

**Louvain School of Management**

**La pollution numérique : état des lieux de la prise de conscience de son impact et mesure d'efficacité relative de diverses techniques d'influence pour la résorber**

Auteur : Hugo Evrard  
Promoteur(s) : Chantal de Moerloose  
Année académique 2019-2020

## *Résumé*

### **Objectif**

Ce travail de fin d'études a pour objectif d'évaluer la prise de conscience de l'impact environnemental de la pollution numérique et des diverses techniques pour la résorber.

### **Méthodologie**

Cette recherche a été divisée en deux parties. Dans un premier temps, une revue de littérature complète et détaillée sur la pollution numérique a été établie. Suivie de questions de recherches et d'une série d'hypothèses. Dans un second temps, un questionnaire a été rédigé afin de tester les hypothèses auprès d'un échantillon d'individus via une analyse quantitative à l'aide du logiciel SPSS.

### **Conclusion générale**

La pollution numérique est principalement étudiée sur base de la consommation d'électricité des technologies de l'information et communication (TIC), pouvant être cartographiées en 4 catégories : les data centers, l'infrastructure réseau, les appareils grand public et la production liée à ces 3 catégories. Par ailleurs, son impact environnemental est sous-estimé à cause de l'effet rebond qui ne permet pas d'évaluer précisément l'utilisation des TIC.

Il ressort de la recherche empirique que la production des TIC est perçue comme la plus grande source de consommation d'électricité. Deux variables influencent la perception des personnes interrogées dans l'étude : l'âge et la typologie des utilisateurs d'internet. Les gestes les plus fréquents visant à réduire la consommation énergétique liée aux TIC sont : éviter de télécharger du contenu que l'individu n'utilisera pas, éviter de télécharger du contenu qu'il possède déjà, mettre les pages internet en barre de favoris et mettre les appareils en économie d'énergie. Les réseaux sociaux et le bouche-à-oreille sont les deux techniques d'influence les plus efficaces pour sensibiliser les personnes à la pollution numérique.

## *Avant-propos*

*Tout d'abord, je tiens à remercier ma promotrice, Madame Chantal de Moerloose, pour son accompagnement, ses lectures et remarques constructives tout au long de l'encadrement de ce travail de fin d'études.*

*Mes remerciements vont également aux personnes ayant pris le temps nécessaire pour répondre à mes interviews et à mon questionnaire, sans lesquelles ce travail n'aurait pu aboutir.*

*Enfin, je remercie toutes les personnes qui m'ont soutenu dans la réalisation de ce projet et qui, de cette manière, m'ont aidé à la rédaction et à la réalisation de ce travail de fin d'études.*

## Table des matières

<b>1. Introduction</b> .....	1
<b>2. Revue littéraire sur la pollution numérique</b> .....	2
<b>2.1. Définition de la pollution numérique</b> .....	2
<b>2.2. Définition des technologies de l'information et communication</b> .....	3
<b>2.3. Cadre de l'impact environnemental des TIC</b> .....	4
2.3.1 Les produits/services les plus recherchés .....	4
2.3.2 L'analyse du cycle de vie .....	4
2.3.3 Classification des TIC .....	6
2.3.4 Les types d'impacts .....	8
<b>2.4. Consommation énergétique des TIC</b> .....	11
<b>2.5. Internet</b> .....	13
2.5.1 Le trafic de données .....	13
2.5.2 Gaspillage numérique.....	15
<b>2.6. Conclusion de la revue littéraire</b> .....	16
<b>3. Étude empirique</b> .....	18
<b>3.1 Méthodologie de l'étude</b> .....	18
3.1.1 Énoncé de la question d'étude.....	18
3.1.2 Présentation des questions de recherche et hypothèses à tester .....	20
3.1.3 Conception du questionnaire .....	20
3.1.4 Matrice des hypothèses/questions .....	21
3.1.5 Collecte des données .....	21
3.1.6 Préparation des données .....	22
<b>3.2 Description de l'échantillon</b> .....	22
<b>3.3 Analyse des résultats</b> .....	24
3.3.1 Quelle est la perception des utilisateurs des TIC concernant la pollution engendrée par leur utilisation ?.....	24
3.3.2 Quelle(s) technique(s) d'influence serai(ent) le(s) plus efficace pour sensibiliser les jeunes auprès de la pollution numérique .....	29
3.3.3 Est-ce que certaines variables influencent la perception des utilisateurs des TIC et la mise en place de technique(s) d'influence ?.....	31
3.3.4 Tableau récapitulatif des vérifications d'hypothèses .....	35
<b>3.4 Discussion des résultats</b> .....	36
<b>4. Conclusion</b> .....	37
<b>Bibliographie</b> .....	41
<b>Annexe</b> .....	50

Annexe I : Questionnaire.....	50
Annexe II : Manipulations.....	56
Annexe III : Méthodologie T-test.....	56
Annexe IV : Méthodologie Test ANOVA .....	58

## 1. Introduction

Les technologies de l'information et communication (TIC) ont pris une place centrale dans nos vies. Elles ont fondamentalement transformé notre façon de travailler, de communiquer, de voyager et de nous divertir au cours des dernières décennies. Cependant, leur fabrication et utilisation sont une source importante de consommation d'électricité. Cette consommation est connue sous le nom de pollution numérique ou digitale.

Malgré son expansion, elle reste un objet d'étude relativement récent et complexe dans la littérature. Peu de recherches s'accordent sur une définition universelle, utilisant l'une l'autre des chiffres, terminologies et angles d'analyse différents.

Cette recherche analyse la pollution numérique au niveau de la prise de conscience de son impact environnemental et des différentes mesures pour la résorber.

La première partie de l'étude est consacrée à un état de l'art des différentes définitions présentes dans la littérature sur la pollution numérique et technologies de l'information et communication (TIC), de leur impact environnemental ainsi que leur consommation énergétique. Cette partie se terminera par une attention portée sur l'utilisation d'internet.

La deuxième partie de cette recherche répond aux différentes questions de recherches et hypothèses tirées au préalable de la revue littéraire via une étude quantitative. A cette fin, un questionnaire a été proposé en ligne dans le but de collecter des données et de confirmer ou infirmer les hypothèses. Les résultats seront présentés et discutés au terme de cette partie.

## 2. Revue littéraire sur la pollution numérique

### 2.1. Définition de la pollution numérique

Il existe de nombreuses définitions différentes pour la pollution numérique. Sur Internet plusieurs acteurs comme des entreprises, des chercheurs et des bloggeurs ont tous leur propre définition plus ou moins large. Selon le rapport de Cleanfox (2017b), la pollution numérique *est la pollution engendrée par le fonctionnement du réseau Internet*. Un article paru sur le site Lendopolis (2019) définit la pollution numérique comme *l'impact environnemental du secteur des nouvelles technologies et d'internet*. La commission européenne fait référence aux technologies de l'information et communication lorsqu'elle présente son agenda digital (European Commission, 2013). Le rapport de The Shift Project (Ferreboeuf, 2018) délimite la pollution numérique par l'impact environnemental et énergétique des équipements suivants : les réseaux de télécommunication, les data centers, les terminaux (ordinateurs personnels, tablettes, smartphones, téléphones portables traditionnels, « boxes », équipements audiovisuels connectés) et l'Internet of Things.

Du côté de la littérature scientifique, les termes de pollution digitale ne sont pas encore véritablement adoptés par les chercheurs. Seuls Gomes & Oliveira (2018) définissent brièvement la pollution digitale comme la pollution engendrée par le stockage de données numériques, la génération d'informations électroniques, l'utilisation d'internet et son infrastructure. Cependant, de nombreuses études scientifiques se penchent sur l'impact environnemental des technologies de l'information et communication (TIC) dont leurs champs d'application ressemblent fortement aux définitions de la pollution digitale citées précédemment.

Pour la plupart des études, cet impact est calculé sur base de la consommation d'électricité qui peut être exprimée en émission de gaz à effet de serre. Ces recherches comprennent généralement un nombre significatif d'appareils (plus d'une dizaine) (Andrae & Edler, 2015 ; Belkhir & Elmeligi, 2018 ; GESI, 2008 ; GESI, 2012 ; Horner et al., 2016 Malmodin et al., 2010 ; Van Heddeghem et al., 2014).

D'autres études prennent en compte la pollution liée à l'extraction des métaux rares, à la santé ou sur les écosystèmes. Ces recherches sont plus restrictives et analysent seulement certaines catégories d'appareils comme les ordinateurs, moniteurs, TV et smartphones (Park et al., 2006 ; Ahmadi Achachlouei et al., 2015 ; Moberg et al., 2010 ; Suckling & Lee, 2015).

Afin d'avoir une vue globale de l'impact environnemental des TIC, ce travail va s'appuyer sur les études calculant la consommation d'électricité de ces technologies. Cette approche permet de pouvoir comparer plus facilement les études entre elles puisqu'elles s'appuient sur la même unité, le kilowatt heure.

## 2.2. Définition des technologies de l'information et communication

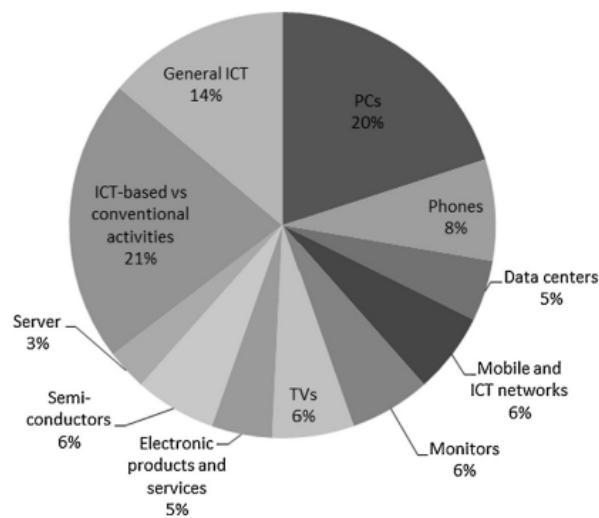
Selon UNESCO (s.d), les TIC sont *un ensemble d'outils et de ressources technologiques permettant de transmettre, enregistrer, créer, partager ou échanger des informations, notamment les ordinateurs, l'internet (sites Web, blogs et messagerie électronique), les technologies et appareils de diffusion en direct (radio, télévision et diffusion sur l'internet) et en différé (podcast, lecteurs audio et vidéo et supports d'enregistrement) et la téléphonie (fixe ou mobile, satellite, visioconférence, etc.).*

Les TIC ont pris une place centrale dans notre société et ont considérablement changé la façon dont les personnes vivent, se déplacent et voyagent. Par ailleurs, l'industrie des TIC a une image plutôt positive en ce qui concerne son impact environnemental (Belkhir & Elmeligi, 2018). Par exemple, l'e-commerce, le télétravail et les vidéos conférences ont réduit les déplacements des personnes et des marchandises dans le monde entier et, par conséquent, la consommation de pétrole et des émissions de gaz à effet de serre (Yi & Thomas, 2007). Cependant, les TIC sont également responsables d'une forte croissance de la consommation d'énergie et deviennent un acteur important dans les émissions de gaz à effet de serre (Belkhir & Elmeligi, 2018 ; Van Heddeghem et al., 2014 ; Malmodin et al., 2010).

## 2.3. Cadre de l'impact environnemental des TIC

### 2.3.1 Les produits/services les plus recherchés

Il existe de nombreuses études qui essaient d'estimer l'impact environnemental des TIC. Il apparaît qu'une grande partie des recherches se concentrent sur les ordinateurs et les comparaisons entre les activités traditionnelles et basées sur les TIC (Arushanyan et al., 2014). Tandis que les data centers, les infrastructures réseau et les produits tels que caméras, appareils audios sont peu étudiés (voir figure 1).



**Figure 1 : Répartition des produits/services recherchés par la littérature scientifique (Arushanyan et al., 2014)**

### 2.3.2 L'analyse du cycle de vie

L'analyse du cycle de vie d'un bien, un service ou un procédé est *la compilation et évaluation des consommations d'énergie, des utilisations de matières premières, et des rejets dans l'environnement, ainsi que de l'évaluation de l'impact potentiel sur l'environnement associé à un produit, ou un procédé, ou un service, sur la totalité de son cycle de vie* (ISO, 2019).

Une question courante est de déterminer la phase la plus importante en termes d'impact environnemental parmi l'extraction des matières premières, la fabrication, l'utilisation et la fin de vie des appareils.

Le *tableau 1* met en évidence les phases les plus polluantes de certains appareils ou services selon leur cycle de vie. Ce tableau a pour but de donner une idée générale des différentes phases. Il faut avoir une lecture horizontale du tableau et ne pas comparer les produits entre eux.

**Tableau 1 : Cycle de vie de diverses appareils et services en fonction de leur degré de pollution**

Appareils/services	Extraction	Production	Utilisation	Fin de vie	Auteurs
Smartphone, liseuse, tablette	---	--	-	sd	Park et al. (2006) ; Bergelin, 2008 ; Singhal, 2005; Ahmadi Achachloue et al., 2015 ; Suckling & Lee, 2015
Data center, serveur	sd	--	---	sd	Wang, 2013 ; Bitencourt de Oliveira, 2012 ; Honee et al. 2012 ; Malmodin et al., 2010
TV	--	--	---	sd	Feng & Ma, 2009 ; Engster et al., 2007
PC (sans écran)	sd	---	--	+++	Engster et al., 2007 ; Choi et al., 2006 ; Williams, 2011
PC (avec écran)		--	---		

Source : Établi par l'auteur, sur base des articles suivants repris dans le tableau

Légende : --- = Forte pollution

+++ = Grand potentiel de réduction d'empreinte carbone

Sd= Sans données

Il en ressort que les réseaux de données, *data centers* et serveurs auront une consommation d'électricité bien plus importante dans la phase d'utilisation à cause de leur longue durée de vie (Malmodin et al., 2010).

