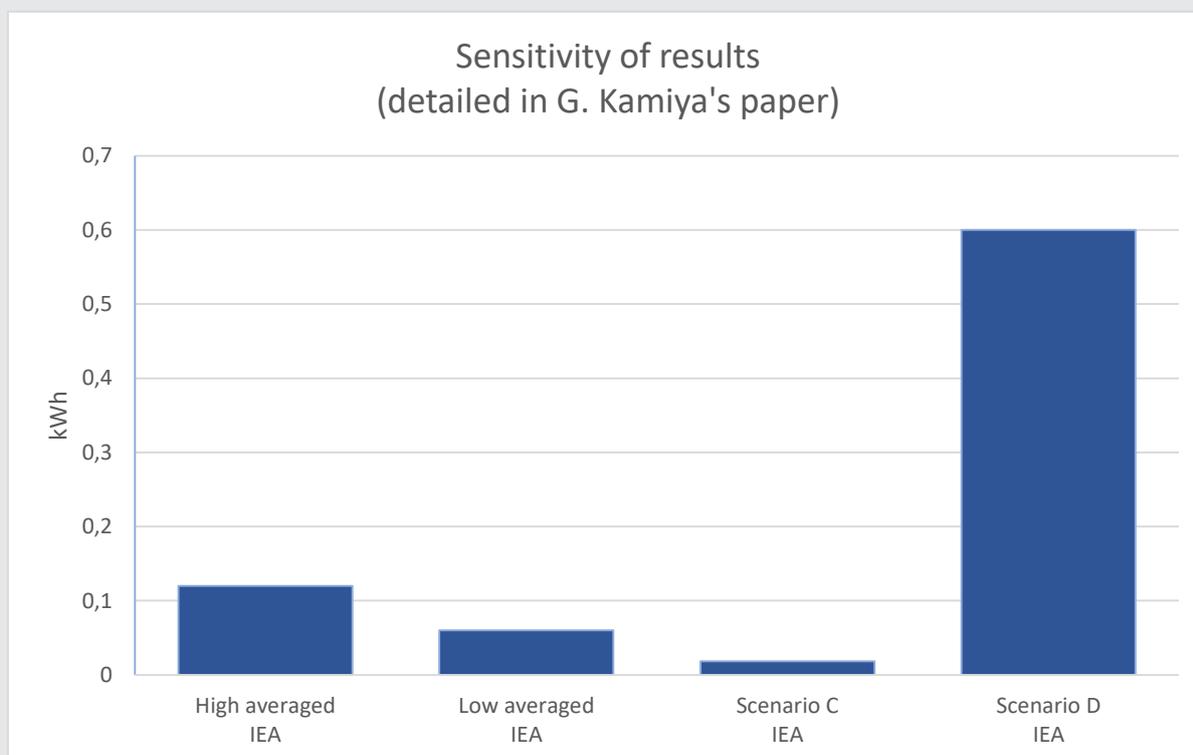
The Shift Project (sur le bitrate) : Avec correction du bitrate (erreur dans la conversion des bits en octets), notre modèle donne 0,200 kgCO₂e par 30 minutes. En prenant un facteur d'émission d'environ 200 gCO₂e/km (en cohérence avec le facteur pris par G. Kamiya vraisemblablement situé entre 140 et 285 gCO₂e/km), nous parvenons à une équivalence d'environ 1 km en voiture, soit 5 fois l'estimation de G. Kamiya.

Cet écart est à mettre en regard d'une part avec le fait que les estimations de G. Kamiya varient elles-mêmes d'un facteur 2 (entre les valeurs de sa fourchette moyenne) à 32 (entre les valeurs de ses scénarios extrêmes), de par les incertitudes intrinsèques de la modélisation (ce qui est tout à fait cohérent avec les incertitudes observées dans les modélisations de consommation électrique des systèmes numériques), d'autre part avec le fait que notre modèle n'est pas dimensionné pour quantifier les impacts liés à des actions particulières : il est conçu pour effectuer des évaluations macroscopiques pour lesquelles les hypothèses moyennes ont un sens.

