

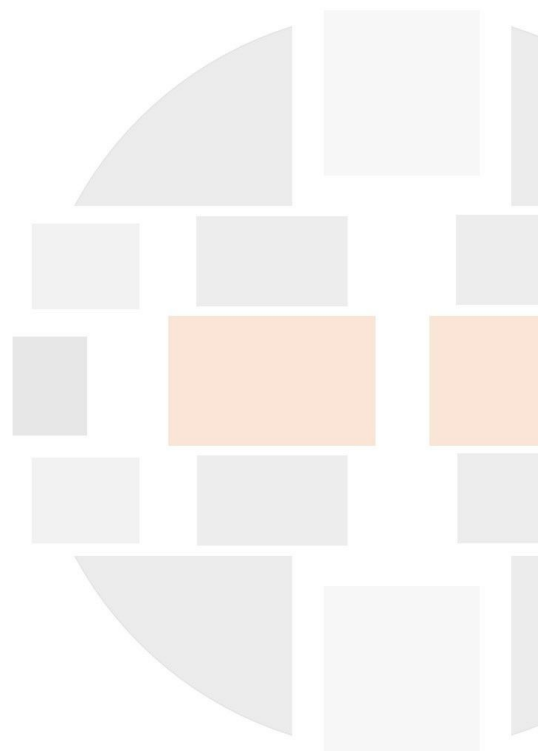


MOD 4.4 : NTIC

## **DOCUMENT DE SYNTHÈSE**

Le Cloud gaming :  
défis technologiques et consommation de ressources

Antonin LEYVAL  
*Janvier - Mars 2020*



# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>Mise en contexte</b>	<b>4</b>
Définition	4
Principe et fonctionnement	4
Services disponibles sur le marché	5
<b>Actualités technologiques</b>	<b>6</b>
Défis technologiques	6
Stratégies de résolution mises en place par les acteurs majeurs	7
<b>Consommation de ressources et impact environnemental</b>	<b>9</b>
Comparaison machine physique VS dématérialisé	9
Extrapolation au cas du cloud gaming	10
<b>Conclusion</b>	<b>12</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>13</b>

# Introduction

---

Depuis 2014 et l'annonce de la sortie du service PlayStation Now par Sony pour son système d'exploitation PS4, la notion de "cloud gaming" émerge peu à peu aux yeux du grand public. Bien que quelques tentatives peu fructueuses aient été tentées par des entreprises émergentes auparavant, c'est à partir de ce tournant, envisagé par un des mastodontes du marché du jeu vidéo, que la course a démarré pour les principaux acteurs.

Le principe du cloud gaming est simple : délocaliser les machines vidéos sur des serveurs à distances, pour profiter de la meilleure qualité existante chez soi sans investissement dans une nouvelle console, au prix d'un abonnement mensuel. Le cloud gaming est au jeu vidéo ce que les plateformes de streaming telles que Netflix sont au cinéma : un nouveau moyen de profiter du média qu'est le jeu vidéo.

Une telle innovation est alors synonyme de changement important, et ce à différents niveaux. Elle s'accompagne de nombreux défis technologiques comme économiques, puisqu'en modifiant le mode de consommation du jeu vidéo, elle implique à la fois des problématiques d'implémentation et d'adaptation des technologies à l'environnement existant et des impacts économiques forts sur le marché où elle s'insère.

Au travers de cette étude de veille, nous nous intéresserons aux technologies développées pour faire du cloud gaming une réalité compétitive sur le marché du jeu vidéo, ainsi que la manière dont les principaux acteurs participent à cette nouvelle course. Nous évoquerons aussi le pendant de ces innovations, qui concernent les ressources nécessaires à ces développements, ainsi que les modifications des usages qu'elles pourraient engendrer.

