

# **Le Green IT**

## **Est-ce des salades ?**

---

**Pierre-Louis Bertrand, Thomas Quetier,  
Anthony Stede-Schrader et Ling Zhang**

**Sous la supervision de Matthieu Exbrayat**

**Travaux d'Études et de Recherche**

**Master 1 Informatique, Orléans, 2021**



# SOMMAIRE

INTRODUCTION : POURQUOI LE GREEN IT ?.....	3
NUMÉRIQUE ET POLLUTION.....	4
L'ÉCO-CONCEPTION ET LE GREENCODE.....	6
POLLUTION ET NUMÉRIQUE : SONDAGE AUPRÈS DES ÉTUDIANTS ET DES ENSEIGNANTS.....	7
L'ÉVOLUTION DES LOIS EN FRANCE.....	8
LES DATACENTERS : ÉCHANGE AVEC JEAN-LOUIS ROUET.....	9
LES GÉANTS DU NUMÉRIQUE : LE CAS DE GOOGLE.....	12
CONCLUSION.....	13
SOURCES & POINTEURS.....	14

## INTRODUCTION : POURQUOI LE GREEN IT ?

Avec l'évolution du numérique en France et dans le monde, des questions se posent sur la pollution croissante que semblent engendrer les services en ligne, qu'il s'agisse de plateformes de diffusion de vidéos telles Netflix, Youtube ou encore Twitch ou encore, plus surprenant, de la simple consultation de sa boîte mail.

A l'origine de cet impact croissant se trouve un usage toujours plus massif : d'une part, le nombre mondial d'utilisateur croît chaque année. En France, par exemple, 89%<sup>1</sup> de la population est connectée à internet en janvier 2020, contre seulement 47%<sup>2</sup> en 2006. D'autre part, la multiplication des terminaux (téléphone, tablette et ordinateur) au sein des foyers augmente aussi la consommation de services numériques et donc d'énergie. Aujourd'hui dans le monde, on estime à plus de 2000 milliards<sup>3</sup> de recherches internet qui sont effectuées chaque année. Plus de la moitié du trafic internet se fait depuis des postes mobiles. Plus de 205 milliards de mails sont envoyés chaque jour.

Si les téléphones et les ordinateurs sont des "terminaux", les services que l'on consomme reposent en réalité sur des "serveurs" qui reçoivent et traitent des milliards de requêtes. Ces serveurs, regroupés dans des "datacenters" (centre de données), sont de gros consommateurs d'énergie. En effet, en 2017 on estimait que 3%<sup>4</sup> de l'électricité mondiale était consommée par les datacenters. Aussi, avec l'évolution constante du numérique et la multiplication des terminaux, on observe une multiplication par deux de la consommation globale des datacenters en moyenne tous les quatre ans<sup>4</sup>. Ces datacenters, en plus d'être de gros consommateurs d'électricité, sont aussi climatisés 24 heures sur 24, pour éviter de surchauffer.

Il existe ainsi une pollution directe liée à la consommation des services numériques, mais aussi une pollution indirecte provenant notamment de la fabrication des dispositifs, qu'il s'agisse des terminaux ou des serveurs... ou encore des réseaux d'interconnexion. En 2016, on dénombrait en moyenne 5 appareils connectés par personne en Europe de l'Ouest et 8 en Amérique du Nord. Mais combien de ces appareils sont recyclés ? Le bilan est assez faible, seulement 49%<sup>5</sup> des anciens téléphones sont collectés en France, et seulement 20% à l'échelle mondiale. De plus, collecter ne signifie pas forcément recycler : tous les matériaux ne sont pas réutilisés. Enfin, le reste des terminaux finit probablement au fond d'un tiroir avec d'autres appareils électroménagers inutilisés.

Ce constat a fait naître un nouveau mouvement : le Green IT. Il s'agit d'une démarche qui vise à réduire l'empreinte écologique d'une organisation (entreprise, association, etc) en continu et sur le long terme. Mais la popularisation de ce terme crée une tendance du "vert" et de l'écologie chez les entreprises qu'il faut aborder avec circonspection.

Dans ce document, sont évoqués les axes majeurs du Green IT. Le but ici est de proposer un point d'entrée sur le sujet, ainsi qu'une liste de sources et de pointeurs pouvant permettre d'approfondir une réflexion sur le Green IT.

## NUMÉRIQUE ET POLLUTION

En plus de la pollution des entreprises (notamment avec les datacenters) et bien que la majorité de la pollution numérique ne soit pas liée au manque de recyclage des appareils numériques, il reste important de comprendre que l'impact des utilisateurs n'est pas nul. En France, aujourd'hui, il y a environ 630 millions d'appareils numériques. Sur 60 millions de français, cela correspond à environ 11 appareils par personne<sup>6</sup>.