Concernant les GSM, smartphones, téléphones, liseuses, et tablettes la phase de production est la plus polluante pour l'environnement à cause des matières premières (Park et al., 2006 ; Ahmadi Achachloue et al., 2015 ; Moberg et al., 2010). Selon Suckling & Lee (2015), la phase d'extraction et de production représentent 74,1% de l'impact environnemental des smartphones. L'extraction des matières premières des TIC est particulièrement polluante car elle nécessite des métaux rares dont la Chine avait 97% de la production en 2009 (Le Parisien,

2011). Étant donné leur extraction et raffinage, ces métaux rares entraînent le rejet de métaux lourds, d'acide sulfurique voire d'uranium dans l'environnement. D'après un article paru dans la Relève (2018), la fabrication des ordinateurs et téléphones portables consomme 19 % de la production globale de métaux rares comme le palladium et 23 % du cobalt.

Les études sont plus mitigées pour les ordinateurs car il y a plus de variables à prendre en compte. Par exemple, la phase d'utilisation sera plus polluante pour les PC si les études prennent en compte leur écran alors que d'autres recherches considèrent la phase de production comme étant la plus polluante si les écrans ne sont pas comptabilisés.

Ensuite, il y a peu d'études sur la fin de vie des TIC. Cela est dû à la difficulté de tirer des conclusions pertinentes sur l'impact environnemental de cette phase (Arushanyan et al., 2014). Pourtant, la fin de vie des appareils électroniques a également un impact considérable. Les déchets électroniques (smartphones, TV, ordinateurs) sont devenus l'une des catégories de déchets avec la plus forte croissance annuelle mondiale (5%) (Sun et al., 2015 ; Chi et al., 2011). Par an, il y aurait entre 20 à 25 millions de tonnes de déchets électroniques produit dans le monde et ceux-ci contaminent l'eau, l'air, les sols et les humains (Robinson, 2009). Cependant, cette phase a probablement le plus grand potentiel pour réduire son empreinte écologique grâce au recyclage (Engster et al., 2007 ; Hirschier & Baudin, 2010).

En résumé, la phase de production et celle d'utilisation semblent être les plus importantes en termes d'énergie consommée. Pour la plupart des appareils, la phase d'utilisation est la plus polluante et est causée par une consommation d'électricité considérable. Alors que la phase de fabrication a plus d'impact sur les ressources et les écosystèmes (Arushanyan et al., 2014).

### 2.3.3 Classification des TIC

Les auteurs de ces recherches analysent de manière très globale la consommation d'électricité des TIC et identifient un large nombre d'appareils technologiques. Il n'existe pas de définition standard pour ce qui est inclus dans les TIC. Bien que les auteurs aient classifié les TIC selon des catégories similaires, elles ne comprennent pas toujours les mêmes appareils ou services. Par exemple, Malmodin et al. (2010) comptabilisent l'électricité nécessaire liée au réseau de

transport alors que Belkhir & Elmeligi (2018) ne l'incluent pas dans leurs recherches (voir tableau 2).

**Tableau 2 : Classification des TIC sur base de leur consommation d'électricité**

Auteurs	Catégories				Exclu
<b>Andrae &amp; Edler (2015)</b>	<b>Appareils grand public :</b>  Ordinateur, smartphone, tablette et TV (avec périphérique)	<b>Infrastructure réseau :</b>  Internet par câble, Wi-fi, 2G, 3G, ...	<b>Data center :</b>  Aucune information	<b>Production :</b>  Une catégorie à part entière	Satellite, imprimante, thermostat intelligent, lecteur de musique, robot, batterie portable
<b>Van Heddeghe m et al. (2014)</b>  <b>GESI (2008)</b>  <b>GESI (2012)</b>	<b>Ordinateurs personnels :</b>  Ordinateur portable, de bureau, écran d'ordinateur (CRT et LCD)	<b>Réseau de communication :</b>  Routeur, modem, décodeur, borne passante, équipement de réseau des entreprises	<b>Data centers :</b>  Serveur, infrastructure, stockage	<b>Production :</b>  /	TV, GSM (smartphone), imprimante, tablette
<b>Belkhir &amp; Elmeligi (2018)</b>	<b>Appareils informatiques :</b>  Ordinateur de bureau, notebook, écran d'ordinateur (CRT et LCD), smartphone, tablette	<b>Réseau de communication :</b>  Routeur, modem, borne passante, équipement de réseau des entreprises	<b>Data centers :</b>  Serveur, communication, stockage, alimentation et refroidissement	<b>Production :</b>  Elle est incluse dans les 3 autres catégories	TV, décodeur, imprimante et tablette
<b>Malmodin et al. (2010)</b>	<b>Ordinateurs :</b>  Tous les ordinateurs	<b>Télécommunication fixe et mobile :</b>  Borne passante, système de refroidissement et d'alimentation, électricité utilisée pour les sites internet, magasin, bureaux, générateur diesel	<b>Data center, réseau d'entreprise et de transport :</b>  Routeur (LAN, WAN), stockage de données, serveur	<b>Production :</b>  /	TV, imprimante et media traditionnel
<b>Horner et al. (2016)</b>	<b>E-commerce :</b>	<b>E-matérialisation:</b>  e-book, streaming (video/audio), ...	<b>Télétravail :</b>	<b>Monitoring &amp; contrôle :</b>	

	L'infrastructure , le transport, ...		Collaboration virtuelle (software, réseau, fichier électronique, ...)	Les systèmes permettant de contrôler et surveiller	
--	--	--	---	---	--

Source : Établi par l'auteur, sur base des articles suivants : Andrae & Edler (2015) ; Belkhir & Elmeligi (2018) ; GESI (2008) ; GESI (2012) ; Horner et al. (2016) ; Malmodin et al. (2010) ; Van Heddeghem et al. (2014)

Ces études permettent d'avoir une vue globale de la consommation d'électricité des TIC dans le monde. Cependant, elles représentent certaines limites pour évaluer la pollution en termes de CO<sub>2</sub>. Par exemple, l'étude de Van Heddeghem et al. (2014) ne comprend pas la consommation d'électricité liée aux smartphones, TV ou tablettes alors qu'en 2020 il y aurait près de 3 milliards d'utilisateurs de smartphones (Statista, 2019). Ensuite, ces recherches n'analysent pas la pollution liée à l'extraction et le minage des métaux rares ou la fin de vie de appareils. Dans certains cas, la phase de production et d'extraction représente une grande part des émissions de CO<sub>2</sub>.

#### 2.3.4 Les types d'impacts

Bien que l'impact environnemental des technologies de l'information et de la communication soit devenu un phénomène important, les études à ce sujet sont encore récentes. Les premières recherches concernant l'impact énergétique ont commencé dans les années 90 où plusieurs observations (Cohen et al., 1998 ; Cohen et al., 1998 ; Roome & Park, 2000) montraient que l'émergence de ces technologies pouvaient avoir un effet positif et négatif sur l'environnement.

##### 2.3.4.1 L'utilisation directe de l'énergie

L'utilisation directe de l'énergie est l'énergie qui est consommée durant l'utilisation, la fabrication et la mise hors service (Horner et al., 2016). Un bon exemple est les data centers. *Un data center ou centre de données est un site physique regroupant des installations informatiques (serveurs, routeurs, commutateurs, disques durs...) chargées de stocker et de distribuer des données (data en anglais) à travers un réseau interne ou via un accès Internet (Futura Tech).* En 2012, ils représentaient plus ou moins 30% de la consommation d'électricité des TIC (Van Heddeghem et al., 2014). Bien que le trafic de données échangées par seconde ait explosé (100 GB en 2002 à 26 000 GB en 2016), leurs croissances tendent à se stabiliser (Cisco, 2018). En effet, entre 2010 et 2014 la consommation des data centers n'augmente que

de 4% alors que celle-ci a doublée entre 2000 et 2005 (Kooimey 2008, 2011 ; Shehabi et al., 2016). Cette réduction est due à l'amélioration de l'efficacité énergétique des data centers. La fabrication des TIC représente également une part importante de la consommation d'énergie. Selon l'étude de Williams (2011), la production liée aux ordinateurs est responsable de plus de 50% de la consommation d'énergie comparée à sa phase d'utilisation (3 ans).

#### *2.3.4.2 Les effets indirects*

Alors que l'utilisation directe de l'énergie est facile à déterminer et est marginale, les effets indirects liés aux TIC sont plus complexes et ont une plus grande ampleur (Horner et al., 2016).

Les TIC ont permis d'améliorer l'*efficacité* énergétique et d'être des *substituts* aux produits et services conventionnels. Par exemple, l'utilisation des TIC peut réduire la consommation d'électricité de plus de 20% dans les bâtiments (Jáñez Morán et al., 2016). Les TIC sont également utilisés comme des substituts, c'est-à-dire qu'ils vont remplacer d'autres produits ou services car ils répondent à ces mêmes besoins. Acheter de la musique sur des plateformes digitales au lieu d'aller dans un point de vente physique réduit l'énergie et l'empreinte carbone entre 40% et 80% (Weber et al. 2010). Un autre exemple courant est le remplacement des voyages d'affaires par les vidéoconférences. Cependant, ce n'est pas forcément synonyme d'économie d'énergie. Chavanne et al. (2015) estiment qu'organiser une vidéoconférence (3 participants) nécessite 50 fois moins d'électricité que si les participants devaient prendre le train sur une distance de 2500km. Alors que Börjesson Rivera et al. (2014) prétendent le contraire à cause de l'effet rebond.

En effet, chaque gain d'énergie grâce à l'amélioration de l'efficacité ou du service substitué peut-être rattrapé par *l'effet rebond*. Ce phénomène a lieu lorsque l'amélioration des technologies d'un bien provoque l'augmentation de son utilisation (Saunders, 1992). L'étude d'Horner et al. (2016) divise cet effet en 4 sous-catégories. *L'effet rebond direct* concerne les effets d'élasticités-prix des services énergétiques : quand le prix baisse, les effets de substitution et de revenus augmentent la consommation. Si le prix d'un e-book est moins élevé qu'un livre conventionnel, alors le consommateur aura tendance à en acheter plus. Ensuite, au lieu d'acheter plus de e-books le consommateur pourrait acheter d'autres produits

ou services, c'est ce qui définit l'effet *rebond indirect* (Horner et al., 2016) ou l'effet de revenu en microéconomie dont à la suite d'une modification du pouvoir d'achat, la demande varie (Varian & Thiry, 2011). Par ailleurs, à cause de cet effet rebond il est très difficile d'évaluer l'impact énergétique net des TIC.

*Les changements structurels* ont lieu quand l'utilisation des TIC a un impact macroéconomique positif ou négatif sur un secteur donné. A titre d'exemple, l'e-commerce a encouragé la tendance de la customisation de masse via les modes « just in time » (les produits sont fabriqués pour répondre directement à la demande et non en avance) qui a poussé les camions à rouler à moitié vide (Sui & Rejeski, 2002) ; a augmenté la croissance des ventes de véhicules de transport et a changé l'aménagement des centres de distribution (Harrington, 2015).

Enfin, il reste *l'effet transformationnel* qui a pour incidence d'altérer les préférences humaines, institutionnelles et économiques (Horner et al., 2016). Par exemple, l'avènement du téléphone et de la voiture a considérablement changé la façon dont les individus vivent et travaillent. A l'avenir, le lieu de travail et la façon de vivre peuvent encore être plus accentués avec l'apparition de la voiture autonome et du e-commerce (Horner et al., 2016).

D'autres études présentent des classifications différentes concernant les effets des TIC (*voir tableau 3*). Horner et al. (2016) divisent leurs effets en deux catégories : direct et indirect. Berkhout & Hertin (2004) les classifient en 3 catégories en rajoutant les effets structurels et comportementaux. Tandis que Köhler et Erdmann (2004) utilisent les termes « premier, second et troisième ordre ».

**Tableau 3 : Synthèse des effets des TIC selon différents auteurs**

Classification des effets				
Effet	Exemple	Horner et al. (2016)	Köhler & Erdmann (2004)	Berkhout & Hertin (2004)
Fabrication	L'énergie utilisée pour produire un smartphone	Direct	1 <sup>er</sup> ordre	Effet direct
Utilisation	L'énergie utilisée pour faire fonctionner les Data centers (refroidissement)			
Mise hors service	L'énergie nécessaire pour mettre hors service un smartphone			
Efficacité	Optimiser la consommation d'électricité dans les bâtiments	Indirect	2 <sup>ème</sup> ordre	Effet indirect
Substitution	Remplacement des voyages d'affaires par les vidéoconférences			
Rebond direct	Acheter plus de livre (e-book) car c'est moins cher qu'un livre conventionnel		3 <sup>ème</sup> ordre	Effet structurel et comportemental
Rebond indirect	Économies engendrées par l'effet rebond direct qui sont dépensées pour un autre produit ou service			
Changement structurel	L'e-commerce qui pousse les camions à rouler à moitié vide			
Transformation systémique	L'apparition du téléphone qui a changé la façon dont les personnes vivent et travaillent	n.d		

Source : Établi par l'auteur, sur base des articles suivants : Berkhout & Hertin (2004) ; Horner et al. (2016) ; Köhler & Erdmann (2004)