## I. Mise en contexte

---

### A. Définition

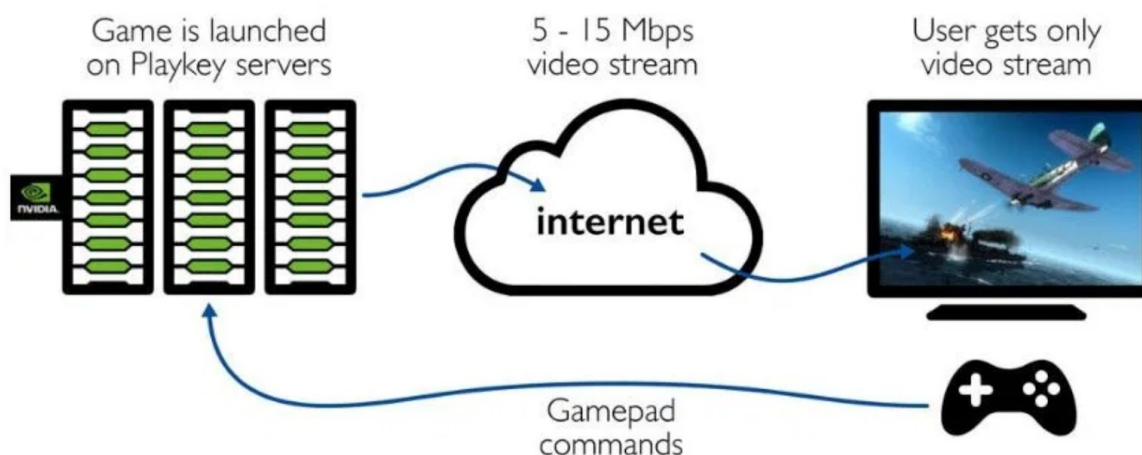
Le **cloud gaming** (jeu en nuage), aussi appelé jeu à la demande (Game On Demand / GoD par analogie à la Video On Demand / VoD), est un service permettant à l'utilisateur de **jouer à des jeux sur des consoles vidéos qu'il ne possède pas** en physique depuis chez lui. La tendance actuelle est de rendre ce service disponible sur **n'importe quelle machine**, du téléviseur au smartphone, ou tout autre device à même de recevoir un flux vidéo en streaming. Le service s'accompagne en général d'une manette (contrôleur) dédiée afin de gérer l'envoi d'information aux serveurs.

Le cloud gaming est en fait un service de **cloud computing spécialisé** dans le jeu vidéo à la demande.

### B. Principe et fonctionnement

Le principe du cloud gaming est relativement simple. Appréhendons d'abord le **fonctionnement d'une console vidéo classique**. La console est branchée au secteur, et héberge le système d'exploitation de son constructeur (PS4 pour Sony, Xbox One pour Microsoft par exemple). Il est accessible via une manette / contrôleur câble ou Bluetooth par exemple, via laquelle le joueur interagit avec le logiciel. Le rendu est fait via un flux vidéo, transmis (souvent par câble HDMI) à un téléviseur.

Le fonctionnement est le même pour le cloud gaming. Remplaçons la console par un **serveur qui héberge le système d'exploitation** dans un datacenter à une distance. Le contrôleur est toujours dans les mains du joueur, et le jeu se fait toujours sur son écran (téléviseur ou autre). La grande différence vient des **protocoles de transfert des données** : les informations de commandes sont transmises de la manette à la console (virtuelle) via la connexion Internet de l'utilisateur (protocoles TCP), ainsi que le flux vidéo rendu par le logiciel et envoyé à l'écran (à la place du câble HDMI traditionnel) (voir Fig. 1).



*Fig. 1 : Le principe du cloud gaming (source: gamozap.com)*

## C. Services disponibles sur le marché

En ce début d'année 2020, les principaux acteurs du jeu vidéo se sont tous lancés dans le développement d'une proposition de service orientée cloud gaming.

Sony propose depuis 2014 son service **PlayStation Now** depuis 2014, permettant de jouer à un catalogue de quelques centaines de jeux PS2, PS3 et PS4 via une application développée pour PS4 et PC, à l'aide d'une simple manette PS4, moyennant un abonnement mensuel (voir [PSNow sur le site de PlayStation \[1\]](#)).