Une solution serait de posséder moins d'appareils et de les garder plus longtemps. Pour cela, le collectif d'experts Green IT<sup>7</sup> a proposé d'augmenter la durée de la garantie légale (actuellement de 2 ans) afin qu'elle corresponde à la durée de vie de nos équipements : "On peut se demander pourquoi un smartphone a une durée de vie moyenne de 24 mois. N'est-ce pas parce qu'au bout de 24 mois, mon opérateur mobile me 'donne' un nouvel équipement ?"

Comme dit précédemment, cette solution ne peut se mettre en œuvre seulement sous la condition que les industries effectuent des changements. Demander à des particuliers de moins gaspiller les appareils numériques n'aurait donc que très peu de sens dans l'état actuel des choses.

Mais la pollution numérique n'est pas seulement matérielle. En effet, regarder une vidéo, télé-travailler en ligne, et même en effectuer une recherche internet produit du CO<sub>2</sub>. Beaucoup de CO<sub>2</sub>. Selon l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), 29 millions d'internautes français effectuant en moyenne 950 recherches par an représenteraient 287 600 tonnes de CO<sub>2</sub>.

Envoyer un courrier électronique produit environ 10g de CO<sub>2</sub> (sans pièce-jointe). L'ADEME a effectué quelques calculs et a pu déterminer qu'une entreprise d'une centaine de personnes envoyant en moyenne 33 mails par jour, et ce 220 jours par an, produirait autant de CO<sub>2</sub> que 13 allers-retours Paris/New York en avion<sup>8</sup>. A cela s'ajoute le coût de stockage dans les boîtes mails en ligne (lus ou non), également énergivore. Pour comparaison, si l'on supprimait 1 milliard d'emails des boîtes de réception, cela correspondrait à la suppression de 10 000 tonnes de CO<sub>2</sub>. L'équivalent du bilan carbone d'1 milliard de sacs plastiques.

Les logiciels eux-mêmes sont toujours plus riches en fonctionnalités, donc plus volumineux... et également plus nombreux. Ainsi peut-on estimer qu'en moyenne 35 applications tournent sur un smartphone, souvent à l'insu de l'utilisateur, contribuant à vider les batteries à un rythme accru<sup>9</sup>.

# LE CAS PARTICULIER DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Parmi les usages du numérique énergivores, l'Intelligence Artificielle occupe une place à part. L'IA est une technologie ambivalente. D'un côté, elle est décriée pour la forte consommation d'énergie nécessaire à son fonctionnement. D'un autre côté, elle pourrait aider à optimiser les usages et ainsi économiser de l'énergie.

Par exemple, par l'analyse des données météorologiques, l'IA peut améliorer les performances des parcs éoliens. Elle est utilisée pour mettre en corrélation la vitesse de chaque hélice avec la direction et la puissance du vent. Donc elle peut optimiser et augmenter la production d'électricité de toutes les éoliennes. A titre d'exemple, Atos, leader international de la transformation digitale et Météo-France, acteur majeur et expert dans le domaine de la météorologie, s'associent pour développer une plateforme de prévision des productions d'électricité renouvelable à destination des professionnels du secteur. Dans le contexte du changement climatique, ce nouveau service s'inscrit dans le cadre de l'objectif que s'est donné l'Europe d'avoir 32% de son énergie d'origine renouvelable d'ici 2030 <sup>10</sup>.

Google a annoncé en 2020<sup>11</sup> avoir réduit de 30 % la consommation d'énergie de ses data centers en introduisant un pilotage à l'aide d'IA, avec un très bon PUE de 1,10 (ratio entre énergie totale consommée et énergie liée au seul calcul, voir l'entretien avec J.L. Rouet plus loin dans ce mémoire).

L'efficacité énergétique peut aussi s'améliorer au sein des foyers, avec notamment les "smart home". On peut citer par exemple le produit "Ecojoko"<sup>12</sup>, qui sur un principe similaire aux possibilités des compteurs Linky, analyse finement la consommation électrique des foyers, via des techniques d'intelligence artificielle, afin d'y repérer les « signatures » des différents appareils ménagers et de fournir un rapport ventilé des consommations. On peut également citer le domaine des climatiseurs, où l'utilisation combinée de capteurs et d'algorithmes « intelligents » permettent un pilotage diminuant la consommation électrique.

Ces technologies dites « smarts », combinant capteurs, analyse de signaux et pilotage se retrouvent dans de nombreux autres domaines, depuis les smart cities<sup>13</sup> jusqu'à l'agriculture<sup>14</sup>. Il convient toutefois de bien séparer les effets d'annonce des véritables gains, que ce soit à l'échelle individuelle ou macroscopique, afin de mettre en balance les gains observés (maintenance préventive, baisse de consommation énergétique, ...) et les coûts induits (fabrication, installation, maintenance et alimentation énergétique des capteurs, transport des signaux, traitement des données,...).