Légende : n.d = Non-indiqué par l'auteur

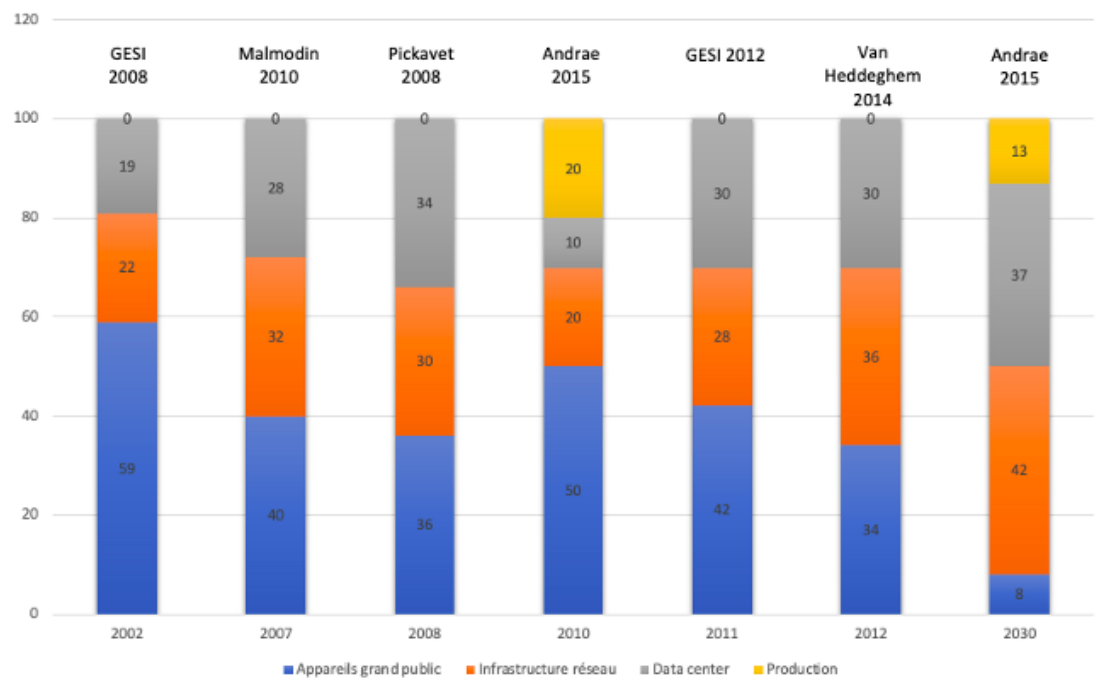
## 2.4. Consommation énergétique des TIC

En analysant les émissions de CO<sub>2</sub> par secteur économique, il en ressort que le secteur de l'électricité a l'empreinte carbone la plus élevée par rapport aux autres secteurs (Muntean et al., 2018). Il est suivi de près par le secteur du transport et de l'industrie. En 2017, l'électricité représente à elle seule 35% des émissions de CO<sub>2</sub> dans le monde et a connu une augmentation de 81% depuis 1990. A titre de comparaison le secteur du transport, 2<sup>ème</sup> contributeur avec 20%, a connu une croissance de 59% de ses émissions de CO<sub>2</sub> depuis 1990 (Muntean et al., 2018).

Selon Andrae & Edler (2015), la consommation d'électricité des TIC représentait 10% en 2010 et augmenterait jusqu'à 21% en 2030. Ce qui serait l'équivalent de 10% des émissions mondiales de gaz à effet de serre. L'étude met également en évidence qu'en 2030 les data centers et le FAN (internet par câble et Wi-Fi) pourraient représenter à eux deux 66% de la consommation d'électricité des TIC. Cependant, d'autres études vont dans le sens contraire en concluant que les data centers seront une partie négligeable alors que l'infrastructure réseau et les appareils grand public en sont les principaux contributeurs (Shehabi et al. 2014).

L'étude de Van Heddeghem et al. (2014) estime que les TIC sont responsables de 3,9% de la consommation d'électricité en 2007 et augmentent jusque 4,6% en 2012. Hoang et al. (2014) estiment eux la consommation à 14% en 2014. D'après l'étude de Pickavet et al. (2008), les TIC représenteront 14% de la demande totale d'électricité en 2020. Par ailleurs, cette consommation d'électricité serait responsable de plus de 2% des émissions de CO2 en 2009 (Van Gonel, & Akinci 2018). En 2040, les TIC pourraient représenter jusqu'à 14 % de l'empreinte mondiale totale de 2016, et donc dépasser le secteur agricole (9 %), et près de la moitié de l'empreinte actuelle du secteur industriel (29 %) (Belkhir & Elmelig, 2018).

**Figure 2 : Part de la consommation d'électricité des TIC selon 4 catégories entre 2002 et 2030**



Source: Graphique réalisé par l'auteur selon les données de Andrae & Edler, 2015 ; GESI, 2008 ; GESI, 2012 ; Malmodin et al., 2010 ; Pickavet, 2008 ; Van Heddeghem et al., 2014

Par ailleurs, entre 2002 et 2012, la catégorie la plus polluante parmi les TIC est les appareils grand public. Cependant, si les prédictions de Andrae & Edler (2015) s'avèrent justes, il y aura un shift de la consommation d'énergie des appareils grand public vers les data centers et infrastructures réseau (*voir figure 2*).

Il serait intéressant de voir si les personnes interrogées dans l'enquête sont conscientes du degré de pollution de chaque catégorie (Andrae & Edler, 2015).

## 2.5. Internet

A travers les années, l'usage d'internet s'est propagé et amplifié. La proportion d'utilisateurs d'internet a augmenté de manière continue jusqu'à 90% dans les pays en voie de développement (Morley et al., 2018). De plus, avec le nombre croissant de données échangées, la consommation d'électricité des infrastructures réseau et des data centers a pris encore plus d'ampleur (Aslan et al., 2018). Dans l'ensemble, l'alimentation des appareils numériques (ordinateurs et smartphones) et des infrastructures (réseaux de communication et centres de données) ont consommé environ 5 % de la consommation mondiale d'électricité en 2012 ; atteignant 9 % si les téléviseurs et les équipements audiovisuels sont inclus (Morley et al., 2018). Ces chiffres sont sensiblement les mêmes dans d'autres études (Van Heddeghem et al., 2014 ; Malmodin et al., 2010 ; Andrae & Edler, 2015). Pour donner une idée de la proportion qu'internet a pris lors de ces dernières années, il suffit de comparer les données échangées entre 2002 et 2016. D'après le rapport émis par Cisco (2018), le trafic de données échangées par seconde est passé de 100 GB à 26 000 GB en 2016.

### 2.5.1 Le trafic de données

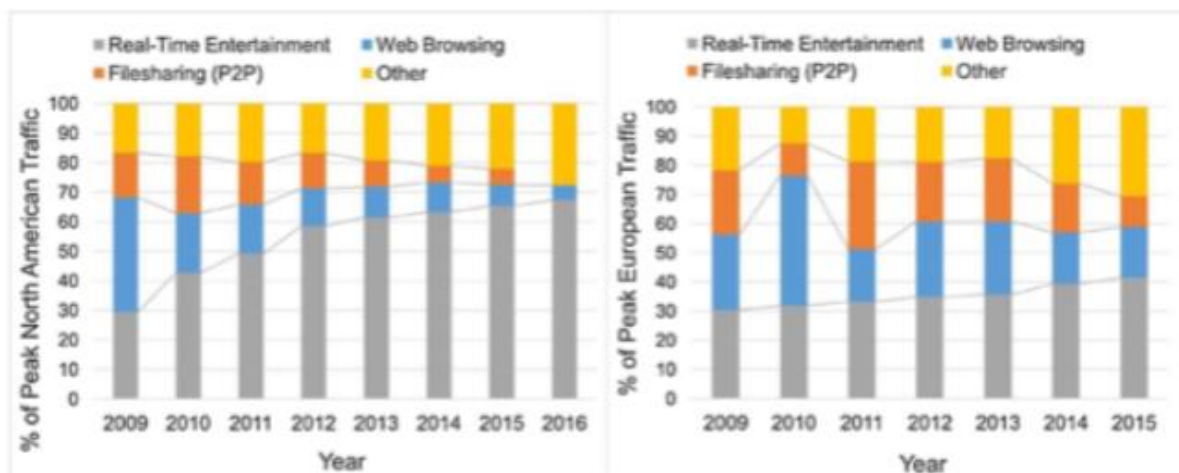
Le trafic de données via les smartphones est en train d'exploser et il est prévu qu'en 2021, il dépasse celui causé par l'usage des ordinateurs (39% smartphones, 28% ordinateurs contre respectivement 16% et 56% en 2016). Suckling & Lee (2015) mettent en évidence que la façon dont les individus utilisent ces appareils change et influence fortement la consommation d'énergie dans la phase d'utilisation. Les smartphones sont bien plus intégrés à internet qu'auparavant et ça mène non seulement à une consommation de données supplémentaire

(navigation, regarder des vidéos...) mais également à une création de données importantes (réseaux sociaux).

Morley et al. (2018) relèvent deux facteurs principaux qui expliquent cette hausse du trafic de données via les smartphones. Le premier est l'amélioration de la disponibilité et de la vitesse du haut débit des smartphones. Le deuxième concerne la croissance accrue de la consommation de vidéo sur internet et notamment le streaming (Van Heddeghem et al., 2014). Les vidéos seraient responsables de plus de 80% du trafic de données (Preist et al., 2016). Les émissions de gaz à effet de serre des services de VoD (Netflix, Amazon Prime...) sont équivalentes à celles d'un pays comme le Chili (plus de 100 MtCO<sub>2</sub>eq/an, soit près de 0,3 % des émissions mondiales) (Efoui-Hess, 2019).

La *figure 3* ci-dessous illustre bien l'importance qu'a pris la vidéo dans la consommation d'électricité. Ces graphiques montrent l'évolution de la part du trafic de données de 2009 à 2016 selon 4 catégories : le divertissement en ligne (qui comprend le streaming et les vidéos), surfer sur internet, le partage de document et une catégorie diverse. On peut voir qu'en 2016, il y a une différence de plus 25% concernant le trafic généré par le divertissement en ligne. Morley et al. (2018) explique que ce phénomène est dû au fait que la TV est et les services de streaming tel que Netflix sont bien plus implantés dans la culture américaine qu'européenne.

**Figure 3 : Comparaison de la proportion du trafic de données entre l'Amérique du nord et l'Europe de 2009 à 2015**



Source : Morley et al., 2018, p.132

### 2.5.2 Gaspillage numérique

Du point de vue des utilisateurs, il existe de nombreux comportements qui tendent à augmenter la pollution digitale alors qu'elle pourrait être évitée. On appelle cela le gaspillage numérique et dont l'équivalent dans la vie de tous les jours est par exemple de laisser la lumière allumée lorsqu'une personne quitte une pièce. Preist et al. (2016) ont relevé plusieurs de ces comportements :

*Télécharger du contenu qui ne sera jamais été utilisé.*

Un exemple connu et qui touche tout le monde est l'ouverture d'une page internet qui est ensuite refermée par l'utilisateur car il n'a pas trouvé l'information qu'il cherchait. Les pages internet ont augmenté leur poids de près de 150 fois depuis 1995 en pesant désormais 2MB (Everts, 2017). Faire une recherche sur Google émet l'équivalent 5 à 7 grammes de CO2 Cleanfox. (2020a).

*Télécharger du contenu qui est déjà disponible sur l'appareil (smartphone, pc, ...).*

Lorsqu'un utilisateur télécharge tout type de contenu (PDF, documents, vidéos, ...) qu'il avait déjà téléchargé auparavant.

*Le streaming et téléchargement de contenu qui est partiellement utilisé.*

Un cas concret est de lancer une vidéo que l'utilisateur ne regarde pas car il navigue sur une autre page internet. C'est un phénomène courant et très énergivore. Il a été vu plus haut que les vidéos sont la source la plus importante d'échanges de données.

*L'enregistrement automatique dans le cloud.*

Désormais, de nombreuses actions sont enregistrées dans le cloud lorsque les personnes utilisent des appareils connectés. Un exemple très courant sont les photos prises par les smartphones et qui s'enregistrent directement dans le cloud. Le problème est qu'une partie de ces photos a consciemment voulu être éphémère par la personne et donc n'a aucun but à être enregistrées dans le cloud.

### *Pollution dormante*

La pollution dormante réfère au stockage des emails. Tous les courriers électroniques qui sont stockés font que de nombreux serveurs fonctionnent sans interruption dans les data centers (HR in Asia, 2019). Par exemple, 1 mail c'est 10g de CO2 soit une ampoule basse consommation pendant 1 heure (Cleanfox, 2017).

Il existe des logiciels comme Cleanfox qui s'occupent de nettoyer la boîte mail à la place de l'utilisateur et ainsi permettent de réduire son empreinte carbone. Cependant, les entreprises qui proposent ce genre de solution ont potentiellement accès aux données des mails.

## 2.6. Conclusion de la revue littéraire

La revue littéraire sur la pollution numérique a permis de pointer plusieurs aspects.

Premièrement, la consommation énergétique causée par les TIC est considérable et elle ne fera qu'augmenter à l'avenir. Étant donné leur importance, ces dernières représentent un réel enjeu pour l'environnement et la lutte contre le climat.

Deuxièmement, bien que ces technologies soient énergivores, elles ne sont pas remises en cause par les auteurs cités dans ce travail. Il faut garder à l'esprit qu'elles sont des substituts à d'autres produits ou services (utiliser une liseuse à la place d'acheter un livre dans une librairie) et dans certains cas l'alternative proposée est plus propre. Cependant, il est difficile d'évaluer leur réel gain d'énergie à cause des différentes classifications des TIC proposées par les auteurs.

Troisièmement, il y a un manque de données quant à l'utilisation des TIC par les consommateurs. Il a été vu que ceux-ci ont tendance à utiliser plus fréquemment un produit ou des fonctionnalités liées à ces technologies par rapport au produit substitué. Il est très difficile de recueillir des données scientifiques sur leur utilisation. De plus, les études ne prennent pas en compte tous les types de pollution comme par exemple la pollution liée aux matériaux rares ou la dégradation des écosystèmes. C'est pourquoi les études scientifiques

auront plus tendance à parler du potentiel des TIC que de leurs effets actuels (Horner et al., 2016).

Enfin, il serait intéressant de mener une étude quantitative pour savoir si les utilisateurs d'internet sont conscients de leur empreinte carbone liée à cette utilisation.