Microsoft développe en ce moment son **projet xCloud** (en *invitational access* pour l'instant), qui propose de même l'accès à un catalogue de jeu via une application (uniquement mobile aujourd'hui) accessible avec une manette Xbox One Bluetooth (voir [xCloud Project \[2\]](#)).

Nintendo est le seul constructeur majeur à ne pas avoir annoncé de service cloud gaming. Les dirigeants ont annoncé être intéressés par les possibilités que le service allait apporter au jeu vidéo, mais considèrent cette innovation comme un marché différent du marché console traditionnel. Il est bon de rappeler que la position stratégique de Nintendo est différente de Sony et Microsoft pour ce qui est du jeu vidéo, ce qui explique pourquoi ils ne prennent pas part à la concurrence pour le moment.

En dehors des constructeurs "majeurs" du jeu vidéo, l'impact du cloud gaming sur l'actualité technologique a été majeur à bien d'autres niveaux. D'abord, **Google a fait grand bruit en annonçant Stadia**, son service de cloud gaming propre, qui est disponible depuis fin 2019. Le défi pour Google était majeur, puisqu'ils n'ont a priori aucune expérience dans le domaine du jeu vidéo, et qu'ils ont choisi d'effectuer une release du service très tôt au vu de la concurrence (avant Microsoft qui en fait pourtant l'un de ses corps de métiers) (voir [Stadia sur le Google Store \[3\]](#)). Les retours des utilisateurs sont pour l'instant mitigés, du fait d'un catalogue de jeu encore assez pauvre (malgré des contrats d'exclusivités signés avec Ubisoft par exemple), ou des problèmes de latence pour des connexions n'utilisant pas la fibre (voir II.). Quels qu'en soient les résultats, le simple fait qu'un GAFA non-spécialisé dans le jeu vidéo se lance sur ce marché a créé une grosse émulation autour de ce service.

Enfin, des entreprises spécialisées dans le cloud computing à la base profitent aussi de cet essor pour développer leur activité. On cite notamment l'entreprise française Blade, qui propose son service de cloud computing Shadow pour un abonnement mensuel, via une application téléchargeable pour PC, MacOS ou TV. Bien qu'il s'agisse d'un service de cloud computing (pas uniquement gaming), la communication de Blade est grandement orientée sur le fait de pouvoir jouer à des jeux gourmands en ressources dans la meilleure qualité possible, jouant sur l'essor actuel du cloud gaming (voir le [site de Blade \[4\]](#)).