The Shift Project (sur la consommation énergétique des réseaux) : Les marges d'incertitude intrinsèques des résultats de G. Kamiya sont importantes à avoir en tête pour interpréter correctement les écarts constatés dans la suite de ce document entre les chiffres produits par les différents acteurs (AIE, The Shift Project, Greenpeace East-Asia, GreenIT, etc.) :

- Il existe un facteur 2 entre le chiffre le plus bas de la fourchette *moyenne* donnée par G. Kamiya (0,12 kWh ou 28 gCO_{2e} par heure de vidéo) et le plus haut de la fourchette *moyenne* (0,24 kWh ou 57 gCO_{2e} par heure) ;
- Il existe également un facteur 32 entre le chiffre du scénario extrême *le moins* consommateur modélisé par G. Kamiya (vidéo SD regardée sur smartphone via le Wifi – 0,037 kWh par heure) et celui de son scénario extrême *le plus* consommateur (vidéo 4K regardée sur smartphone via le réseau 4G – 1,199 kWh par heure).

La sensibilité intrinsèque de la modélisation de G. Kamiya amène donc des incertitudes et plages de valeurs de facteur 2 à 32, qui sont dues – comme explicitement détaillé par G. Kamiya dans son article – à la sensibilité forte de ce type de résultats aux hypothèses et paramètres choisis (terminaux, résolution, type de réseau etc.). Cela est tout à fait cohérent avec les incertitudes observées dans les modélisations de consommation électrique des systèmes numériques, et permet de mesurer l'ampleur des incertitudes inhérentes à toute modélisation.



Représentation des incertitudes observées par G. Kamiya lors de sa modélisation. Une différence d'un facteur 2 entre les estimations moyennes (« High averaged IEA » et « Low averaged IEA »), et un facteur 32 entre les estimations extrêmes (« Scenario C IEA » et « Scenario D IEA ») Source : AIE, analyses présentées dans l'article de CarbonBrief, valeurs pour 30 minutes de visionnage.

But as the chart above shows, this figure depends heavily on the generation mix of the country in question. In France, where [around 90% of electricity comes from low-carbon sources](#), the emissions would be around 4gCO₂e, equivalent to 20 metres of driving.

Using country average emission factors may still overestimate emissions, particularly from data centres. Technology firms operating large data centres are leaders in corporate procurement of clean energy, accounting for about [half of renewable power purchase agreements](#) in recent years.

The Shift Project : Notre approche est, encore une fois, en moyenne mondiale et ne prend donc pas en compte les implantations géographiques des centres de données. Un trajet moyen de la donnée étant impossible à déterminer, puisqu'il dépend trop des infrastructures inhérentes à l'usage considéré (par exemple, Netflix), notre approche a choisi de rester sur une moyenne mondiale pour rester en ligne avec l'objectif de nos modélisations : décrire correctement les dynamiques macroscopiques, sans que cela ne soit applicable tel quel à un cas particulier comme une consommation d'un contenu Netflix en France.

L'approvisionnement en énergie renouvelable des centres de données ne doit pas nous affranchir d'une réflexion sur le développement des usages :

- L'achat d'électricité verte ne permet pas d'approvisionner le centre de données directement avec des énergies renouvelables, il permet de financer le développement de nouvelles sources de génération renouvelables. Cependant, cela n'a d'effet positif sur les émissions nettes que si chaque ouverture de centrale à énergie faiblement carbonée entraîne la fermeture d'une centrale à énergie fortement carbonée.
- Le développement très rapide et très important des usages entraîne celui des infrastructures matérielles qui les sous-tendent : infrastructures réseaux, centres de données, terminaux ... Or pour les outils numériques, la phase de production est souvent prédominante de manière très importante (90 % des émissions d'un smartphone sur sa durée de vie viennent de sa production, par exemple).

The electricity mix is also rapidly decarbonising in many parts of the world. For instance, the emissions intensity of electricity in the UK [fell by nearly 60% between 2008 and 2018](#). Compared to [2018 levels](#), global emissions intensity of electricity [falls](#) by around one-fifth by 2030 in the IEA [Stated Policies Scenario](#) and by half in the [Sustainable Development Scenario](#).

The Shift Project : L'article de Carbon Brief évoque la baisse à venir de l'intensité carbone de la production d'électricité et s'appuie, pour justifier une telle baisse, sur les scénarios du World Energy Outlook publiés par l'Agence Internationale de l'Energie.