## 3. Étude empirique

### 3.1 Méthodologie de l'étude

#### 3.1.1 Énoncé de la question d'étude

La revue littéraire sur la pollution numérique a mis en avant plusieurs aspects : (1) Cette pollution est encore un sujet récent dans la revue littéraire et très vaste ; (2) l'importance de consommation d'électricité des technologies de l'information et communication ; (3) il est possible de les classer et quantifier leur consommation d'énergie ; (3) il existe de nombreux gestes digitaux qui permettent de réduire son empreinte carbone.

Ces recherches ont fait émerger la question d'étude suivante : *Quelle est la perception des utilisateurs des TIC concernant la pollution engendrée par leur utilisation et quelle(s) technique(s) d'influence pourrai(ent) être mise(s) en place afin de sensibiliser les jeunes auprès de la pollution numérique ?*

Par ailleurs, cette étude souhaite déterminer s'il existe certaines variables qui pourraient influencer les réponses à cette question d'étude. Plusieurs lectures ont permis de sélectionner ces variables.

La première lecture s'intéresse à une catégorie d'âge spécifique utilisant les TIC, ceux nés après les années 80. La raison est qu'elle fait référence aux « digital native » (Čut, 2018). Ils sont à l'aise dans l'ère numérique, car ils ont grandi en utilisant la technologie. On retrouve par opposition les « digital immigrants », nés avant les années 1980 et qui ont peur d'utiliser la technologie.

La deuxième lecture traite du degré d'engagement des jeunes envers le réchauffement climatique (Kuthe, 2019). L'auteur accorde une importance aux adolescents dans la lutte contre le réchauffement climatique. Il présente une typologie (voir tableau 4) de la sensibilisation des jeunes au changement climatique. Par exemple, les *activistes* présentent une forte implication dans la lutte contre le réchauffement climatique mais ont moins de connaissance sur le sujet que les *donateurs*.

**Tableau 4 : Typologie des adolescents concernant le réchauffement climatique**

	Conscience	Connaissance	Implication/volonté	Concerné
Paralysés	++	+	+	++
Activistes	++++	++	++++	++++
Désengagés	+	+	+	+
Donateurs	++++	++++	+++	+

Source : Tableau fait par l'auteur, sur base de l'article de Kuthe (2019)

La troisième lecture provient d'un article du journal *Le Monde* (Miller, 2019) qui stipule que 70% des 1000 étudiants du département de génie mécanique de l'INSA Lyon ont assisté à la grève mondiale pour le climat du 15 mars 2019. Les étudiants en ingénierie se sentent particulièrement responsable pour la lutte contre le climat. Il pourrait être intéressant de voir si la conscience de la pollution digitale varie selon le type d'études.

Enfin, la quatrième lecture dresse une typologie des utilisateurs des d'internet qui est la suivante :

**Tableau 5 : Typologie des utilisateurs d'internet**

Groupe	Utilisation	Activités
Non-utilisateur	N'utilise pas fréquemment internet	/
Intermittent	Peu fréquent	Email et quelques fonctionnalités
Divertissement	Fréquent	Radio, TV, téléchargement de jeu, musique et chat
Instrument	Fréquent	Recherche d'information pour les biens et services, système bancaire, e-commerce et voyage
Avancé	Fréquent	Activités très variées

Source : Tableau fait par l'auteur, sur base de l'article de Brandtzæg et al. (2011)

### 3.1.2 Présentation des questions de recherche et hypothèses à tester

**Tableau 6 : Questions de recherche et hypothèses à tester**

<p><b>QR1</b> : <i>Quelle est la perception des utilisateurs des TIC concernant la pollution engendrée par leur utilisation ?</i></p>	<p><b>QR2</b> : <i>Quelle(s) technique(s) d'influence serai(ent) le(s) plus efficace(s) pour sensibiliser les personnes auprès de la pollution numérique</i></p>	<p><b>QR3</b> : <i>Est-ce que certaines variables influencent la perception des utilisateurs des TIC et la mise en place de technique(s) d'influence ?</i></p>
<p><b>H1</b> : <i>Les perceptions de la proportion relative de pollution liée aux appareils grands public, infrastructures réseaux, production, data centers et vidéos sont réparties de manière aléatoire</i></p>	<p><b>H3</b> : <i>Les proportions des techniques d'influence tels que les réseaux sociaux, radios, chaînes de télévision, distribution de flyers, partenariat avec des bloggeurs et bouche-à-oreille sont réparties de manière aléatoire</i></p>	<p><b>H4</b> : <i>Les hypothèses 1, 2, 3 varient selon l'implication dans la lutte contre le réchauffement climatique, l'âge, le type d'étude et l'utilisation d'internet</i></p>
<p><b>H2</b> : <i>Les proportions des différents gestes adoptés par les individus afin de réduire leur impact environnemental lié au digital sont réparties de manière aléatoire</i></p>		

### 3.1.3 Conception du questionnaire

Après que les hypothèses et questions de recherche aient été énoncées sur base de la revue littéraire, la création du questionnaire a pu commencer (*Voir Annexe I*). Le but de celui-ci étant de confirmer ou infirmer les hypothèses. Il a été soumis via internet (Google Forms) pour plusieurs raisons : méthode rapide, peu coûteuse et encodage immédiat. Cependant, une enquête par internet a également des défauts : mauvaise représentativité, l'échantillonnage non aléatoire : nombreux refus/craintes de réponse, contact impersonnel et peur de l'intrusion dans la vie privée (Lambin & de Moerloose, 2016).

Pour analyser la perception des utilisateurs des TIC et les techniques d'influence qui seraient susceptibles de les sensibiliser, des échelles de Likert ont été choisies (1 : « Pas du tout d'accord » ; 7 : « Tout à fait d'accord »). Ce choix s'explique par la facilité de leur conception et de compréhension (Malhotra et al., 2010).

Concernant la question de recherche qui s'intéresse aux variables influençant la perception des utilisateurs et les techniques d'influence, des variables à échelle nominale et à intervalle ont été utilisées. En effet, l'échelle d'évaluation continue (1 : « faible » ; 5 : « fort ») analyse le degré d'implication des individus interrogés pour le climat ; des questions à choix multiple recensent les professions et l'utilisation d'internet ; et enfin une question ouverte traite de l'âge.

### 3.1.4 Matrice des hypothèses/questions

Q \ H	1	2	3	4	5	6	7
Nature de la question	I	I	I	N	N	N	N
H1	C, D						
H2		C, D					
H3			C, D				
H4				T	A	A	A

Légende : T= T-test sur échantillons indépendants I = Intervalle  
 N= Nominale C= Test de Chi carré  
 A = Test ANOVA D = Analyse descriptive

### 3.1.5 Collecte des données

Afin de s'assurer que le questionnaire soit clair et compréhensible pour tout le monde, celui-ci a été testé auprès de 2 étudiants et 3 personnes ayant plus de 40 ans. Les étudiants n'ont eu aucun problème de compréhension des questions ou modalités de réponses contrairement aux adultes de plus de 40 ans. Ces derniers ont demandé des explications supplémentaires pour certains termes de la question 1 comme « data centers » et « la production ». Après avoir apporté les modifications, le questionnaire a pu être lancé en ligne via Google Form. La taille de l'échantillon s'élève à 97 individus interrogés en ligne.

### 3.1.6 Préparation des données

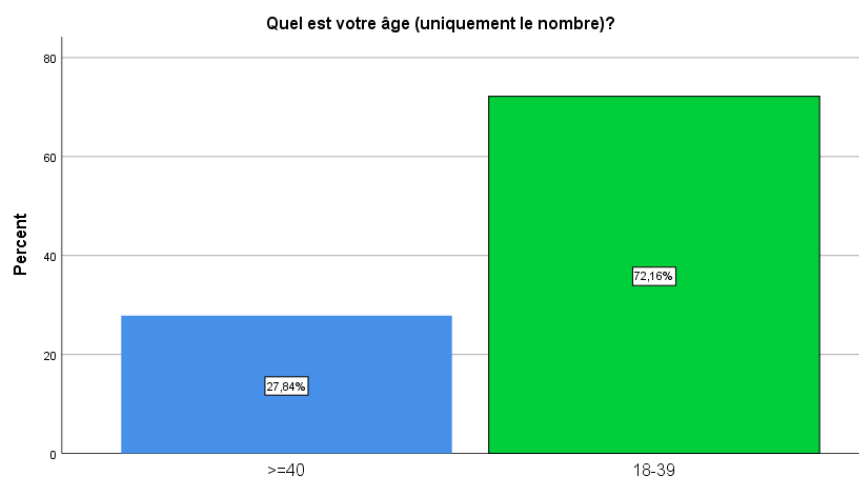
Une fois que la procédure de lancement du questionnaire fut finie, un nettoyage des données sur Excel et SPSS a été nécessaire.

D'une part, les données manquantes ont été remplacées par la moyenne de la série (« series mean ») afin d'avoir des données complètes. D'autre part, les réponses aux questions sur les professions et l'âge ont fait l'objet de structuration. Certains répondants ont cru ne pas retrouver leur métier parmi ceux proposés et ont donc créé des doublons. D'autres ont préféré être plus précis sur leur métier comme par exemple en précisant qu'ils étaient architecte d'intérieur alors qu'architecte était proposé. Ensuite, certaines professions ont été fusionnées pour créer des catégories par secteur. Le but étant d'être plus général et d'avoir plus de réponses. Plus d'informations sur ces manipulations se trouvent en annexe II.

### 3.2 Description de l'échantillon

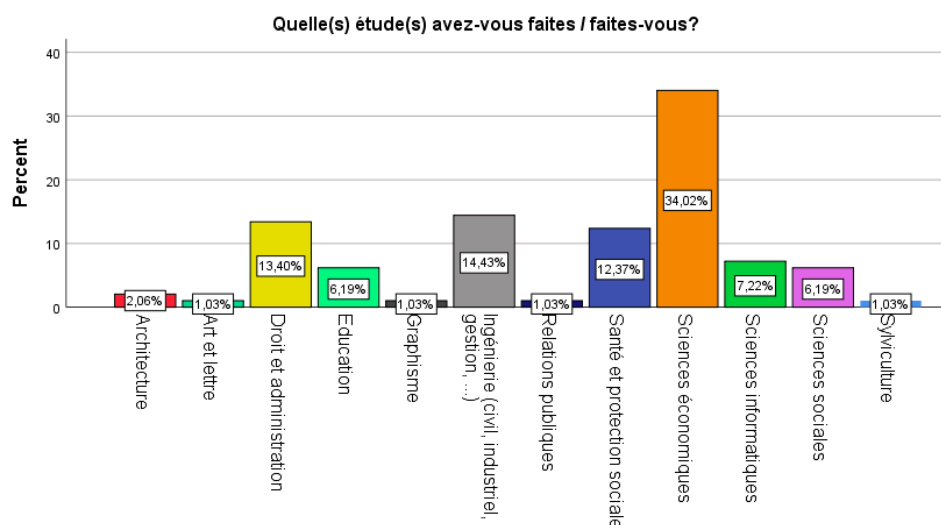
L'échantillon n'a pas fait preuve d'analyse de représentativité de la population théorique étant donné que les futurs résultats n'ont pas pour but de représenter une population en particulier.

**Graphique 1** : Proportion des individus interrogés selon leur âge



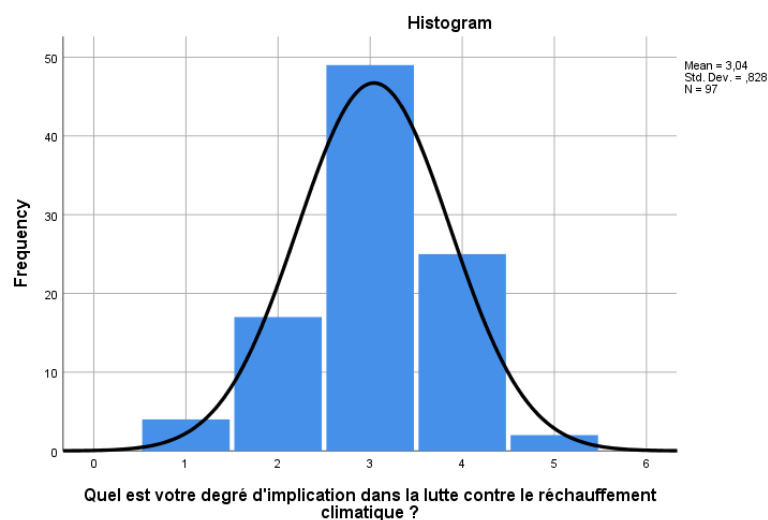
L'échantillon se compose essentiellement de personnes âgées entre 18 et 39 ans qui représentent les « digital natives » (individus nés à partir des années 80).

**Graphique 2 : Proportion des individus interrogés selon leur type d'études**



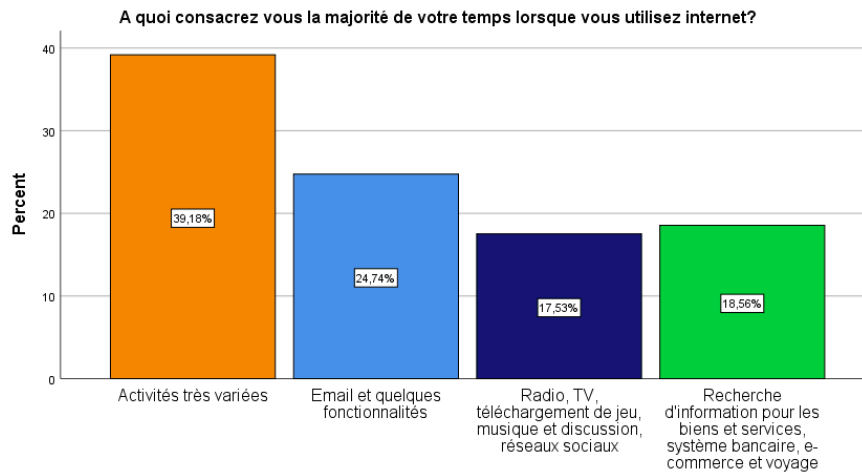
Les études les plus représentées sont les études de droit et administration, ingénierie, santé et protection sociale, sciences économiques, sciences informatiques et sciences sociales.