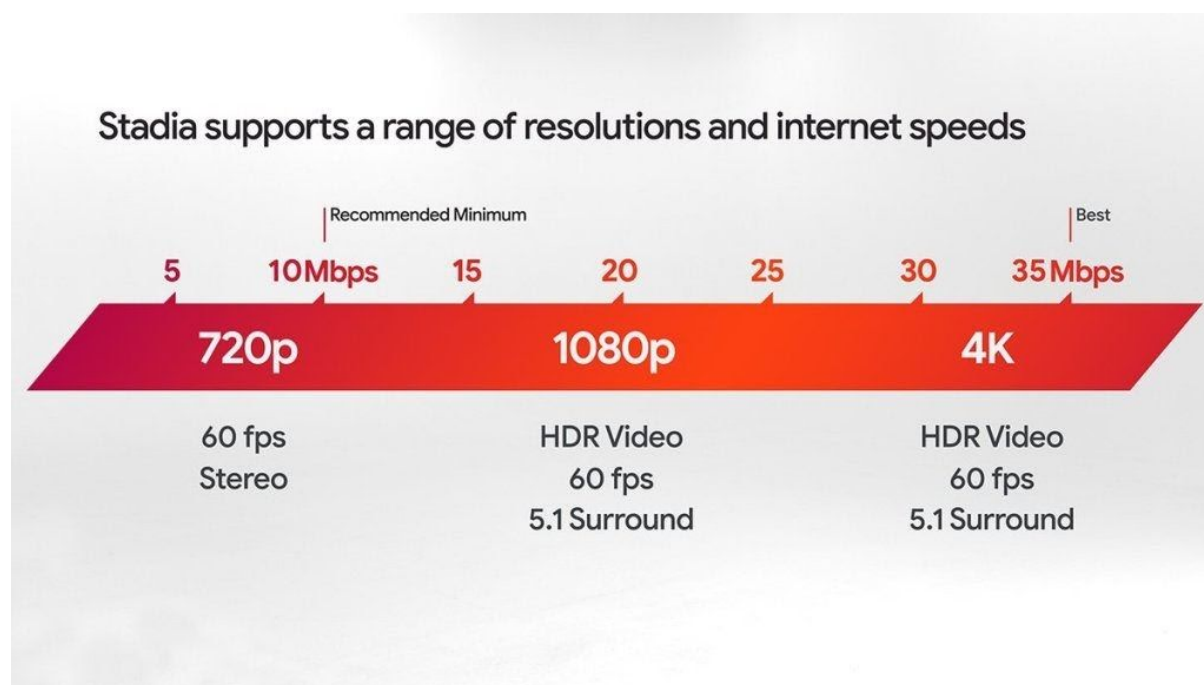
## II. Actualités technologiques

### A. Défis technologiques

Les services de cloud gaming nécessitent des **performances techniques particulières**. D'abord, un problème de latence minimale se pose. En effet, il est impensable que lorsqu'un joueur presse un bouton sur sa manette, le résultat à l'écran soit décalé ne serait-ce que d'une fraction de seconde. L'expérience de jeu en serait gravement détériorée. La **minimisation de la latence** (< 40ms pour qu'elle ne gêne pas l'utilisateur) est un premier point bloquant majeur.

Il faut aussi que ce premier critère soit respecté pour tout utilisateur, c'est-à-dire **indépendamment de la disponibilité de la bande-passante** sur le réseau et de la connexion de l'utilisateur. Il est donc nécessaire d'adopter des stratégies de gestion du réseau et d'optimisation des protocoles pour assurer une qualité minimale à tout utilisateur, quelles que soient les conditions. Or, en général, les problèmes relatifs au transfert de données (saturation d'un noeud réseau, pertes de paquets, chute de débit, etc) se produisent sur le réseau lui-même, indépendamment des installations mises en place par le prestataire de services en sortie de son datacenter.

Garantir le débit revient donc à **contrôler le réseau**. Cela peut se faire par le contrôle de l'entrée sur le réseau, en plaçant des routeurs en sortie de datacenter pour favoriser la route la plus rapide jusqu'à l'utilisateur, avec le support d'algorithmes spécialisés (voir II. B), à la manière d'un "Waze sur le réseau" (voir [Shadow interview \[5\]](#)). La gestion du réseau lui-même passe en général par des **accords de peering** avec les opérateurs. Pour son produit Stadia, Google a annoncé être capable de garantir une qualité vidéo minimale dépendant de la connexion de l'utilisateur (voir Fig. 2). Pour ce faire, il est nécessaire de disposer d'une certaine forme de contrôle du réseau, pour garantir la transmission des données vers l'utilisateur.



*Fig. 2 : Performances vidéos garanties pour Stadia*

## B. Stratégies de résolution mises en place par les acteurs majeurs

Le premier problème qui se pose aux prestataires de services de cloud gaming est la minimisation de la latence. Au vu de l'ensemble du processus, du calcul par le système d'exploitation à la réception du flux vidéo par l'utilisateur, il est possible d'agir sur ce problème à différents niveaux.