Le lecteur doit toutefois garder à l'esprit que les scénarios de l'AIE évoqués, comme beaucoup d'autres par ailleurs, présentent des résultats qui doivent être interprétés avec beaucoup de prudence en considérant notamment les limites associées aux hypothèses, comme aux modèles sous-jacents.

Comme le rappellent les conclusions de notre [rapport « Scénarios énergie-climat : Évaluation et Mode d'emploi »](#), [réalisée avec l'Afep en 2019](#), ces limites sont nombreuses : PIB croissant par hypothèse et ne prenant en compte ni l'impact de la transition énergétique ni celui de l'adaptation au changement climatique ; amélioration de l'efficacité énergétique à un rythme n'ayant jamais été observé historiquement (de l'ordre de 3 %/an contre seulement 1 %/an entre 1980 et aujourd'hui) ; non prise en compte de l'effet rebond (ou bien de manière marginale) qui limite pourtant substantiellement – voire totalement – les gains d'efficacité ; et enfin non prise en compte des ruptures profondes (politiques, sociétales, environnementales) qui ne manqueront pas d'affecter notre avenir.

Si la baisse de l'intensité carbone de la production d'électricité est plus que jamais souhaitable, des efforts exceptionnels demeurent à accomplir. C'est pour cette raison notamment que nos hypothèses demeurent en l'état conservatrices.

Digital efficiency

Although the carbon footprint of streaming video remains relatively modest, it might still seem reasonable to expect the overall impact to rise, given exponential increases in usage.

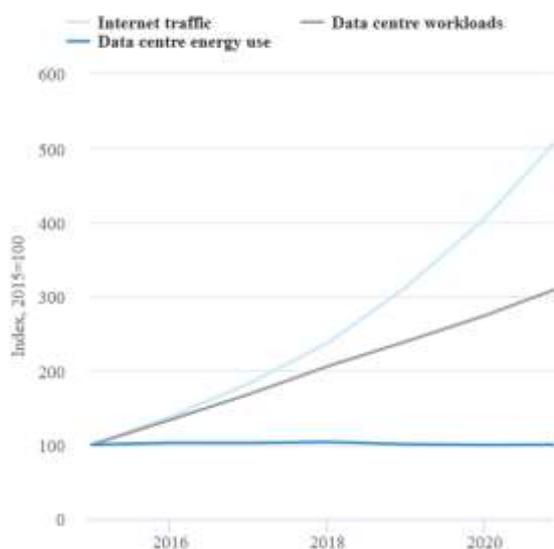
However, there have already been major improvements in the efficiency of computing, described by "[Koomey's Law](#)". This law describes trends in the energy efficiency of computing, which has doubled roughly every 1.6 years since the 1940s – and [every 2.7 years since 2000](#). A similar trend has been observed in data transmission networks, with [energy intensity halving every two years since 2000](#).

Coupled with the short lifespans of devices and equipment, which hastens turnover, the efficiency of the overall stock of devices, data centres and networks is improving rapidly.

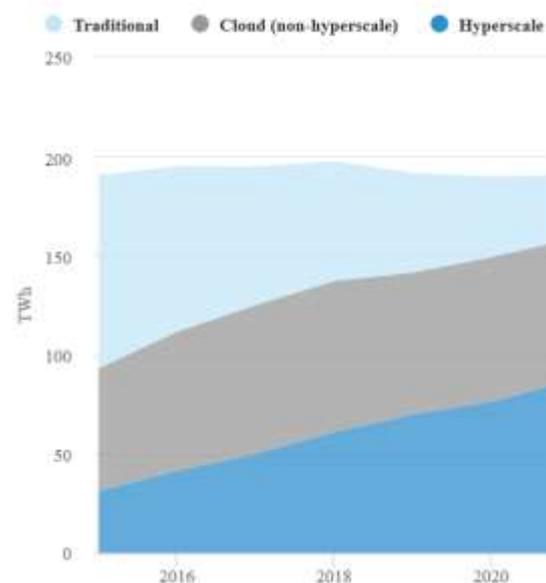
For example, increasingly efficient IT hardware (following Koomey's Law) and a major shift to "[hyperscale](#)" data centres have helped to keep electricity demand flat since 2015 (chart, below right). Data centres worldwide today consume around [~1% of global electricity use](#), even while [internet traffic has tripled](#) since 2015 and data centre "workloads" – a measure of service demand – have more than doubled (chart, below left).