**Graphique 3 : Proportion des individus interrogés selon leur degré d'implication dans la lutte contre le réchauffement climatique (1 faible, 5 fort)**



Concernant le degré d'implication des individus dans la lutte contre le réchauffement climatique, 27% des personnes interrogées estiment qu'elles ont un fort degré d'implication. Alors que 21% pensent qu'ils ont un faible degré d'implication dans la lutte contre le réchauffement climatique, 50% d'entre eux sont mitigés.

**Graphique 4 : Proportion des individus interrogés selon leurs activités sur internet**



Enfin, la proportion des individus selon leurs activités sur internet est sensiblement la même bien que la plupart des personnes interrogées (39%) ont des activités très variées.

### 3.3 Analyse des résultats

Après avoir nettoyé les données et disposant d'une base de données conséquente, l'analyse a pu être faite. L'utilisation du logiciel SPSS a permis de réaliser des tests statistiques afin de vérifier les questions de recherche ainsi que les hypothèses.

#### 3.3.1 Quelle est la perception des utilisateurs des TIC concernant la pollution engendrée par leur utilisation ?

Le but de cette question de recherche est de déterminer si les proportions relatives aux différentes causes de pollution et les gestes adoptés par les individus afin de réduire leur impact environnemental sont réparties de manière aléatoire. Toutes les variables sont métriques (1 : « Pas du tout d'accord », 7 : « Tout à fait d'accord » ; 1 : « Jamais », 5 « Toujours ») et ont été analysées à l'aide d'un test Chi carré.

*H1 : Les perceptions de la proportion relative de pollution liée aux appareils grands public, infrastructure réseau, production, data centers et vidéos sont réparties de manière aléatoire*

Pour vérifier cette hypothèse, le test d'hypothèse suivant est établi :

*H<sub>0</sub> : Les proportions des appareils grands public, infrastructure réseau, production, data centers et vidéos sont réparties de manière aléatoire*

*H<sub>1</sub> : Les proportions des appareils grands public, infrastructure réseau, production, data centers et vidéos ne sont pas réparties de manière aléatoire*

**Tableau 7 : Données statistiques relatives à l'hypothèse 1**

<b>Test Statistics</b>					
	SMEAN (Dansquelle mesureestim ezvousqueles technologies suivantessont source)	SMEAN (Dansquelle mesureestim ezvousqueles technologies suivantessont sour_A)	SMEAN (Dansquelle mesureestim ezvousqueles technologies suivantessont sour_B)	SMEAN (Dansquelle mesureestim ezvousqueles technologies suivantessont sour_C)	SMEAN (Dansquelle mesureestim ezvousqueles technologies suivantessont sour_D)
Chi-Square	135,825 <sup>a</sup>	49,557 <sup>a</sup>	25,031 <sup>b</sup>	224,072 <sup>a</sup>	60,103 <sup>b</sup>
df	7	7	6	7	6
Asymp. Sig.	,000	,000	,000	,000	,000

a. 0 cells (0,0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 12,1.

b. 0 cells (0,0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 13,9.

*Dans l'ordre des colonnes : Datacenter, Infrastructure réseau (A), appareils grands public (B), production (C), vidéo (D)*

Étant donné que la p-valeur est < 0,05 pour chaque catégorie, l'hypothèse nulle est rejetée (H<sub>0</sub>) et par conséquent les proportions des appareils grands public, infrastructure réseau, production, data centers et vidéos ne sont pas répartie de manière aléatoire.

**Tableau 8 : Données statistiques relatives à l'hypothèse 1**

Descriptive Statistics							
	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation	Variance
SMEAN (Dansquelle mesure est mezvous que le technolog ie suivant est source)	97	1,0	7,0	554,4	5,716	1,6687	2,785
SMEAN (Dansquelle mesure est mezvous que le technolog ie suivant est sour_A)	97	1,0	7,0	504,6	5,202	1,6620	2,762
SMEAN (Dansquelle mesure est mezvous que le technolog ie suivant est sour_B)	97	2,0	7,0	494,3	5,096	1,6012	2,564
SMEAN (Dansquelle mesure est mezvous que le technolog ie suivant est sour_C)	97	1,0	7,0	575,8	5,936	1,5995	2,559
SMEAN (Dansquelle mesure est mezvous que le technolog ie suivant est sour_D)	97	2,0	7,0	537,7	5,543	1,5904	2,529
Valid N (listwise)	97						

Dans l'ordre des colonnes : Data center, Infrastructure réseau (A), appareils grands public (B), production (C), vidéo (D)

En procédant à une analyse descriptive et en comparant les moyennes, il semble que la production liée aux data centers, appareils grands public et infrastructure réseau soit perçue comme la plus importante source de consommation d'électricité. Les data centers arrivent en deuxième position et sont suivis de près par la consommation de vidéos.

De plus, il est intéressant de parcourir les commentaires des répondants à la question ouverte « Avez-vous quelque chose à ajouter ? ». Il en ressort que le sujet de la pollution digitale intéresse et interpelle les personnes interrogées (Voir tableau 9).

**Tableau 9 : Recensement des commentaires de la question « Avez-vous quelque chose à ajouter ? »**

Profil	Âge	Études	Typologie de l'utilisation d'internet	Commentaires
P1	18-39	Sciences économiques	Recherche d'information pour les biens et services, système bancaire, e-commerce et voyage	« Peut-être un des questionnaires les plus intéressants avec des résultats exploitables »
P2	18-39	Sylviculture	Email et quelques fonctionnalités	« Très beau sujet de mémoire »
P3	18-39	Ingénierie	Activités très variées	« Le sujet m'intéresse et je trouve qu'on n'en parle presque pas... »
P4	>=40	Éducation	Activités très variées	« Questionnaire très intéressant »
P5	18-39	Sciences économiques	Activités très variées	« L'info sur ce sujet devrait être beaucoup plus répandue »
P6	18-39	Sciences économiques	Recherche d'information pour les biens et services, système bancaire, e-commerce et voyage	« Il y a très peu d'information et sensibilisation concernant la pollution digitale, je ne connais pas l'impact de celle-ci et n'y faisais donc pas attention du tout pour être honnête alors que je suis assez éco en achetant local, attention aux déchets, déplacements etc »
P7	>=40	Droit et administration	Email et quelques fonctionnalités	« Courage pour le mémoire, thème passionnant ! »

Légende : P = personne

*H2 : Les proportions des différents gestes adoptés par les individus afin de réduire leur impact environnemental lié au digital sont réparties de manière aléatoire*

Pour vérifier cette hypothèse, le test d'hypothèse suivant est établi :

*H<sub>0</sub> : Les proportions des différents gestes adoptés par les individus afin de réduire leur impact environnemental lié au digital sont réparties de manière aléatoire*

*H<sub>1</sub> : Les proportions des différents gestes adoptés par les individus afin de réduire leur impact environnemental lié au digital ne sont pas réparties de manière aléatoire*

**Tableau 10 : Données statistiques relatives à l'hypothèse 2**

Test Statistics							
	SMEAN (Parmicesgestesvisantâreduirevotreempreintecarbonenumériqueq ue)	SMEAN (Parmicesgestesvisantâreduirevotreempreintecarbonenumériqueq _A)	SMEAN (Parmicesgestesvisantâreduirevotreempreintecarbonenumériqueq _B)	SMEAN (Parmicesgestesvisantâreduirevotreempreintecarbonenumériqueq _C)	SMEAN (Parmicesgestesvisantâreduirevotreempreintecarbonenumériqueq _D)	SMEAN (Parmicesgestesvisantâreduirevotreempreintecarbonenumériqueq _E)	SMEAN (Parmicesgestesvisantâreduirevotreempreintecarbonenumériqueq _F)
Chi-Square	8,825 <sup>a</sup>	3,361 <sup>a</sup>	18,237 <sup>b</sup>	18,856 <sup>b</sup>	19,649 <sup>a</sup>	19,103 <sup>b</sup>	25,289 <sup>b</sup>
df	4	4	5	5	4	5	5
Asymp. Sig.	,066	,499	,003	,002	,001	,002	,000

a. 0 cells (0,0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 19,4.

b. 0 cells (0,0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 16,2.

*Dans l'ordre des colonnes : Supprimer ses mails/ photos ou vidéos, télécharger du contenu que vous n'utiliserez pas (A), télécharger du contenu que vous possédez déjà (B), enlever le téléchargement automatique (C), vidéo partiellement regardée (D), page internet en barre de favoris (E), appareil en économie d'énergie (F)*

L'analyse de la p-valeur permet d'identifier deux gestes dont la proportion est répartie de manière aléatoire. En effet, l'hypothèse nulle ne peut pas être rejetée concernant la suppression des mails/photos ou vidéos et télécharger du contenu qui ne sera pas utilisé. Leurs p-valeurs sont respectivement 0,066 et 0,499 étant supérieur au niveau de signification acceptée (0,05). Cependant, l'hypothèse nulle est rejetée pour les autres gestes car leurs p-valeur est systématiquement <0,05.

**Tableau 11 : Données statistiques relatives à l'hypothèse 2**

Descriptive Statistics							
	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation	Variance
SMEAN (Parmicesgestesvisantàr éduirevotreempreintecarb onenumériqueque)	97	1,0	5,0	257,0	2,649	1,3074	1,709
SMEAN (Parmicesgestesvisantàr éduirevotreempreintecarb onenumériqueq_A)	97	1,0	5,0	313,0	3,227	1,3731	1,886
SMEAN (Parmicesgestesvisantàr éduirevotreempreintecarb onenumériqueq_B)	97	1,0	5,0	292,0	3,011	1,3268	1,760
SMEAN (Parmicesgestesvisantàr éduirevotreempreintecarb onenumériqueq_C)	97	1,0	5,0	256,2	2,641	1,4185	2,012
SMEAN (Parmicesgestesvisantàr éduirevotreempreintecarb onenumériqueq_D)	97	1,0	5,0	231,0	2,381	1,2784	1,634
SMEAN (Parmicesgestesvisantàr éduirevotreempreintecarb onenumériqueq_E)	97	1,0	5,0	285,9	2,948	1,4746	2,174
SMEAN (Parmicesgestesvisantàr éduirevotreempreintecarb onenumériqueq_F)	97	1,0	5,0	283,7	2,925	1,2520	1,567
Valid N (listwise)	97						

*Dans l'ordre des colonnes : Supprimer ses mails/ photos ou vidéos, télécharger du contenu que vous n'utiliserez pas (A), télécharger du contenu que vous possédez déjà (B), enlever le téléchargement automatique (C), vidéo partiellement regardée (D), page internet en barre de favoris (E), appareil en économie d'énergie (F)*

L'analyse descriptive des moyennes permet d'identifier 4 gestes qui sont plus souvent adoptés par les personnes interrogées : (1) éviter de télécharger du contenu que l'individu n'utilisera ; (2) éviter de télécharger du contenu qu'il possède déjà ; (3) mettre les pages internet en barre de favoris ; (4) mettre les appareils en économie d'énergie.

3.3.2 Quelle(s) technique(s) d'influence serai(ent) le(s) plus efficace pour sensibiliser les jeunes auprès de la pollution numérique

L'objectif de cette question de recherche est de déterminer si les proportions des diverses techniques d'influences sont réparties de manière aléatoire. Les variables sont métriques (1 : « Pas du tout d'accord », 7 : « Tout à fait d'accord ») et ont été analysées à l'aide d'un test Chi carré.

*H3 : Les proportions des différentes techniques d'influence tels que les réseaux sociaux, radios, chaînes de télévision, distribution de flyers, partenariat avec des bloggeurs et bouche-à-oreille sont réparties de manière aléatoire*

Pour vérifier cette hypothèse, le test d'hypothèse suivant est établi :

$H_0$  : Les proportions des différentes techniques d'influence tels que les réseaux sociaux, radios, chaînes de télévision, distribution de flyers, partenariat avec des bloggeurs/euses et bouche-à-oreille sont réparties de manière aléatoire

$H_1$  : Les proportions des différentes techniques d'influence tels que les réseaux sociaux, radios, chaînes de télévision, distribution de flyers, partenariat avec des bloggeurs/euses et bouche-à-oreille ne sont pas réparties de manière aléatoire

**Tableau 12 : Données statistiques relatives à l'hypothèse 3**

Test Statistics						
	SMEAN (Dansquelle mesuretrouve vousqueles moyensdeco mmunication suivantsvo)	SMEAN (Dansquelle mesuretrouve vousqueles moyensdeco mmunication suivants_A)	SMEAN (Dansquelle mesuretrouve vousqueles moyensdeco mmunication suivants_B)	SMEAN (Dansquelle mesuretrouve vousqueles moyensdeco mmunication suivants_C)	SMEAN (Dansquelle mesuretrouve vousqueles moyensdeco mmunication suivants_D)	SMEAN (Dansquelle mesuretrouve vousqueles moyensdeco mmunication suivants_E)
Chi-Square	23,330 <sup>a</sup>	42,629 <sup>a</sup>	24,155 <sup>a</sup>	135,660 <sup>a</sup>	28,938 <sup>a</sup>	17,557 <sup>a</sup>
df	7	7	7	7	7	7
Asymp. Sig.	,001	,000	,001	,000	,000	,014

a. 0 cells (0,0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 12,1.