### **Optimiser l'allocation des ressources sur le serveur**

Les procédés de rendus sont en général gérés en "boîte noire" par les systèmes d'exploitation propre à chaque constructeur. Il est toutefois possible de limiter les temps de calcul en allouant les ressources intelligemment sur le serveur. D'abord, les systèmes d'exploitation sont en général virtualisés : l'utilisateur ne se connecte pas à une console physique à distance, mais à un serveur hébergeant le système d'exploitation correspondant, relié au hardware nécessaire pour le faire fonctionner. C'est à ce niveau qu'il est possible d'agir, en factorisant les ressources communes à chaque système d'exploitation.

Dans les faits, un serveur héberge en moyenne quatre systèmes d'exploitation (alloués chacun à un abonné). Il est donc possible de faire de l'intercommunication médiatisée : partager un même processeur graphique entre les machines virtuelles (VM). Il est alors nécessaire de prévoir des pics de facteurs de charge (si les quatre utilisateurs exploite le système à son maximum en même temps, la factorisation pourrait être problématique), mais le gros avantage est une économie des ressources utilisées en moyenne.

### **Améliorer la compression du flux vidéo**

Une fois le flux vidéo à envoyer à l'utilisateur rendu par le système d'exploitation, ce dernier doit être compressé pour être émis sur le réseau. Des standards de compressions existent (voir [codec standard H.264 \[6\]](#)) et convertissent les flux HDMI en flux IP adaptés à la transmission. Toutefois, la compression peut être optimisée pour le cloud gaming. Google a par exemple développé le codec VP9, dernière version du codec utilisé sur Chrome par exemple, et l'a mis en place pour son service Stadia, avec une meilleure capacité de compression et une bande-passante moindre que le H.265 (successeur du H.264) [\[7\]](#).

### **Optimiser le trajet sur le réseau**

Il est possible d'utiliser des algorithmes de contrôle de congestion pour optimiser le trajet des paquets envoyés du datacenter à l'utilisateur. Google a développé son algorithme BBR (pour Bottleneck Bandwidth and Round-trip propagation time) pour mesurer le trafic internet et réguler la quantité de datas injectée sur le réseau à l'instant t. Cela sert de "GPS sur le réseau", en prévoyant les noeuds susceptibles d'être saturés [\[7\]](#). Ce type de solution s'ajoute aux accords de peering avec les opérateurs pour améliorer le contrôle du réseau, permettant de garantir un débit minimal.

### **Optimiser le build du flux à la réception**

Si la compression du flux streaming est importante pour favoriser la transmission, le rendu final du côté client est tout aussi important dans le processus de minimisation de la latence.

Stadia (pour Google) utilise le protocole QUIC (Quick UDP Internet Connections, voir la [documentation Google \[8\]](#)), déjà implémenté sur Google Chrome et d'autres applications dérivées pour réduire les temps de connexions et minimiser les délais à la transmission. Ces améliorations par rapport au protocole TCP sont permises par le fait que QUIC se base sur UDP, ce qui facilite le contrôle de congestion, et réduit drastiquement les temps de connexion.

Stadia utilise également le protocole WebRTC (projet open source développé par Google, Mozilla et Opera, voir la [documentation Mozilla \[9\]](#)), qui permet builder des flux vidéos en temps réel sur un navigateur web. RTC va pour Real Time Communication, et l'utilisation de ce protocole permet d'améliorer encore les performances d'affichage de flux streaming.

Dans le cas de Stadia, la **variété des protocoles de transports** utilisés en surcouche du TCP de base permet de spécialiser grandement l'application pour optimiser ses performances en termes de latence afin de coller au mieux au cahier des charges initial.

Le champs d'action possible pour optimiser les performances du cloud gaming est large, et de nouvelles solutions émergeront probablement dans les mois à venir, avec la maturation de la technologie. La plupart des exemples cités viennent de Stadia, car Google à une politique open-source marquée ce qui rend la recherche d'informations technique sur leur service plus aisé. Ce fait est moins vrai pour Sony avec ses systèmes PS4, et le cas de Microsoft est encore plus ardu puisque xCloud n'est pas encore disponible au grand public. Cela limite la vision de la stratégie de résolution adoptée par les acteurs majeurs, mais permet de se faire une idée de la manière dont les problèmes inhérents au cloud gaming peuvent être résolus.