Enfin, parmi les autres utilisations possibles de l'IA à destination des entreprises, nous pouvons citer la start-up Metron, créée en 2013, qui a développé une technologie basée sur l'intelligence artificielle capable de détecter les opportunités d'économie d'énergie. En 2019, l'entreprise indique avoir évité l'émission de 25 000 tonnes de CO2<sup>15</sup>.

Les techniques d'intelligence artificielle offre donc une large palette d'outils pouvant aider à réduire l'empreinte carbone. Néanmoins, il ne s'agit pas de la seule option.

## L'ÉCO-CONCEPTION ET LE GREENCODE

L'éco-conception logicielle, ou green code est une approche apparue il y a quelques années ayant pour objectif de rendre les codes informatiques moins gourmands en ressources. En quoi consiste-t-elle ?

Que ce soit au niveau du développement Web, d'applications, d'IA, ou autre, tout peut être optimisé. Mais les processus d'optimisation ne sont pas toujours flagrants lorsque l'on écrit son code. Il faut parfois revoir l'architecture de son application ; par exemple en ajoutant, modifiant ou supprimant des design pattern (principes de conception de code) qui peuvent s'avérer très gourmands en ressources. Ou plus simplement, en changeant les formats de transfert ou de stockage de données (les formats binaires sont ainsi plus compacts que les formats texte de type JSON ou XML. Malheureusement, ils sont aussi moins... lisibles).

Les idées pour rendre un code plus éco-friendly sont infinies. Parfois complexe, comme le fait de différer certaines tâches d'une application pour économiser la batterie ; mais parfois tellement évidentes que l'on a tendance à les oublier. On peut par exemple s'efforcer de rendre les requêtes plus précises lorsque l'on consulte une base de données et ainsi éviter de faire transiter beaucoup trop d'informations qu'il faudrait retrier plus tard. Et si ce n'est pas possible, alors peut-être est-ce l'architecture de la base de données qu'il faudra revoir. En d'autres termes, on cherche d'abord à réduire la puissance informatique nécessaire au fonctionnement du logiciel. Il en découle potentiellement des économies d'énergie significatives.

Si les pistes ne manquent pas, il faut en revanche réussir à se donner la motivation et l'envie de rendre une application plus écologique.

Prenons un exemple concret : Bob, un développeur informatique, se lance dans la création d'une application web en suivant les principes de l'éco-conception. Pour cela, Bob va chercher à utiliser des technologies peu voraces en ressources adaptée à ses besoins. Ou à défaut, s'il veut utiliser un CMS (Content Management System) comme WordPress, alors il n'utilisera que les plugins véritablement utiles pour son développement.

Puis viendra le moment de coder. Le développeur devra se poser les bonnes questions : est-ce que toutes ces classes sont bien utiles ? Ais-je vraiment besoin de toutes ces polices d'écriture ? Pourquoi ne pas compresser les images ?

Une fois que tout a été codé et que Bob est fier de son application, il va utiliser un site, comme <https://www.websitecarbon.com/>, permettant d'en estimer l'empreinte carbone. Si les chiffres indiqués sont raisonnables, notre développeur va pouvoir passer au déploiement de son application. La dernière étape consistera alors à choisir un hébergeur qui utilise des énergies vertes (comme PlanetHoster ou Infomaniak par

exemple). Voilà qui conclut l'histoire de Bob et de l'éco-conception de son site internet.

Si ces différentes démarches font sens sur le plan environnemental et ne peuvent qu'être encouragées, il convient toutefois de s'interroger sur leur mise en œuvre réelle. L'absence de demande des utilisateurs, le faible intérêt économique pour les éditeurs de logiciel et la forte dilution des coûts énergétiques limitent pour l'heure leur diffusion et leur adoption. Quelques secteurs font toutefois exception, lorsque éco-conception rime avec efficacité et économie. C'est notamment le cas dans le calcul haute performance. Reste à savoir si le facteur écologique est alors un simple corollaire ou un élément décisif...

## **POLLUTION ET NUMÉRIQUE : SONDAGE AUPRÈS DES ÉTUDIANTS ET DES ENSEIGNANTS**

Ces nouvelles informations sur l'éco-conception montrent qu'il est bel et bien possible de produire du Green Code. Mais il y a peu, les auteurs de cet article, futurs développeurs informatiques, n'avaient que peu ou pas connaissance des aspects énergétiques du numérique. Qu'en était-il des autres étudiants ?

Pour répondre à cette question, un sondage a été réalisé auprès des étudiants et des enseignants-chercheurs du pôle informatique.