The Shift Project : Les améliorations d'efficacité énergétiques risquent d'arriver à certains paliers et ne compensent aujourd'hui pas l'augmentation des usages numériques. Ainsi la consommation énergétique du système numérique mondial (production et utilisation comptabilisées) augmente-t-elle aujourd'hui de 9 % par an.

Global trends in internet traffic, data centre workloads and data centre energy use, 2015-2021



Global data centre energy demand by data centre type



Left: Trends in internet traffic, data centre “workloads” and data centre energy use, 2015-2021, relative to 2015=100. Right: Global data centre energy demand by data centre type (terawatt hours). Source: IEA. Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

As well as changes that are invisible to the consumer, there are also obvious trends in the technology seen everyday. Devices are also [becoming smaller](#) and [more efficient](#), for example, in shifts from [CRT](#) to [LCD](#) screens, and from personal computers to tablets and smartphones.

The Shift Project : La miniaturisation n’est pas synonyme de diminution mécanique des émissions associées : encore une fois, la phase de production est très importante et les tendances de réduction de la taille des équipements n’entraîne pas la diminution linéaire de l’énergie et des émissions embarquées.

Rising demand

Set against all this is the fact that consumption of streaming media is growing rapidly. Netflix subscriptions [grew 20% last year to 167m](#), while [electricity consumption rose 84%](#).

Many [new video streaming](#) and [cloud gaming](#) services have also launched in recent months. Particularly noteworthy is the rapid growth in video traffic over mobile networks, which is [growing at 55% per year](#). Phones and tablets already account for [more than 70%](#) of the [billion hours of YouTube streamed every day](#).

The ease of accessing streaming media is leading to a large [rebound effect](#), with overall streaming video consumption rising rapidly. But the [complexity of direct and indirect effects of digital services](#), such as streaming video, e-books, and online shopping, make it immensely challenging to quantify the net environmental impacts, relative to alternative forms of consumption.

The Shift Project : Nous sommes entièrement d’accord avec les analyses de G. Kamiya quant à l’importance de l’effet rebond dans les dynamiques de nos systèmes numériques aujourd’hui, ainsi que sur l’impossibilité d’en quantifier clairement les effets aujourd’hui au niveau des usages numériques (effets de substitution, concurrence entre les usages, effets rebond direct et indirect etc.).

Moreover, emerging digital technologies, such as [machine learning](#), [blockchain](#), [5G](#), and [virtual reality](#), are likely to further accelerate demand for data centre and network services. Researchers have started to study the potential [energy and emissions](#) impacts of these technologies, including [blockchain](#) and [machine learning](#).

It is becoming increasingly likely that efficiency gains of current technologies [may be unable](#) to [keep pace](#) with this growing data demand. To reduce the risk of rising energy use and emissions, investments in RD&D for efficient next-generation computing and communications technologies are needed, alongside continued efforts to [decarbonise the electricity supply](#).

The Shift Project : Nous sommes entièrement d'accord avec les conclusions de G. Kamiya sur l'importance d'étudier les effets possibles du développement des phénomènes 5G, Intelligence Artificielle etc. C'est d'ailleurs l'un des points centraux de nos travaux en cours, dont le [rapport intermédiaire](#) a été publié en janvier.

Broader context

Streaming video is a fairly low-emitting activity, especially compared to driving to a cinema, for instance. As consumers, we can further reduce our environmental footprint by streaming at lower resolutions, using smaller devices and screens, as well as connecting through WiFi instead of mobile networks. Replacing devices less often can also help, since production accounts for [more than two-thirds](#) of the lifecycle carbon emissions of mobile devices, and [electronic waste](#) is a growing problem across the world.

The Shift Project : Nous souscrivons totalement à ces recommandations, chacune d'entre elles figurant également dans notre [rapport de 2018](#) et/ou dans notre [rapport sur la vidéo en ligne de 2019](#).