### III. Consommation de ressources et impact environnemental

---

#### A. Comparaison machine physique VS dématérialisé

Le problème principal qui se pose quand on parle d'impact environnemental du cloud gaming, c'est de savoir comparer l'impact des terminaux physiques (consoles, télévisions, etc) à celui des services dématérialisés correspondant à une même utilisation. Il s'agit d'un problème complexe, car de nombreux ressources entrent en jeu dans cette comparaison, et que la notion d'utilisation équivalente peut être compliquée à définir.

En première idée, il semble que remplacer un terminal numérique chez un utilisateur par un service dématérialisé est bénéfique en terme d'impact, puisqu'on se débarrasse d'un produit complexe et donc coûteux en ressources à la production par un logiciel hébergé sur un serveur à distance. De plus, on factorise la consommation électrique puisque la machine ne consomme plus d'électricité chez l'utilisateur mais dans un datacenter, avec de nombreuses autres applications. De plus, le fait de délocaliser le service sur un datacenter permet de s'affranchir de la possession du terminal physique, ce qui (au vu de la tendance grandissante à l'obsolescence des terminaux) évite de changer de machines tous les 3 à 5 ans, puisque le service dématérialisé est maintenu régulièrement par le prestataire. Une estimation de Blade montre qu délocaliser des machines type PC dit "de gamer" sur leurs datacenters économise 30% de consommation électrique, en plus de ne plus dépendre de l'achat d'une machine [\[5\]](#).

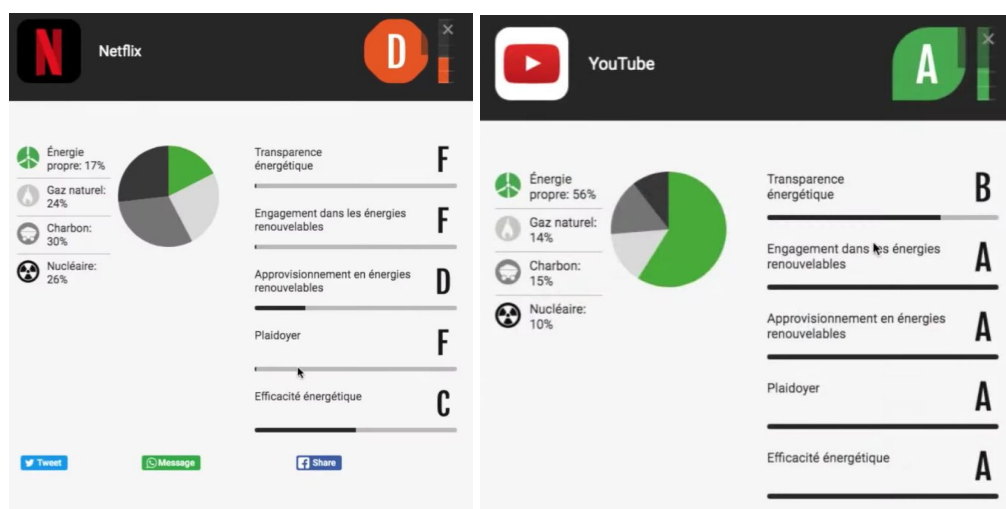
Toutefois, ces arguments sont à nuancer. D'abord, parce qu'ils viennent directement d'un prestataire de service de type cloud computing. Ensuite, parce qu'ils émettent des hypothèses simplificatrices qui restent à vérifier, tout en éludant une partie du problème. L'argument visant à dire que l'utilisation du cloud gaming permet de s'affranchir de la possession d'une machine est vrai en théorie, mais ce n'est pas ce qui est observé dans la pratique. En effet, l'émergence d'une nouvelle technologie n'efface pas les utilisations précédentes d'un seul coup (cf Mike Hazas, Université de Lancaster [\[10\]](#)), et l'accessibilité nouvelle à des technologies de pointes permises par le cloud gaming pourrait mener au contraire à un accroissement exponentiel de ces technologies. On ne parlerait plus alors d'utilisation équivalente, mais de l'ajout de la consommation du cloud gaming à l'utilisation actuelle des terminaux type console de jeu, d'autant que l'usage du cloud tend à multiplier les utilisations sur tous nos matériels (téléphone, PC portable, tablette, etc). De plus, si la dématérialisation permet une économie d'énergie électrique (à utilisation équivalente), ce n'est pas le cas de la consommation des ressources minérales, en eau et de l'émission de gaz à effet de serre (GeS) par exemple. Or, l'impact environnemental tel que définit par l'ADEME considère tous ces facteurs à un même niveau, entre autres [\[11\]](#). On ne peut donc pas se contenter de ces arguments.