Le sondage portait tout d'abord sur l'idée générale du Green IT : déterminer les connaissances des étudiants dans le domaine grâce à des questions comme : Êtes-vous familier avec le terme "Green IT" ? Êtes-vous sensible à la cause environnementale ? Ce genre de questions permet d'établir des statistiques sur le niveau initial de connaissances. Par exemple, seulement un tiers des sondés s'est révélé connaître le terme Green IT, alors que 70 % se considèrent sensibles à la cause écologique. On pourrait donc se demander pour quelles raisons le Green IT est si méconnu.

La seconde partie concernait les habitudes de consommation numérique des sondés ; par exemple, combien de mails stockent-ils dans leurs boîte de réception, ou bien à quelle fréquence changent-ils de terminaux (téléphone, tablette ou encore ordinateur). On observe notamment sur cette partie que 75% des sondés savent que stocker trop de mails est nocif pour l'environnement. Cependant, leurs boîtes comportent en moyenne 4600 mails. Mais alors pourquoi les sondés ne vident-ils pas leurs boîtes mails ? Bien sûr, ils ont leur part de responsabilité, mais les clients de messagerie (Gmail, Outlook ou encore Thunderbird par exemple) n'encouragent pas non plus ce genre de comportement chez les utilisateurs. On pourrait imaginer des messages préventifs signalant que la boîte mail contient plus de 100 mails déjà lus et que certains pourraient être supprimés.

Par ailleurs, en moyenne un sondé passe 28 heures par semaine sur des services de streaming (comme Youtube, Twitch ou encore Spotify). Or, une heure de streaming Youtube équivaut à une émission de 100 grammes de CO<sub>2</sub>. Toutefois, on note que 91% des sondés ignorent totalement cet aspect du streaming. Souvent, ce genre de consommation n'est pas l'activité principale de l'utilisateur, mais plutôt une sorte de "bruit de fond", accompagnant une autre activité. Typiquement, ces services vont chercher à maximiser le temps de visite des utilisateurs : notamment en proposant continuellement du nouveau contenu : vidéos et musiques s'enchaînent automatiquement. L'impact au niveau mondial, avec des millions d'utilisateurs en simultanés, peut vite devenir colossal. Heureusement, de nouvelles lois arrivent aujourd'hui pour lutter contre ce genre de dérive. De tout cela nous reparlerons dans la section suivante.

Enfin, 78% des sondés ont indiqué qu'ils souhaiteraient lire le présent article, qui était alors en gestation, montrant ainsi leur intérêt croissant pour la question des économies d'énergie.

En résumé, le sondage nous a montré que l'aspect écologique intéresse globalement les sondés, mais que mettre en application des mesures concrètes n'est pas forcément facile.

## L'ÉVOLUTION DES LOIS EN FRANCE

Pour naviguer sur internet, nous avons seulement besoin d'un terminal (ordinateur, téléphone par exemple) et d'un accès à internet. Il est très rare de devoir payer pour accéder à un site web. Bien sûr, il existe des services payants, comme Netflix ou Prime Video, mais la plupart des sites présents sur la toile se rémunèrent grâce à la publicité affichée aux utilisateurs. Aussi cherchent-ils à conserver l'utilisateur le plus longtemps possible sur leurs services dans le but de maximiser la quantité de publicités affichées<sup>16</sup>. Ce genre de modèle économique encourage les entreprises du numérique à innover constamment pour agripper les consommateurs. On pense notamment aux vidéos qui se lancent automatiquement, aux playlists interminables, aux recommandations toujours plus précises.

Pour lutter contre ce genre de dérive, de nouvelles lois font leur apparition. Par exemple en France, la loi EEN (Empreinte environnementale du numérique), dont le texte a été lu et adopté par le Sénat le 12 janvier 2021<sup>17</sup>, cherche à encadrer et réduire le bilan carbone du numérique en France. Elle prévoit par exemple une interdiction du lancement automatique des vidéos. La loi EEN<sup>18</sup> repose sur 4 leviers pour être efficace.

Le premier de ces leviers, c'est la prise de conscience. Rappelons que 91% des répondants à notre sondage ne savaient pas que regarder des heures de vidéos polluait autant, alors que 70% d'entre eux se considéraient sensibles à la cause écologique. Il est donc nécessaire de faire prendre conscience aux consommateurs de leur empreinte carbone. Par exemple, la loi prévoit que les services de VOD indiquent,

lors de la lecture, selon le type de connexion utilisée et selon le niveau de résolution proposé, la quantité de données correspondant à l'utilisation de leurs services et les émissions de gaz à effet de serre correspondant<sup>19</sup>. D'autres actions sont aussi prévues, comme l'ajout du thème de la sobriété numérique dans la formation à l'utilisation responsable des outils numériques à l'école.