Technology companies can continue to play a big role in reducing the environmental impact of streaming, including through further efforts to increase energy efficiency – both in the near-term [with new technologies](#) and developing next-generation technologies – and investing in renewable energy to power their data centres and networks.

Sustainable design and coding could also help, such as [further improving video compression](#). A [recent study](#) explored the potential energy and emission reductions of shifting YouTube music videos to audio only when playing in the background.

The Shift Project : Nous sommes en total accord avec ces recommandations, qui sont présentes dans nos publications sur la vidéo en ligne, avec par exemple notre [Guide sur la réduction du poids d'une vidéo](#). Ces efforts d'amélioration de la compression doivent cependant, pour aboutir à des réductions nettes de consommations énergétiques, être intégrés dans des stratégies de réduction au global.

It is important to keep in mind the scale of emissions from digital technologies compared to other sectors, with digital technologies accounting for [around 1.5% of global carbon emissions](#).

The Shift Project : Nos précédents rapports estiment à près de 4 % la part des émissions mondiales associées aux technologies numériques. Cela est en accord notamment avec l'étude réalisée par GreenIT.fr (<https://www.greenit.fr/wp-content/uploads/2019/10/2019-10-GREENIT-etude-EENM-synthese-accessible.VF.pdf>), qui estime leur part à 3,8 % des émissions mondiales en 2019.

[All sectors and technologies](#) are needed to help achieve the goals of the [Paris Agreement](#) and digital technologies are no exception. In fact, digital technologies, such as AI, [could help accelerate climate action](#). But, without sound climate policies, AI could end up just helping to [make oil extraction cheaper](#) or [extending the lifetime of coal plants](#).

What is indisputable is the need to keep a close eye on the explosive growth of Netflix and other digital technologies and services to ensure society is receiving maximum benefits, while minimising the negative consequences – including on electricity use and carbon emissions.

The Shift Project : Nous sommes en tout point en accord avec ces observations, qui rejoignent la sobriété numérique telle qu'entendue par le *Shift* : l'objectif de la sobriété numérique est d'assurer la préservation des apports les plus précieux du numérique, en le rendant compatible avec les contraintes climat et énergie. Afin, précisément, d'en faire l'atout qu'il peut être pour relever ces défis.

L'objectif de nos travaux sur la vidéo en ligne a été de réaffirmer ce positionnement, comme expliqué explicitement dans notre rapport, son résumé au décideur et les portages qui ont suivi : afin d'être certains de construire un système numérique qui soit résilient et compatible avec les contraintes qui s'appliquent à lui, il est nécessaire de réfléchir aux raisons qui font que nos usages numériques se développent tels qu'ils se développent aujourd'hui. Ceci pour comprendre les raisons qui orientent le développement de nos infrastructures, afin d'agir sur les directions qu'elles prennent et afin d'assurer leur résilience.

Instead of relying on misleading media coverage, this will require rigorous analysis, corporate leadership, sound policy and informed citizens.

The Shift Project : Nous souscrivons également à cette recommandation : la complexité des problématiques nécessite de mobiliser une force de recherche rigoureuse et constructive aussi large que possible.

Il est nécessaire que le débat qualitatif laisse place à une discussion quantitative, qui permette à terme de piloter nos systèmes numériques afin de les rendre effectivement compatibles avec les contraintes qui s'appliquent à eux : les contraintes sur les ressources, de diminution des émissions **nettes** de tous les secteurs d'activité, de leur consommation énergétique etc. L'amorce de ce débat quantitatif est en train de se mettre en place, notamment au travers des échanges sur les hypothèses et modèles comme nous sommes en train de le faire ici entre G. Kamiya de l'IEA et *The Shift Project*. Et c'était bien là l'un des objectifs centraux des publications du Shift sur l'impact environnemental du numérique.

Il est cependant nécessaire de travailler à l'effort de vulgarisation médiatique, essentielle à la construction du débat collectif que nous appelons de nos vœux (comme expliqué en détail dans notre [rapport sur la vidéo en ligne](#)), pour que la transmission de l'information ne confonde plus « vulgarisation » et « simplification ». Les problématiques sont complexes (que ce soit la complexité technique des systèmes numériques, ou la complexité à comprendre les intrications entre le développement des usages et des infrastructures, celui de l'usage individuel dans la construction collective), et les réponses le seront aussi, puisqu'elles doivent être systémiques.