Dans l'ordre des colonnes : Réseaux sociaux, radios (A), chaînes de télévision (B), Distribution de flyers (C), bloggeurs/euses (D), bouche-à-oreille (E),

Étant donné que la p-valeur est  $< 0,05$  pour chaque catégorie, l'hypothèse nulle est rejetée ( $H_0$ ) et par conséquent les proportions des techniques d'influence tels que les réseaux sociaux, radios, chaînes de télévision, distribution de flyers, partenariat avec des bloggeurs/euses et bouche-à-oreille ne sont pas réparties de manière aléatoire

**Tableau 13 : Données statistiques relatives à l'hypothèse 3**

Descriptive Statistics							
	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation	Variance
SMEAN (Dans quellemesuretrouv ezvousquelesmoyensdec ommunicationsuivantsvo)	97	1	7	432	4,45	2,182	4,761
SMEAN (Dans quellemesuretrouv ezvousquelesmoyensdec ommunicationsuivants_A )	97	1,0	7,0	289,0	2,979	1,8370	3,375
SMEAN (Dans quellemesuretrouv ezvousquelesmoyensdec ommunicationsuivants_B )	97	1,0	7,0	329,8	3,400	1,9759	3,904
SMEAN (Dans quellemesuretrouv ezvousquelesmoyensdec ommunicationsuivants_C )	97	1,0	7,0	205,1	2,115	1,4639	2,143
SMEAN (Dans quellemesuretrouv ezvousquelesmoyensdec ommunicationsuivants_D )	97	1,0	7,0	320,4	3,303	2,0484	4,196
SMEAN (Dans quellemesuretrouv ezvousquelesmoyensdec ommunicationsuivants_E )	97	1,0	7,0	428,7	4,419	1,9965	3,986
Valid N (listwise)	97						

Dans l'ordre des colonnes : Réseaux sociaux, radios (A), chaînes de télévision (B), Distribution de flyers (C), bloggeurs/euses (D), bouche-à-oreille (E),

Par ailleurs, l'analyse descriptive des moyennes indique que les techniques d'influence comme les réseaux sociaux et le bouche-à-oreille seraient les plus susceptibles de sensibiliser les personnes interrogées au sujet de la pollution digitale.

3.3.3 Est-ce que certaines variables influencent la perception des utilisateurs des TIC et la mise en place de technique(s) d'influence ?

Cette troisième question de recherche a pour but de déterminer si (1) la perception des utilisateurs des TIC concernant la pollution digitale ; (2) leur comportement visant à réduire leur empreinte digitale ; et (3) la mise en place de techniques d'influence diffèrent en fonction de l'âge, du type d'études, du degré d'implication dans la lutte contre le climat et l'utilisation d'internet.

Pour ce faire, un t-test sur échantillons indépendants et 3 tests ANOVA seront requis.

*H4 : L'hypothèse 1, 2, 3 varient selon l'implication dans la lutte contre le réchauffement climatique, l'âge, le type d'étude et l'utilisation d'internet ?*

La première variable à être analysée est l'âge. Afin d'analyser cette variable nominale de manière pertinente, un test de comparaison des moyennes est nécessaire. L'objectif est de déterminer si les « digital natives » et « non digital natives » ont des réponses différentes concernant les variables citées ci-dessus.

Le test d'hypothèse est le suivant :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Le t-test sur échantillons indépendants indique que l'hypothèse  $H_0$  est rejetée pour deux variables (Annexe III). D'une part, la technique d'influence concernant les bloggeurs/euses et d'autre part, les vidéos partiellement regardées comme geste visant à réduire leur empreinte digitale. Étant donné que leur p-valeur est  $< 0.05$ , il existe une différence significative entre les « digital natives » et les « non digital natives ». En effet, les « non digital natives » auront d'avantage tendance à éviter de lancer une vidéo qui sera partiellement regardée et seront plus sensible à la communication à travers des bloggeurs (voir tableau 14).

**Tableau 14 : Données statistiques relatives à l'hypothèse 4**

Group Statistics					
	Quel est votre âge (uniquement le nombre)?	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SMEAN (Parmi ces gestes visant à réduire votre empreinte carbone numérique_D)	Non Digital Native	27	3,259	1,3472	,2593
	Digital Native	70	2,043	1,0826	,1294
SMEAN (Dans quelle mesure trouvez-vous que les moyens de communication suivants_D)	Non Digital Native	27	3,401	1,8730	,3605
	Digital Native	70	3,266	2,1238	,2538

Dans l'ordre : vidéo partiellement regardée comme geste visant à réduire son impact digital ; bloggeurs/euses comme technique d'influence

La deuxième variable à être analysée est le **type d'études** des individus interrogés. Pour ce faire, un test ANOVA est nécessaire.

Le test d'hypothèse est le suivant :

$H_0$  : *la moyenne de toutes les études est la même*

$H_1$  : *il y a (au moins) 1 moyenne qui est différente*

Lorsque  $H_0$  est rejetée, une analyse de comparaison multiple doit être réalisée afin de déterminer les différences qui sont significatives.

Le test ANOVA indique qu'il n'y a aucune variable ayant une p-valeur  $<0.05$  (Annexe IV). Par conséquent, l'hypothèse  $H_0$  ne peut pas être rejetée et le type d'études ne peut pas être considéré comme une variable influençant les réponses des individus interrogés.

La troisième variable est le **degré d'implication** des personnes interrogées dans la lutte contre le réchauffement climatique. Un test ANOVA est nécessaire.

Le test d'hypothèse est le suivant :

$H_0$  : *la moyenne de tous les degrés d'implication dans la lutte contre le réchauffement climatique est la même*

$H_1$  : *il y a (au moins) 1 moyenne qui est différente*

Lorsque  $H_0$  est rejetée, une analyse de comparaison multiple doit être réalisée afin de déterminer les différences qui sont significatives.

Le test ANOVA indique qu'il n'y a aucune variable ayant une p-valeur  $<0.05$  (Annexe IV). Par conséquent, l'hypothèse  $H_0$  ne peut pas être rejetée et le degré d'implication ne peut pas être considéré comme une variable qui influence les réponses des individus interrogés.

La quatrième variable est la **typologie des utilisateurs d'internet**. Un test ANOVA est nécessaire.

Le test d'hypothèse est le suivant :

$H_0$  : *la moyenne de toutes les typologies d'utilisation d'internet est la même*

$H_1$  : *il y a (au moins) 1 moyenne qui est différente*

Lorsque  $H_0$  est rejetée, une analyse de comparaison multiple doit être réalisée afin de déterminer les différences qui sont significatives.

Le test ANOVA indique qu'il y a une variable ayant une p-valeur  $<0.05$ , la distribution de flyers ou magazines comme technique d'influence (Annexe IV). Par conséquent, l'hypothèse  $H_0$  est rejetée et la typologie des utilisateurs d'internet est considérée comme une variable qui influence les réponses des individus interrogés.

### 3.3.4 Tableau récapitulatif des vérifications d'hypothèses

**Tableau 15 : Vérification des hypothèses relatives aux questions de recherche 1,2 et 3**

Hypothèses	Vérification			
H1 : Les perceptions de la proportion relative de pollution liée aux appareils grands public, infrastructure réseau, production, data centers et vidéos sont répartie de manière aléatoire	RH <sub>0</sub> : Les proportions des différentes causes de la pollution digitale ne sont pas réparties de manière aléatoire			
H2 : La proportion des gestes adoptés par les individus afin de réduire leur impact environnemental lié au digital est répartie de manière aléatoire	NRH <sub>0</sub> : Les proportions des gestes tels que la suppression des mails/photos ou vidéos et télécharger du contenu qui ne sera pas utilisé sont réparties de manière aléatoire			
H3 : La proportion de diverses techniques d'influence est répartie de manière aléatoire	RH <sub>0</sub> : Les proportions des techniques d'influence tels que les réseaux sociaux, radios, chaînes de télévision, distribution de flyers, partenariat avec des bloggeurs/euses et bouche-à-oreille ne sont pas réparties de manière aléatoire			
H4 : L'hypothèse 1, 2, 3 varient selon l'implication dans la lutte contre le réchauffement climatique, l'âge, le type d'étude et l'utilisation d'internet ?	Âge	Type d'études	Degré d'implication	Typologie des utilisateurs d'internet
	1. Technique d'influence : distribution de flyers et magazines  2. Geste visant à réduire l'empreinte digitale : éviter de lancer une vidéo partiellement regardée	n.s	n.s	n.s

Légende : n.s = Test non-significatif ; RH<sub>0</sub> = Rejet de H<sub>0</sub>

### 3.4 Discussion des résultats

L'étude quantitative a permis de mesurer la perception et le comportement des utilisateurs des technologies de l'information et communication. Sur base d'une revue littéraire, 3 questions de recherche et un certain nombre d'hypothèses ont pu être établies. Chacune d'entre-elles ont pu être vérifiées.

Premièrement, il s'avère que les proportions de la perception relative aux différentes causes de la pollution digitale ne sont pas distribuées de manière aléatoire. Par ailleurs, une analyse descriptive permet de voir que la production liée aux appareils grands public, à l'infrastructure réseau et aux data centers est perçue comme la cause la plus polluante (moyenne de 5,9). La deuxième source de pollution est les data centers (moyenne de 5,7) et ensuite la consommation de vidéo (moyenne de 5,5).

Deuxièmement, les proportions de deux gestes adoptés par les individus afin de réduire leur impact environnemental lié au digital sont réparties de manière aléatoire. En effet, la suppression des mails/photos ou vidéos et télécharger du contenu qui ne sera pas utilisé ont une p-valeur  $>0.05$ . Ensuite, 4 gestes semblent être régulièrement adoptés par les individus : éviter de télécharger du contenu que l'individu n'utilisera (moyenne de 3,2) ; éviter de télécharger du contenu qu'il possède déjà (moyenne de 3) ; mettre les pages internet en barre de favoris (moyenne de 2,9) ; mettre les appareils en économie d'énergie (moyenne de 2,9).

Troisièmement, les proportions des différentes techniques d'influence ne sont pas réparties de manière aléatoire. Il en ressort que deux moyens de communication sont privilégiés : les réseaux sociaux (moyenne de 4,4) et le bouche-à-oreille (moyenne de 4,4).

Enfin, en comparant les moyennes des variables dépendantes et indépendantes, il s'avère que la distribution de flyers dépend de la typologie des utilisateurs d'internet et que la technique d'influence concernant les bloggeurs/euses dépend de l'âge.

## 4. Conclusion

Ce travail de fin d'étude a permis de décrire dans un premier temps la pollution numérique à travers une revue littéraire et de tester dans un second temps la prise de conscience de son impact environnemental et des techniques d'influence pour la résorber via une étude quantitative.

Dans la première partie de ce travail, il en résulte que la pollution numérique est souvent associée à la consommation d'électricité des TIC qui peut être classifiée en quatre catégories : les data centers, l'infrastructure réseau, les appareils grand public et la production liée à ces 3 catégories. Par ailleurs, cette consommation d'électricité est probablement sous-estimée à cause de l'effet rebond qui ne permet pas d'évaluer précisément l'utilisation des TIC.

Dans la deuxième partie, il ressort de l'étude empirique auprès d'un échantillon d'individus interrogés que la production liée aux appareils grand public, à l'infrastructure réseau et aux data centers est perçue comme la source de consommation d'électricité la plus importante. Les sources de pollution faisant référence à l'utilisation propre des TIC (appareils grand public ou data centers) ne sont pas arrivées en première position et laisse donc penser qu'aux yeux des personnes interrogées, la phase de production est plus énergivore que la phase d'utilisation.

Les gestes les plus fréquents visant à réduire la consommation énergétique liée aux TIC sont : éviter de télécharger du contenu que l'individu n'utilisera pas, éviter de télécharger du contenu qu'il possède déjà, mettre les pages internet en barre de favoris et mettre les appareils en économie d'énergie. Résultats à nuancer étant donné que sur base d'une question ouverte posée dans le questionnaire, les individus interrogés ont peu d'informations et de connaissance au sujet de la pollution digitale.

L'étude a permis de distinguer deux moyens de communication qui sont susceptibles de sensibiliser au mieux les personnes interrogées concernant la pollution digitale : les réseaux sociaux et le bouche-à-oreille. Il n'est pas surprenant de voir que les réseaux sociaux aient été privilégiés au détriment des médias traditionnels comme la TV ou le journal. En effet, plus de

70% de l'échantillon représente les « digital natives » et ceux-ci ont une plus grande affinité avec ce moyen de communication.

En comparant les moyennes des variables dépendantes et indépendantes, il s'avère que la distribution de flyers dépend de la typologie des utilisateurs d'internet et que la technique d'influence concernant les bloggeurs/euses dépend de l'âge.

Ces résultats doivent cependant être relativisés, compte tenu des limites que présente l'étude.

## **Limites**

La première limite concerne l'échantillon. Celui-ci est composé de 97 personnes interrogées et si d'un point de vue théorique ce nombre est suffisant pour mener une enquête, ses résultats ne sont pas ne sont pas extrapolables. De plus, certaines variables indépendantes sont sous-représentées comme les « non digital natives » et plusieurs types d'études (l'art, agriculteur, ...). Dès lors, elles n'ont pas pu être analysées par manque de données.

Ensuite, les hypothèses et questions de recherche de l'étude quantitative ne sont fondées que sur une revue littéraire. Celles-ci auraient pu être plus affinées si une étude qualitative avait été conduite au préalable.

Enfin, bien que la revue littéraire apporte un cadre à la pollution numérique, elle est articulée et analysée sur base de la consommation d'électricité des technologies de l'information et communication. Cette revue permet de fournir un cadre d'analyse et un fil conducteur mais il ne faut pas restreindre la pollution digitale uniquement à cette consommation d'électricité. En outre, ces analyses tendent à être rapidement vétustes car les technologies évoluent et changent en permanence nécessitant d'autres besoins énergétiques qui doivent être recalculés. L'émergence de l'Internet des objets (IoT), le fait que tous les appareils soient interconnectés, pourrait potentiellement éclipser la contribution de tous les autres dispositifs informatiques traditionnels et augmenter considérablement les émissions mondiales globales.

Sur base de ces limites, l'interprétation des résultats et toute autre extrapolation doivent être envisagées avec prudence.

## **Voies futures**

Les limites citées précédemment constituent de bonnes pistes pour des recherches futures.