Le second levier vise à lutter contre l'obsolescence programmée et le renouvellement des terminaux. En effet, la pollution directe liée au recyclage (ou plutôt à l'absence de recyclage) des terminaux reste l'un des éléments majeurs de la pollution du secteur, en France comme dans le monde. L'objectif est d'abord d'encourager les consommateurs à conserver plus longtemps leurs terminaux. Pour cela, la loi propose notamment d'augmenter de 3 ans la durée minimale pendant laquelle le consommateur doit pouvoir recevoir des mises à jour nécessaires au maintien de la conformité de ses biens. Elle propose également d'ajouter le terme d'"obsolescence logicielle" à la définition de l'obsolescence programmée dans le code de la consommation. Un autre objectif de ce levier est de rendre l'achat de produits recyclés plus attractifs. Avec notamment une baisse de la TVA sur les produits reconditionnés.

Le troisième levier de cette loi cherche à opérer une transition du secteur vers un numérique plus vert et écologiquement vertueux. Pour cela, un référentiel de l'éco-conception sera créé dans le but de fixer des règles de conduite pour garantir une certaine qualité écologique des principaux sites internet. En effet, la loi prévoit que les fournisseurs de contenu dépassant un certain chiffre d'affaires devront respecter les règles d'éco-conception, sous peine de sanctions. C'est aussi dans ce but que la loi prévoit l'interdiction du démarrage automatique des vidéos.

Et enfin, le quatrième levier s'attaque aux datacenters. Il est question, par exemple, de la souscription par les datacenters à des engagements pluriannuels contraignants de réduction de leurs impacts environnementaux. L'objectif est de pouvoir suivre plus facilement l'évolution de l'impact des datacenters.

## **LES DATACENTERS : ÉCHANGE AVEC JEAN-LOUIS ROUET**

Comme le montre la loi EEN, les datacenters font partie des facteurs majeurs de pollution dans le secteur du numérique. Plusieurs éléments sont à prendre en compte, parmi lesquels, le système de refroidissement ainsi que le renouvellement des machines.

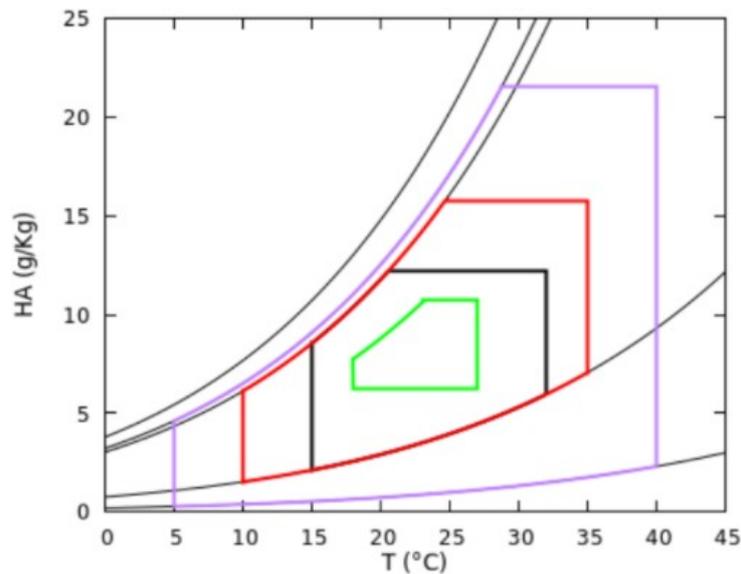
Les auteurs de cet article ont pu réaliser une interview de Jean-Louis Rouet, professeur de physique à l'Université d'Orléans, qui est responsable de la fédération « Calcul Scientifique et Modélisation Orléans Tours » (aussi appelé CaSciModOT), et co-fondateur du Centre de Calcul Scientifique associé à cette fédération.

Cette échange a permis d'obtenir des informations sur l'origine du centre, les moyens mis en place pour limiter les consommations d'énergie, la fréquence de remplacement des machines, et l'optimisation du code qui y est exécuté.

La première motivation a été de regrouper des moyens numériques : partager la puissance de calcul. Cela était déjà fait à petite échelle. Bâtir un centre de calcul régional a permis de le faire à une plus grande échelle, et donc de disposer de machines plus puissantes tout en évitant leur duplication dans plusieurs laboratoires. Cela a également eu pour conséquence de partager les coûts et de limiter les besoins administratifs liés aux machines de calcul.

Pour ce qui est de la limitation des consommations énergétiques, le centre de calcul était originellement installé dans une salle qui n'était pas très efficace d'un point de vue énergétique. L'efficacité énergétique d'un datacenter ou d'un centre de calcul est représentée par son PUE (Power Usage Effectiveness), qui représente le ratio entre l'énergie consommée au total et celle consommée par les équipements informatiques. A la suite d'un appel d'offre, le centre de calcul a pu évoluer vers une solution de refroidissement Free Cooling par air qui leur a permis d'atteindre un remarquable indice PUE de 1,03 : pour 1 watt consommé par les machines, 0,03 watts seulement sont consommés par les systèmes de refroidissement. Il faut noter que les solutions de refroidissement par air sont relativement récentes. Elles ont été rendues possibles par la robustesse croissante des serveurs, notamment face à des conditions de température et d'humidité plus variables qu'en présence d'une climatisation traditionnelle.