Methodology and sources

The analysis of the carbon intensity of streaming video presented in this piece is based on a range of sources and assumptions, calculated for 2019 or the latest year possible.

- Bitrate: global weighted average calculated based on [subscriptions by country](#) and [average country-level data streaming rates](#) from Netflix in 2019; [resolution-specific bitrates](#) from Netflix.
- Data centres: low estimate based on Netflix [reported direct and indirect electricity consumption in 2019, viewing statistics](#) and global weighted average bitrate (above); high estimate based on 2019 [cloud data centre IP traffic](#) from Cisco and [energy use estimates for cloud and hyperscale](#) from IEA.
- Data transmission networks: calculations based on [Aslan et al. \(2018\)](#), [Schien & Priest \(2014\)](#), [Schien et al. \(2015\)](#), and [Andrae & Edler \(2015\)](#), and weighted based on Netflix [viewing data by devices](#).
- Devices: smartphones and tablets: calculations based on [Urban et al. \(2014\)](#) and [Urban et al. \(2019\)](#), iPhone 11 specifications ([power consumption](#) and [battery capacity](#)), and iPad 10.2 [specifications](#); laptops: [Urban et al. \(2019\)](#); televisions: [Urban et al. \(2019\)](#) and [Park et al. \(2016\)](#), and weighted based on Netflix [viewing data by devices](#).
- Carbon intensity of electricity: based on IEA [country-level](#) and [global data](#), and [2030 scenario](#) projections.

The Shift Project : Nous remercions G. Kamiya pour la publication, en plus de ses résultats, de ses sources et hypothèses au bas de [cet article sur le site de CarbonBrief](#), ainsi que pour l'effort de transparence que constitue la publication du calculateur dans [son article sur le site de l'AIE](#). Nos efforts de transparence ont permis à G. Kamiya d'analyser nos travaux. Ses efforts de transparence nous permettent d'analyser ses travaux. Ensemble, ces efforts de transparence permettent de faire progresser la discussion scientifique, ici particulièrement sur la consommation énergétique des infrastructures réseaux.

Auteurs principaux

Maxime EFOUI-HESS

Chef de projet – The Shift Project

+ 33 (0) 6 35 13 08 37 | maxime.efoui@theshiftproject.org

Maxime Efoui-Hess a rejoint l'équipe du Shift pour travailler sur les technologies de l'information et de la communication. Ingénieur spécialiste du climat et de la modélisation, il est diplômé du parcours Energie, Transport, Environnement de l'ISAE-SUPAÉRO et du parcours Dynamique du Climat de l'Université Paul Sabatier à Toulouse et de l'École nationale de la météorologie. Il a aussi travaillé sur les mécanismes physiques du développement caniculaire en climat futur en France et en Europe, au sein du Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique (CERFACS), à Toulouse. Il est co-auteur avec Hugues Ferreboeuf du rapport « Lean ICT – Pour une sobriété numérique » (The Shift Project 2018), et auteur principal du rapport « Climat : l'insoutenable impact de la vidéo en ligne » (The Shift Project 2019).

Jean-Noël GEIST

Chargé des affaires publiques – The Shift Project

+ 33 (0) 6 95 10 81 91 | jean-noel.geist@theshiftproject.org

Jean-Noël Geist pilote les affaires publiques, la communication et l'événementiel du Shift. Diplômé de Sciences-Po Strasbourg et de l'Université de Thessalonique en études européennes, il est aussi titulaire d'un Master en études de genre, discriminations et diversité de Sciences-Po Toulouse. Il intègre d'abord l'équipe communication du Shift puis, après une parenthèse professionnelle en politique, prend la coordination des affaires publiques du think tank.

The Shift Project

The Shift Project est un think tank qui oeuvre en faveur d'une économie post-carbone. Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, notre mission est d'éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique en Europe. Nos membres sont de grandes entreprises qui veulent faire de la transition énergétique leur priorité.

Contact presse : Jean-Noël Geist, Chargé des affaires publiques
+ 33 (0) 6 95 10 81 91 | jean-noel.geist@theshiftproject.org



**THE SHIFT
PROJECT**



THE CARBON TRANSITION THINK TANK

theshiftproject.org