Tout d'abord, il serait intéressant d'aborder plus en profondeur certains aspects de la pollution digitale. Le premier est le cycle de vie des TIC et leur phase de production qui ont été présentés dans la revue littéraire, compte tenu de l'importance de ces thématiques elles mériteraient des recherches approfondies. Le deuxième sujet qui peut être développé concerne l'Internet des objets. Très peu de travaux scientifiques, voire aucun, n'ont été entrepris pour prévoir la consommation d'énergie ou l'empreinte carbone de ces nouvelles technologies. Pourtant, à l'avenir elles pourraient être l'une des plus grandes sources de consommation d'électricité (Belkhir & Elmeligi, 2018).

En ce qui concerne les résultats de l'étude quantitative, la fréquence des gestes adoptés par les individus interrogés dans le but de réduire leur empreinte digitale semble élevé. Sur base des réponses de l'étude quantitative, de nombreux gestes sont réalisés fréquemment. Ce résultat est surprenant car la pollution digitale est peu connue du grand public et fait preuve dans les médias de moins d'exposition que d'autres pollutions. Par conséquent, il serait intéressant de réaliser une étude qualitative plus poussée afin de pouvoir confirmer ou réfuter ces résultats.

## **Positionnement éthique**

Je partage l'idée que la pollution digitale représente un danger environnemental pour la planète à cause de la consommation d'électricité des TIC et de leur production. Mes nombreuses lectures d'articles m'ont permis de me rendre compte que l'utilisation des TIC est une source de consommation d'électricité importante et est sous-évaluée. Néanmoins, elle me préoccupe moins que la production de celles-ci. En effet, je pense que l'électricité liée à l'utilisation des TIC peut être facilement optimisée et substituée par les progrès techniques

ou des gestes simples adoptés au quotidien. Alors que l'impact environnemental et énergétique de la phase de production est plus néfaste. L'extraction des terres rares nécessaires à la fabrication des TIC pollue des fleuves, dégrade des biosphères (mines) et a un impact social.

## Bibliographie

- Ahmadi Achachlouei, M., Moberg, Å., Hochschorner, E., Centre for Sustainable Communications, CESC, Centra, Skolan för arkitektur och samhällsbyggnad (ABE), . . . Miljöstrategisk analys (fms). (2015). Life cycle assessment of a magazine, part I: Tablet edition in emerging and mature states. *Journal of Industrial Ecology*, 19(4), 575-589. doi:10.1111/jiec.12227
- Andrae, A., & Edler, T. (2015). On global electricity usage of communication technology: Trends to 2030. *Challenges*, 6(1), 117-157. doi:10.3390/challe6010117
- Arushanyan, Y., Ekener-Petersen, E., Finnveden, G., Centre for Sustainable Communications, CESC, Centra, Skolan för arkitektur och samhällsbyggnad (ABE), . . . Miljöstrategisk analys (fms). (2014). Lessons learned – review of LCAs for ICT products and services. *Computers in Industry*, 65(2), 211-234. doi:10.1016/j.compind.2013.10.003
- Aslan, J., Mayers, K., Koomey, J. G., & France, C. (2018). Electricity intensity of internet data transmission: Untangling the estimates. *Journal of Industrial Ecology*, 22(4), 785-798. doi:10.1111/jiec.12630
- Belkhir, L., & Elmeligi, A. (2018). Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations. *Journal of Cleaner Production*, 177, 448-463. doi:10.1016/j.jclepro.2017.12.239
- Bergelin, F. (2008). *Life cycle assessment of a mobile phone – a model on manufacturing, using, and recycling*. Master thesis, Uppsala University, Uppsala, Sweden
- Bitencourt de Oliveira, J. (2012). *Life Cycle Assessment of a High-Density Datacenter Cooling System: TeliaSonera's 'Green Room' Concept*. Consulté à l'adresse <https://www.seecooling.com/files/2016-02/green-room-final-report-felipe-b-oliveira.pdf>

- Börjesson Rivera, M., Håkansson, C., Svenfelt, Å., Finnveden, G., Centre for Sustainable Communications, CESC, Centra, . . . Miljöstrategisk analys (fms). (2014). Including second order effects in environmental assessments of ICT. *Environmental Modelling and Software*, 56, 105-115. doi:10.1016/j.envsoft.2014.02.005
- Berkhout, F., & Hertin, J. (2004). De-materialising and re-materialising: Digital technologies and the environment. *Futures*, 36(8), 903-920. doi:10.1016/j.futures.2004.01.003
- Brandtzæg, P. B., Heim, J., & Karahasanović, A. (2011). Understanding the new digital divide— A typology of internet users in europe. *International Journal of Human - Computer Studies*, 69(3), 123-138. doi:10.1016/j.ijhcs.2010.11.004
- Chavanne, X., Schinella, S., Marquet, D., Frangi, J. P., & Le Masson, S. (2015). Electricity consumption of telecommunication equipment to achieve a telemeeting. *Applied Energy*, 137, 273-281. doi:10.1016/j.apenergy.2014.10.027
- Chi, X., Streicher-Porte, M., Wang, M. Y. L., & Reuter, M. A. (2011). Informal electronic waste recycling: A sector review with special focus on china. *Waste Management*, 31(4), 731-742. doi:10.1016/j.wasman.2010.11.006
- Cisco, *The Zettabyte Era: Trends and Analysis*, (2017) Disponible sur: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html>.
- Cleanfox. (2017). *La pollution numérique*. Consulté à l'adresse <https://alliancegreenit.org/media/livre-blanc-pollution-numerique-cleanfox.pdf>
- Cleanfox. (2020a, mars 11). *What Is The Carbon Footprint Of The Internet ? The Impact Of Internet On Our Environment*. Consulté le 10 avril 2020, à l'adresse <https://cleanfox.io/blog/carbon-impact/what-is-internet-pollution-what-is-the-impact-of-internet-on-our-environment/>

Cleanfox. (2020b, avril 3). Pollution Digitale: 10 Chiffres Effrayants. Consulté le 7 avril 2020, à l'adresse <https://cleanfox.io/blog/foxyactus-fr/chiffres-effrayants-pollution-digitale/>

Cohen, S., Demeritt, D., Robinson, J., & Rothman, D. (1998). Climate change and sustainable development: Towards dialogue. *Global Environmental Change*, 8(4), 341-371.  
doi:10.1016/S0959-3780(98)00017-X

Choi, B., Shin, H., Lee, S., & Hur, T. (2006). Life cycle assessment of a personal computer and its effective recycling rate (7 pp). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(2), 122-128. doi:10.1065/lca2004.12.196

Čut, M. (2018, mai 14). *Digital natives and digital immigrants — how are they different*. Consulté le 10 avril 2020, à l'adresse <https://medium.com/digital-reflections/digital-natives-and-digital-immigrants-how-are-they-different-e849b0a8a1d3>

Efoui-Hess, M. (2019). *Climate crisis: The unsustainable use of online video*. Consulté à l'adresse [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/07/Press-kit\\_Climate-crisis\\_The-unsustainable-use-of-online-video.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/07/Press-kit_Climate-crisis_The-unsustainable-use-of-online-video.pdf)

Engster, M., Hirschler, R., Duan, H., (2007). Key Environmental Impacts of the Chinese EEE-Industry. *Materials Science and Technology (EMPA)*, 1-90.

Everts, T. (2017, mai 24). *Page bloat update: The average top 1000 web page is 1795 KB in size*. Consulté le 7 avril 2020, à l'adresse <https://blog.radware.com/applicationdelivery/wpo/2014/12/page-bloat-update-average-top-1000-web-page-1795-kb-size/>

EUROPEAN COMMISSION. (2013). *Digital Agenda: global tech sector measures its carbon footprint* . Consulté à l'adresse [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_13\\_231](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_13_231)

Feng, C., & Ma, X. Q. (2009). The energy consumption and environmental impacts of a color TV set in china. *Journal of Cleaner Production*, 17(1), 13-25.

doi:10.1016/j.jclepro.2008.03.007

Ferreboeuf, H. (2018). *Lean ICT : POUR UNE SOBRIÉTÉ NUMÉRIQUE. The Shift Project.*

Consulté à l'adresse <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/11/Rapport-final-v8-WEB.pdf>

Futura Tech. (s. d.). *Data center*. Consulté le 6 avril 2020, à l'adresse <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-data-center-15675/>

GESI. (2008). SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age. Consulté à l'adresse

<https://www.theclimategroup.org/site/default/files/archive/files/Smart2020Report.pdf>

GESI. (2012). *GeSI SMARTer 2020: The Role of ICT in Driving a Sustainable Future*. Consulté à l'adresse [https://www.telenor.com/wp-content/uploads/2014/04/SMARTer-2020-The-Role-of-ICT-in-Driving-a-Sustainable-Future-December-2012.\\_2.pdf](https://www.telenor.com/wp-content/uploads/2014/04/SMARTer-2020-The-Role-of-ICT-in-Driving-a-Sustainable-Future-December-2012._2.pdf)

Gomes, M. K., & Oliveira, M. L. (2018). Digital pollution: Going beyond the limits of virtual. *Revista Jurídica*,

Harrington, D. (2015). *From First Mile to Last Mile Global Industrial & Logistics Trends*.

Consulté à l'adresse <https://www.colliers.com/-/media/files/marketresearch/global/2015-global-reports/global-logistics-2015.pdf>

Heddeghem, W., Lambert, S., Lannoo, B., Colle, D., Pickavet, M., & Demeester, P. (2014).

Trends in worldwide ICT electricity consumption from 2007 to 2012. *Computer Communications*, 50, 64-76. doi:10.1016/j.comcom.2014.02.008

Hischier, R., & Baudin, I. (2010). LCA study of a plasma television device. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(5), 428-438. doi:10.1007/s11367-010-0169-2

Hoang, A., Do, P., & lung, B. (2014). Integrating multilevel energy efficiency-based prognostic approaches into energy management systems of base stations HAL CCSD.

Horner, N. C., Shehabi, A., Azevedo, I. L., & Lawrence Berkeley National Lab. (LBNL), Berkeley, CA (United States). (2016). Known unknowns: Indirect energy effects of information and communication technology. *Environmental Research Letters*, 11(10), 103001.  
doi:10.1088/1748-9326/11/10/103001

HR in Asia. (2019, mars 29). *What You Should Know About Digital Pollution - HR in ASIA*. Consulté le 10 avril 2020, à l'adresse <https://www.hrinasia.com/general/what-you-should-know-about-digital-pollution/>

ISO 14040 : 2006. (2019). *Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre*. Genève, Suisse : ISO.

Jáñez Morán, A., Profaizer, P., Herrando Zapater, M., Andérez Valdavida, M., & Zabalza Bribián, I. (2016). Information and communications technologies (ICTs) for energy efficiency in buildings: Review and analysis of results from EU pilot projects. *Energy & Buildings*, 127, 128-137. doi:10.1016/j.enbuild.2016.05.064

Koomey, J. G. (2008). Worldwide electricity used in data centers. *Environmental Research Letters*, 3(3), 034008. doi:10.1088/1748-9326/3/3/034008

Koomey, J. G. (2011). GROWTH IN DATA CENTER ELECTRICITY USE 2005 TO 2011. Consulté à l'adresse <http://mediafire.com/file/zzqna34282frr2f/koomeydatacenterselectuse2011finalversion.pdf>

Kuthe, A., Keller, L., Körfgen, A., Stötter, H., Oberrauch, A., & Höferl, K. (2019). How many young generations are there? - A typology of teenagers' climate change awareness in germany and austria. *The Journal of Environmental Education*, 50(3), 172-182.  
doi:10.1080/00958964.2019.1598927

Lambin, J.J., de Moerloose, Ch. (2016). *Marketing Stratégique et Opérationnel*. 9<sup>e</sup> Edition. Paris, Dunod. pp. 191-195

La Relève. (2018, octobre 4). *Les Terres rares : le nouvel or noir*. Consulté le 19 avril 2020, à l'adresse <https://lareleveetla peste.fr/les-terres-rares-le-nouvel-or-noir/>

Lendopolis. (2019). *Pollution numérique : un poids considérable dans les émissions de carbone*. Consulté à l'adresse <https://blog.lendopolis.com/energies-renouvelables/pollution-numerique/>

Le Parisien. (2011, février 7). *Les terres rares : un enjeu pour les nouvelles technologies*. Consulté le 19 avril 2020, à l'adresse <http://www.leparisien.fr/economie/les-terres-rares-un-enjeu-pour-les-nouvelles-technologies-07-02-2011-1302946.php>

Malhotra, N. et al. (2010). *Etudes marketing*. Paris : Pearson.