Les fabricants de serveurs doivent répondre aux normes ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), qui définissent les plages de température et d'humidité dans lesquelles les machines peuvent fonctionner. Le diagramme ci-dessous indique les valeurs recommandées (en vert), ainsi que des plages plus tolérantes, libellées A1, A2 et A3 (respectivement en noir, rouge et mauve). Dans l'idéal, la salle doit rester dans la zone verte, mais il faut que les valeurs de température et d'humidité ne dépassent pas les recommandations des différentes classes. Toutefois, il s'agit de bien comprendre que les zones A1, A2 et A3 sont avant tout des normes : les équipements doivent indiquer s'ils les supportent ou non. Il y a une dizaine d'années, les équipements de datacenter supportaient essentiellement la zone A1. Aujourd'hui la plupart des constructeurs proposent des machines supportant la zone A3 (et même une zone A4, non représentée sur la figure, qui correspond approximativement à la zone A3 prolongée vers des températures plus élevées).



*Diagramme montrant les conditions recommandées (humidité absolue et température)*

Pour ce qui est de la fréquence de renouvellement, les machines ne sont pas mises à jour ou remplacées. Le centre de calcul s'étend via l'ajout de nouvelles machines tous les 5 ans environ. Ainsi, la puissance de calcul totale s'améliore au fil du temps, tout en conservant les machines qui fonctionnent déjà. Le fait de garder plusieurs machines dans le centre de calcul rend possible l'exécution de multiples programmes simultanément. Cela permet de réduire l'impact écologique lié à l'abandon des anciennes machines, mais cela a un impact sur la pollution par heure CPU : les anciennes machines sont moins efficaces, et donc plus polluantes que les machines récentes.

Par conséquent, pour calculer l'impact écologique et environnemental d'un centre de calcul, il faut tout prendre en compte : les méthodes de refroidissement, l'efficacité énergétique des machines, leur coût environnemental de fabrication et leur recyclage. Par exemple, un centre de calcul qui remplacerait tous les 3 ans ses machines pour conserver une efficacité énergétique haute, aurait un impact important à cause du recyclage des anciennes machines.

Pour ce qui est du code exécuté dans le centre de calcul, l'optimisation des codes n'est pas vérifiée. Elle revient aux programmeurs, qui pour la plupart se situent dans une optique de performance et donc d'optimisation. Il faut noter qu'estimer le niveau d'optimisation des applications n'est pas une opération triviale et supposerait en outre d'avoir accès aux codes sources, ce qui n'est pas toujours possible.

Notons que depuis la réalisation de cet interview, le centre de calcul a migré au sein d'un datacenter régional, doté d'un PUE un peu plus élevé mais permettant une intégration à plus grande échelle.

# LES GÉANTS DU NUMÉRIQUE : LE CAS DE GOOGLE

Google est le leader mondial de la recherche internet, avec plus de 92% de parts du marché<sup>20</sup>.

Pour assurer ses services, le géant a installé de nombreux datacenters partout dans le monde. On en compte à ce jour 32 au total, dont 16 en Amérique du Nord et 8 en Europe<sup>21</sup>. Le PUE moyen de ces datacenters durant l'année 2020 est de 1,10<sup>22</sup>.

Google a annoncé être neutre en carbone depuis 2007<sup>23</sup>. Ainsi, le géant du Web se donne une image de bon élève face à ses concurrents. Mais être neutre en carbone ne signifie pas ne plus polluer : il s'agit ici de compenser son impact carbone en participant à des projets à impact positif sur l'environnement. Ainsi, Google n'a pas éliminé ses émissions de gaz à effet de serre, mais les « neutralise » via des projets verts.

Par exemple, Google a investi dans un projet de valorisation du méthane produit par la décomposition de déchets organiques, dans un centre d'enfouissement de l'État de New York<sup>24</sup>. 1 kg de méthane a le même impact sur l'environnement que 21 kg de CO<sub>2</sub><sup>25</sup>. Le méthane capturé par le centre est transformé en électricité et permet ainsi d'alimenter environ 3 300 foyers de la région.

Depuis 2017, Google achète des énergies renouvelables pour compenser sa consommation d'électricité annuelle mondiale<sup>23</sup>. Par exemple, sur l'année 2019, ses installations étaient alimentées pendant 84% de l'année via de l'énergie renouvelable<sup>26</sup>. L'objectif de Google sur le long terme est de faire fonctionner toute l'année ses datacenters avec une électricité verte.