Le problème qui se pose pour pousser la comparaison plus loin est que le cloud gaming, étant un service encore émergent, a été encore peu étudié par des organismes spécialisés, ce qui rend difficile l'accès à des données environnementale comparatives fiables. Dans la prochaine partie et pour aller plus loin, nous allons tenter d'extrapoler le cas du cloud gaming en se basant sur des données connues, celles du streaming vidéo.

## B. Extrapolation au cas du cloud gaming

Comparer l'impact du cloud gaming à celui du streaming vidéo n'est pas si absurde que ça en a l'air. En effet, le processus du cloud gaming implique une partie de streaming vidéo, correspondant au flux vidéo rendu par le système d'exploitation hébergé sur le serveur et envoyé au joueur. Le biais présenté en comparant les deux n'a donc tendance, a priori, qu'à diminuer l'impact du cloud gaming, puisqu'on omet de considérer l'impact du calcul de la console virtuelle en elle-même. Cette extrapolation nous permet donc d'obtenir un "impact environnemental minimal" relatif au cloud gaming, que l'on pourra comparer à l'impact d'un terminal physique de type console équivalent.

Nous nous baserons sur un reportage s'intéressant à la comparaison entre l'impact des terminaux physiques et du cloud [12], ainsi que sur une étude réalisée sur l'impact environnemental de YouTube [13], citée dans ce même reportage. Le choix de la comparaison avec YouTube est donc défini par les sources trouvées, mais il est important de noter que YouTube possède une politique environnementale plutôt développée, comparée à d'autres plateformes de streaming comme Netflix par exemple (voir Fig. 3). L'analogie avec YouTube est donc encore une fois favorable pour qualifier l'impact environnement du streaming du cloud gaming.



*Fig. 3 : Comparaison des politiques environnementales pour YouTube et Netflix*

Commençons par donner quelques ordres d'idées. Il est commun de penser que le streaming est relativement gratuit en terme d'impact environnemental, puisqu'on ne considère pas la chaîne dans son ensemble. L'impact écologique d'1h de streaming HD est du même ordre de grandeur que la fabrication d'un DVD, en ce qui concerne la consommation électrique et en eau. De plus, transférer un octet utilise autant d'énergie que de le stocker pendant deux ans. Enfin, d'après The Share Project, les consommations de vidéo en ligne rejettent en termes de GeS en 2018 autant que l'Espagne en ordre de grandeur [14].

Une étude de l'ADEME [15] évalue l'impact en termes d'émission de GeS de la construction, la distribution et l'utilisation de divers objets du quotidien numériques (ensemble du cycle de vie). On y trouve notamment que cet impact pour une console de jeu est de 21,1 kg eq.CO2 (19 pour un smartphone, 54 pour un téléviseur, 42 pour un PC portable), décomposé comme suit :

- 1,8 kg pour l'assemblage

- 0,8kg pour la distribution
- 6,5kg pour l'utilisation sur l'année
- 12kg pour l'extraction des matières premières
- -0,7kg pour valorisation si recyclage

En considérant un cycle de vie de 5 ans en moyenne pour une console (sachant que la PS4 est sortie en 2013 et que la PS5 est annoncée pour 2020, et en considérant une utilisation fréquente), on en déduit que l'impact d'une console de jeu est de **4,22kg eq.CO2 par an**.

YouTube émet 10 millions de tonnes eqCO2/an, avec 1,9 milliards d'utilisateurs en 2018, soit un impact en rejet de gaz à effet de serre moyen équivalent à **5,26 kg eq.CO2 par an** et par utilisateur (environ 25% plus qu'une console) [\[13\]](#).

Dans ces hypothèses, et en ne considérant que les rejets de gaz à effet de serre, on remarque que le streaming de vidéo n'est donc pas moins polluant que l'utilisation de consoles de jeu, ce qui vient contrebalancer les arguments donnés en III. A. De plus, on s'intéresse à YouTube qui a donc une énergie bien notée écologiquement parlant, et donc les flux et la puissance de calcul sont moindres que pour le cloud gaming, donc la latence doit être bien inférieure, et qui doit aussi considérer le coût énergétique et écologique de machines next-gen tournant en ligne 24h/24h. Ainsi, bien que les données et les études avancées soient encore peu nombreuses, il ne semble pas du tout évident que la dématérialisation des consoles de jeu soit au final bénéfique en termes de protection de l'environnement.

## Conclusion

---

Avec l'annonce de Stadia à la fin 2019 et la popularisation de la notion de cloud gaming au grand public, le secteur du jeu vidéo est en train de subir une révolution tant sur les plans technologiques qu'économiques. La course à l'innovation est lancée sur un tout nouveau domaine, et il est certain que les solutions proposées vont transformer les usages associés à la consommation de jeu vidéos. Toutefois, il semble nécessaire de se questionner sur les conséquences de ces nouveaux progrès technologiques, et sur la manière dont ils sont présentés au public.

Dans la mesure où le cloud gaming est à même de populariser l'accès au jeu vidéo à un public encore plus large, il paraît nécessaire de sensibiliser sur l'impact environnemental non-négligeable qui l'accompagne, surtout dans un contexte où la notion de dématérialisation est souvent mal appréhendée, et considérée comme abstraite, et donc "gratuite" en terme d'utilisation de ressources.

# Bibliographie

---

- [1] [PlayStation Now, playstation.com](https://playstation.com)
- [2] [Project xCloud, xbox.com](https://xbox.com)
- [3] [Stadia, games without a console, store.google.com](https://store.google.com)
- [4] [Présentation de Shadow, Blade, shadow.tech.com](https://shadow.tech.com)
- [5] [Que vaut SHADOW : le Cloud Gaming made in France ?](#)
- [6] [Ou'est-ce que le format de codage vidéo H.264 et pourquoi s'impose-t-il dans le secteur ? blackbox.fr](https://blackbox.fr)
- [7] [How YouTube led to Google's Cloud Gaming service, read.nxtbook.com](https://read.nxtbook.com)
- [8] [QUIC, a multiplexed stream transport over UDP, chromium.org](https://chromium.org)
- [9] [WebRTC, developer.mozilla.org](https://developer.mozilla.org)
- [10] [Le cloud gaming pourrait doubler la consommation électrique d'un joueur, clubic.com](https://clubic.com)
- [11] [Les impacts environnementaux, ademe.fr](https://ademe.fr)
- [12] [Dossier, console physique VS Cloud, vrplayer.fr](https://vrplayer.fr)
- [13] [Evaluating Sustainable Interaction Design of Digital Services, dl.acm.org](https://dl.acm.org)
- [14] [The Survey of Health, share-project.org](https://share-project.org)
- [15] [Modélisation et évaluation des impacts environnementaux de produits de consommation et biens d'équipement, ademe.fr](https://ademe.fr)