On pourra se demander pourquoi Google communique autant sur son côté écologique et respectueux de l'environnement, quand d'un autre côté ses services sont pensés pour maximiser le temps d'utilisation, et donc par extension consommer le plus possible.

Il faut également souligner qu'au delà les nombreux produits purement logiciels de Google (recherche internet, streaming vidéo avec YouTube, messagerie avec Gmail, ou encore stockage cloud avec Google Drive), la firme propose également des téléphones portables Pixel, ainsi que les enceintes connectées Google Home<sup>27</sup>.

La production de ces appareils électroniques nécessite l'extraction de matériaux rares, processus polluant aussi bien les sols et l'air que l'eau. Ces éléments, non renouvelables, sont de plus en plus complexes à exploiter dans le monde, et la miniaturisation des composants électroniques rend difficile la récupération des matériaux lors de la phase de recyclage<sup>28</sup>.

## CONCLUSION

Les nouvelles technologies, l'intelligence artificielle, les usages du numérique : nos mails, le streaming ; mais aussi le développement informatique et les datacenters. Ces sujets sont parmi les axes majeurs de l'écologie dans le numérique. Au travers de cet article, nous voulions vous faire prendre conscience qu'il était possible pour le numérique d'être éco-responsable et durable.

Néanmoins, ce n'est pas automatique. Notre consommation reste en augmentation et nos connaissances sur les impacts environnementaux du secteur restent limitées. Et puis, si l'efficacité énergétique du numérique s'améliore et permet de consommer moins de ressources, cela peut engendrer une surconsommation des services. C'est le paradoxe de Jevons<sup>29</sup>, ou "effet rebond", qui suggère qu'une meilleure utilisation des ressources engendrerait un changement dans la façon de la consommer. Ce changement tendrait vers une surconsommation de ladite ressource.

Mais nous pouvons garder espoir. Aujourd'hui, les consciences s'éveillent, et la tendance écologique semble se globaliser, jusqu'à toucher le secteur du numérique.

De nouvelles technologies, comme l'intelligence artificielle, sont utilisées pour nous aider au quotidien à atteindre les objectifs du développement durable. Les entreprises du numérique, comme Google, s'orientent de plus en plus vers des énergies vertes pour alimenter leurs activités. La lutte contre l'obsolescence programmée et la surconsommation des services se renforce, avec la loi EEN en France par exemple. L'ajout de l'aspect écologique dans le cycle de vie des projets informatiques, avec l'éco-conception ou encore le choix de refroidissement des datacenters. Aujourd'hui, les choses se mettent en mouvement pour orienter le secteur du numérique vers l'écologie et le développement durable.

Avec cet article, nous espérons avoir réussi à vous apporter des éléments de réponses et de réflexion sur le sujet du Green IT. Si vous souhaitez poursuivre votre étude du sujet, toutes nos sources sont disponibles dans la bibliographie de la page suivante.

# SOURCES & POINTEURS

## Introduction

1 - A. Patard **Etude : le numérique en France en 2020**, Le blog du modérateur, 2020 <https://www.blogdumoderateur.com/internet-reseaux-sociaux-france-2020/#:~:text=Sur 65%2C2 millions d,%2C2%25 sur un an>

2 - **Part d'utilisateurs d'internet en France de 2000 à 2018**, Statista, 2020 <https://fr.statista.com/statistiques/472073/utilisateurs-internet-france/>

3 - R. Aquafadas **Le monde numérique d'aujourd'hui : les statistiques utiles**, emarketing.fr, 2017 <https://www.e-marketing.fr/Thematique/management-1090/Breves/monde-numerique-aujourd-hui-statistiques-utiles-321667.htm>

4 - M. Delamarche **Quand le stockage de données consommera plus d'énergie que le monde n'en produit...** L'usine nouvelle, 2018 <https://www.usinenouvelle.com/article/wmf2018-quand-le-stockage-de-donnees-consommerait-plus-d-energie-que-le-monde-n-en-produit.N714019>

5 - J. Delépine **L'insoutenable croissance du numérique** Alternatives économiques n°397, pp. 24-27, 2020. [Article cairn](#)

## Numérique et pollution

6 - S. Dauphin, K. Dufrêche **La pollution numérique en France est surtout due à la fabrication des appareils, pas à leur utilisation** France Inter, juin 2020 <https://www.franceinter.fr/environnement/trop-d-appareils-qu-on-abandonne-trop-vite-des-experts-alertent-sur-la-pollution-numerique>

7 - **Site du collectif Conception Numérique Responsable** <https://collectif.greenit.fr/>

8 - C. Grivot, **Stop au gaspillage numérique** site de Mc2i Explorers, novembre 2020 <https://explorers.mc2i.fr/stop-au-gaspillage-numerique>

9 - L. Cailloce **Numérique : Le grand gâchis énergétique** CNRS Le Journal, mai 2018 <https://lejournel.cnrs.fr/articles/numerique-le-grand-gachis-energetique>

## Le cas particulier de l'intelligence artificielle

10 - **Atos et Météo-France optimisent la gestion de la production d'électricité renouvelable** Communiqué de presse, site web Météo France, novembre 2019 <https://meteofrance.fr/actualite/presse/atos-et-meteo-france-optimisent-la-gestion-de-la-production-delectricite>

11 - U. Hölzle **Data Centers are more efficient than ever** Google blog, février 2020 <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/data-centers-energy-efficient/>

12 - **Ecojoko** <https://www.ecojoko.com/>

13 - **Ville Intelligente** Wikipedia [https://fr.wikipedia.org/wiki/Ville\\_intelligente](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ville_intelligente)

14 - **Projet AI4Water** Site web de l'entreprise DHI GRAS  
<https://www.dhi-gras.com/projects/evapotranspiration/>

15 - C. Deb **L'intelligence artificielle mise au service de l'optimisation énergétique** Techniques de l'ingénieur, mars 2020  
<https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/lintelligence-artificielle-mise-au-service-de-loptimisation-energetique-76229/>

## L'évolution des lois en France

16 - Sénat **Audition de MM. Sébastien Gros, responsable des affaires publiques, Clément Lelong, chargé des initiatives environnementales, et Olivier Knoepffler, responsable des relations clients - Apple France**  
Commission de l'aménagement du territoire et du développement durable : compte rendu de la séance du 20 octobre 2020  
<http://www.senat.fr/compte-rendu-commissions/20201019/devdur.html#toc6>

17 - Sénat **Réduire l'empreinte environnementale du numérique** Compte rendu analytique officiel du 12 janvier 2021  
[http://www.senat.fr/cra/s20210112/s20210112\\_5.html#par\\_360](http://www.senat.fr/cra/s20210112/s20210112_5.html#par_360)

18 - Journal Officiel **LOI n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France**, J.O. du 16 novembre 2021  
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044327272>

19 - Sénat **Amendement de repli propose que l'obligation d'information relative à la consommation de données et à la production de CO2 associées à la lecture d'un contenu** 12 janvier 2021  
[http://www.senat.fr/enseance/2020-2021/243/Amdt\\_53.html](http://www.senat.fr/enseance/2020-2021/243/Amdt_53.html)

## Les géants du numérique : le cas de Google :

20 - **Search Engine Market Share Worldwide** StatCounter GlobalStats  
<https://gs.statcounter.com/search-engine-market-share>

21 - **Google data centers** Wikipedia  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Google\\_data\\_centers](https://en.wikipedia.org/wiki/Google_data_centers)

22 - **Efficacité [des data centers]** Google  
<https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/>

23 - **Carbon-Free Energy : Operating on 24/7 Carbon Free Energy by 2030**  
Google Sustainability <https://sustainability.google/progress/energy/>

24 - **Projets environnementaux : Valoriser les déchets dans le nord de l'État de New York** Google Sustainability, février 2018

<https://sustainability.google/intl/fr/progress/projects/landfill-NewYork/>

25 - **Définition de l'équivalent CO2** Actu-Environnement

[https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/equivalent\\_co2.php4#:~:text=Par%20exemple%2C%201%20kg%20de,comme%20310%20kg%20de%20CO2](https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/equivalent_co2.php4#:~:text=Par%20exemple%2C%201%20kg%20de,comme%20310%20kg%20de%20CO2)

26 - **Carbon Heat Map : every hour of electricity use at Iowa data center in 2019**

[https://lh3.googleusercontent.com/gouGNmd5hTfGcxFWkaZMMTHCh7RUIB6cReO20CnOcFODzLVJkC8vNkasfi9MhGTd4c\\_2r-a7v3yTLUoIPd8gyw5J1gYB65r9W-KClul=w1600](https://lh3.googleusercontent.com/gouGNmd5hTfGcxFWkaZMMTHCh7RUIB6cReO20CnOcFODzLVJkC8vNkasfi9MhGTd4c_2r-a7v3yTLUoIPd8gyw5J1gYB65r9W-KClul=w1600)

27 - **Présentation des produits Google** Google <https://about.google/intl/fr/products/>

28 - **Les impacts du Smartphone** Ademe, décembre 2019

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-impacts-smartphone.pdf>

## **Conclusion**

29 - F. Bordage **L'effet rebond dans le numérique est-il évitable?** GreenIT.fr, février 2014

<https://www.greenit.fr/2014/02/19/l-effet-rebond-dans-le-numerique-est-il-evitable/>