Malmodin, J., Moberg, Å., Lundén, D., Finnveden, G., & Lövehagen, N. (2010). Greenhouse gas emissions and operational electricity use in the ICT and entertainment & media sectors. *Journal of Industrial Ecology*, 14(5), 770-790. doi:10.1111/j.1530-9290.2010.00278.x

Moberg, Å., Johansson, M., Finnveden, G., Jonsson, A., Medieteknik och grafisk produktion, Media (stängd 20111231), Samhällsplanering och miljö, . . . KTH. (2010). Printed and tablet e-paper newspaper from an environmental perspective — A screening life cycle assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(3), 177-191. doi:10.1016/j.eiar.2009.07.001

Morley, J., Widdicks, K., & Hazas, M. (2018). Digitalisation, energy and data demand: The impact of internet traffic on overall and peak electricity consumption. *Energy Research & Social Science*, 38, 128-137. doi:10.1016/j.erss.2018.01.018

- Miller, M. (2019, novembre 5). *Le réchauffement climatique timidement enseigné dans les écoles d'ingénieurs*. Consulté le 10 avril 2020, à l'adresse [https://www.lemonde.fr/campus/article/2019/11/03/le-rechauffement-climatique-timidement-enseigne-dans-les-ecoles-d-ingenieurs\\_6017841\\_4401467.html](https://www.lemonde.fr/campus/article/2019/11/03/le-rechauffement-climatique-timidement-enseigne-dans-les-ecoles-d-ingenieurs_6017841_4401467.html)
- Muntean, M., Guizzardi, D., Schaaf, E., Crippa, M., Solazzo, E., Olivier, J. G. J., & Vignati, E. (2018). *Fossil CO2 emissions of all world countries: 2018 report*.29433
- Pickavet, M., Vereecken, W., Demeyer, S., Audenaert, P., Vermeulen, B., Develder, C., Colle, D., et al. (2008). *Worldwide energy needs for ICT: the rise of power-aware networking*. ANTS: 2008 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCED NETWORKS AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS (pp. 1–3). Presented at the 2nd International symposium on Advanced Networks and Telecommunication Systems, New York, NY, USA: IEEE.
- Park, P., Lee, K., & Wimmer, W. (2006). Development of an environmental assessment method for consumer electronics by combining top-down and bottom-up approaches (11 pp). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(4), 254-264. doi:10.1065/lca2005.05.205
- Preist, C., Schien, D., & Blevis, E. (2016). Understanding and mitigating the effects of device and cloud service design decisions on the environmental footprint of digital infrastructure. *Association for Computing Machinery (ACM)*. doi:10.1145/2858036.2858378
- Robinson, B. H. (2009). E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*, 408(2), 183-191. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.09.044
- Roome, N., & Park, J. (2000). Global sustainability and information economy: Old challenges, new perspectives. *Greener Management International*, 24.
- Saunders, H. D. (1992). The khazzoom-brookes postulate and neoclassical growth. *The Energy Journal*, 13(4), 131-148. doi:10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol13-No4-7

Shehabi, A., Walker, B., & Masanet, E. (2014). The energy and greenhouse-gas implications of internet video streaming in the united states. *Environmental Research Letters*, 9(5), 54007. doi:10.1088/1748-9326/9/5/054007

Singhal, J. (2005). *Integrated Product Policy Pilot Project, Stage I Final Report: Life Cycle Environmental Issues of Mobile Phones*. Consulté à l'adresse [https://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/nokia\\_mobile\\_05\\_04.pdf](https://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/nokia_mobile_05_04.pdf)

Statista. (s. d.). *Utilisateurs de smartphone dans le monde 2014-2020*. Consulté le 10 avril 2020, à l'adresse <https://fr.statista.com/statistiques/574542/utilisateurs-de-smartphone-dans-le-monde--2019/>

Suckling, J., & Lee, J. (2015). Redefining scope: The true environmental impact of smartphones? *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(8), 1181-1196. doi:10.1007/s11367-015-0909-4

SUI, D. Z., & REJESKI, D. W. (2002). Environmental impacts of the emerging digital economy: The E-for-environment E-commerce? *Environmental Management*, 29(2), 155-163. doi:10.1007/s00267-001-0027-X

Sun, Z. H. I., Xiao, Y., Sietsma, J., Agterhuis, H., Visser, G., & Yang, Y. (2015). Characterisation of metals in the electronic waste of complex mixtures of end-of-life ICT products for development of cleaner recovery technology. *Waste Management*, 35, 227-235. doi:10.1016/j.wasman.2014.09.021

UNESCO. (s. d.). *Technologies de l'information et de la communication (TIC) | UNESCO UIS*. Consulté le 10 avril 2020, à l'adresse <http://uis.unesco.org/fr/glossary-term/technologies-de-linformation-et-de-la-communication-tic>

Van Gonel, F., & Akinci, A. (2018). How does ICT-use improve the environment? the case of turkey. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 15(1), 2-12. doi:10.1108/WJSTSD-03-2017-0007

Varian, H. R., & Thiry, B. (2011). *Introduction à la microéconomie* (7<sup>e</sup> éd.). Berchem, Belgique : De Boeck.

Wang, S. (2013). *Further study of Life Cycle Assessment of a high density data center cooling system – Teliasonera's 'Green Room' concept : Identification of improvement possibilities using Life Cycle Assessment (LCA) and discussion about the effect of the choice of Life Cycle Impact Assessment (LCIA) methods on the results (Dissertation)*. Consulté à l'adresse <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-117983>

Weber, C. L., Koomey, J. G., & Matthews, H. S. (2010). The energy and climate change implications of different music delivery methods. *Journal of Industrial Ecology*, 14(5), 754-769. doi:10.1111/j.1530-9290.2010.00269.x

Williams, E. (2011). Environmental effects of information and communications technologies. *Nature*, 479(7373), 354-358. doi:10.1038/nature10682

Yi, L., & Thomas, H. R. (2007). A review of research on the environmental impact of e-business and ICT. *Environment International*, 33(6), 841-849. doi:10.1016/j.envint.2007.03.015

# Annexe

## Annexe I : Questionnaire

30/04/2020

Prise de conscience de la pollution digitale

### Prise de conscience de la pollution digitale

Bonjour, je suis Hugo Evrard, je termine actuellement mes études en Science de Gestion à l'UCL. Je fais un état des lieux de la prise de conscience concernant la pollution digitale. Les réponses de ce questionnaire m'aideront dans l'avancement de mon mémoire. Sachez que votre aide me sera très précieuse.

Vos réponses sont confidentielles et anonymes ; seuls les résultats agglomérés seront publiés.

D'avance, je vous remercie pour votre collaboration.

**\*Required**

[https://docs.google.com/forms/d/1bQvVKZ-6M02YK4RQ19Jc7YN067VPL\\_Sa\\_jt3EKqng/edit](https://docs.google.com/forms/d/1bQvVKZ-6M02YK4RQ19Jc7YN067VPL_Sa_jt3EKqng/edit)

1/6

1. Dans quelle mesure estimez-vous que les technologies suivantes sont source de consommation d'électricité ? Évaluez selon l'échelle "1 pas du tout d'accord" à "7 tout à fait d'accord".

Un data center ou centre de données est un site physique regroupant des installations informatiques (serveurs, routeurs, commutateurs, disques durs...) chargées de stocker des données dans le "cloud". Cela vous permet donc d'enregistrer vos photos/vidéos dans google photo par exemple, de regarder en streaming, etc... La Production englobe la consommation d'électricité nécessaire pour produire des smartphones, TV, tablettes, les infrastructures des data centers ou de l'internet, etc.

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6	7	Ne sais pas
Data center/ cloud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Infrastructure réseau (Wi-Fi et internet par câble)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Appareils grands public (smartphone, TV, tablette,...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La production liée aux 3 catégories citées ci- dessus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vidéo (streaming, internet,...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Déchet numérique

2. Parmi ces gestes visant à réduire votre empreinte carbone numérique, quelle est votre fréquence d'utilisation? Évaluez selon l'échelle "1 jamais" à "5 toujours".

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	Ne sais pas
Supprimer ses mails, photos ou vidéos enregistrées dans le cloud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Éviter de télécharger du contenu (film, fichier, ...) que vous n'utiliserez pas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Éviter de télécharger un contenu que vous possédez déjà (pdf, ...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Enlever l'enregistrement automatique de vos fichiers dans le "cloud"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Éviter de lancer une vidéo que vous ne regardez que partiellement	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mettre des pages internet en favoris pour réduire la navigation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mettre vos appareils (smartphones, ...) en économie d'énergie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autre(s) geste(s) (Vous n'êtes pas obligé de cocher)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Techniques d'influence

3. Dans quelle mesure trouvez-vous que les moyens de communication suivants vous permettent d'être sensibilisés à la pollution digitale? Évaluez selon l'échelle "1 pas du tout d'accord" à "7 tout à fait d'accord".

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6	7	Ne sais pas
Réseaux sociaux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chaines de télévision	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Distribution de flyers ou magazines	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenariat avec des bloggeurs/bloggeuses	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bouche-à-oreille	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autre (Vous n'êtes pas obligé de cocher)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### Classification

4. Quel est votre âge (uniquement le nombre)? \*

\_\_\_\_\_

## 5. Quelle(s) étude(s) avez-vous faites / faites-vous? \*

*Tick all that apply.*

- Art et lettre
- Agriculture
- Droit et administration
- Ingénierie (civil, industriel, gestion, ...)
- Sciences économiques
- Sciences sociales
- Journalisme et information
- Marketing
- Santé et protection sociale
- Education
- Sciences naturelles
- Mathématique et statistiques
- Technologie de l'information et communication
- Sylviculture
- Sciences vétérinaires
- Commerce
- Aucune(s)

Other:  \_\_\_\_\_

## 6. Quel est votre degré d'implication dans la lutte contre le réchauffement climatique ? \*

*Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Faible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fort

7. A quoi consacrez vous la majorité de votre temps lorsque vous utilisez internet? \*

*Mark only one oval.*

- Email et quelques fonctionnalités
- Radio, TV, téléchargement de jeu, musique et discussion
- Recherche d'information pour les biens et services, système bancaire, e-commerce et voyage
- Activités très variées
- Other: \_\_\_\_\_

8. Avez-vous quelque chose à ajouter?

---

---

---

---

---

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

## Annexe II : Manipulations

Désormais, la santé et protection sociale regroupent les médecins, infirmières, kinés et le paramédical. Les sciences-éco comprennent le marketing et le commerce. L'ingénierie comprend l'ingénierie et les ingénieurs de gestion. Les sciences informatiques comprennent les informaticiens et les technologies de l'information et communication. Concernant la question sur l'âge, les réponses ont été scindées en deux : moins de 40 ans, 40 ans et plus. Cela permet de faire la distinction avec les « digital natives ».

## Annexe III : Méthodologie T-test

Méthodologie pour la décision de Rejet de  $H_0$  lors du t-Test :

$P\text{-valeur} > 0.05$ .  $NH_0$ , l'hypothèse des variances est respectée. Il faut regarder la **1ère** ligne du tableau des moyennes. Si  $\text{Sig (2-tailed)} < 0.05$  alors Rejet de  $H_0$ . Si  $p\text{-valeur} < 0.05$  alors  $RH_0$  et on peut affirmer avec 95% de certitudes que les moyennes sont significativement différentes

$P\text{-valeur} < 0.05$ .  $RH_0$ , l'hypothèse d'homogénéité des variances n'est pas respectée. Il faut regarder la **2ème** ligne du tableau des moyennes. Si  $\text{Sig (2-tailed)} < 0.05$  alors Rejet de  $H_0$ . Si  $p\text{-valeur} < 0.05$  alors  $RH_0$  et on peut affirmer avec 95% de certitudes que les moyennes sont significativement différentes

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
SMEAN (Dansquellemesureestimezvousquelestechnologieuissuivantessontsource)	Equal variances assumed	,613	,436	-,624	95	,534	-,2366	,3793	-,9895	,5163
	Equal variances not assumed			-,605	44,480	,548	-,2366	,3913	-,10250	,5518
SMEAN (Dansquellemesureestimezvousquelestechnologieuissuivantessontsour_A)	Equal variances assumed	,741	,392	,672	95	,503	,2539	,3776	-,4957	1,0035
	Equal variances not assumed			,626	41,404	,535	,2539	,4053	-,5645	1,0722
SMEAN (Dansquellemesureestimezvousquelestechnologieuissuivantessontsour_B)	Equal variances assumed	2,798	,098	,778	95	,438	,2828	,3635	-,4388	1,0045
	Equal variances not assumed			,724	41,374	,473	,2828	,3904	-,5053	1,0710
SMEAN (Dansquellemesureestimezvousquelestechnologieuissuivantessontsour_C)	Equal variances assumed	,034	,855	-,048	95	,962	-,0175	,3643	-,7406	,7057
	Equal variances not assumed			-,047	45,379	,963	-,0175	,3719	-,7664	,7314
SMEAN (Dansquellemesureestimezvousquelestechnologieuissuivantessontsour_D)	Equal variances assumed	,772	,382	,484	95	,629	,1752	,3617	-,5430	,8933
	Equal variances not assumed			,457	42,366	,650	,1752	,3833	-,5981	,9485
SMEAN (Parmicesgestesvisantàreduirevotreempreintecarbonenunérique)	Equal variances assumed	,168	,683	1,298	95	,197	,3831	,2951	-,2028	,9690
	Equal variances not assumed			1,283	46,167	,206	,3831	,2987	-,2181	,9842

SMEAN (Parmicesgestesvisantàreduirevotreempreintecarbonenunérique_A)	Equal variances assumed	,220	,640	,803	95	,424	,2503	,3117	-,3685	,8690
	Equal variances not assumed			,817	48,961	,418	,2503	,3064	-,3654	,8659
SMEAN (Parmicesgestesvisantàreduirevotreempreintecarbonenunérique_B)	Equal variances assumed	1,499	,224	,978	95	,331	,2939	,3006	-,3030	,8907
	Equal variances not assumed			,913	41,590	,367	,2939	,3219	-,3559	,9437
SMEAN (Parmicesgestesvisantàreduirevotreempreintecarbonenunérique_C)	Equal variances assumed	,067	,796	,370	95	,712	,1194	,3228	-,5215	,7602
	Equal variances not assumed			,365	46,030	,717	,1194	,3272	-,5392	,7779
SMEAN (Parmicesgestesvisantàreduirevotreempreintecarbonenunérique_D)	Equal variances assumed	3,683	,058	4,625	95	,000	1,2164	,2630	,6942	1,7386
	Equal variances not assumed			4,198	39,640	,000	1,2164	,2898	,6306	1,8022
SMEAN (Parmicesgestesvisantàreduirevotreempreintecarbonenunérique_E)	Equal variances assumed	,211	,647	-,091	95	,928	-,0305	,3358	-,6971	,6362
	Equal variances not assumed			-,093	50,232	,926	-,0305	,3261	-,6854	,6244
SMEAN (Parmicesgestesvisantàreduirevotreempreintecarbonenunérique_F)	Equal variances assumed	,030	,863	-1,279	95	,204	-,3615	,2827	-,9227	,1998
	Equal variances not assumed			-1,284	47,664	,205	-,3615	,2816	-,9277	,2047
SMEAN (Dansquellemesuretrouvevousquelesmoyensdecommunicationssuivantsvo)	Equal variances assumed	,208	,649	-1,339	95	,184	-,659	,492	-,1636	,318
	Equal variances not assumed			-1,313	45,510	,196	-,659	,502	-,1669	,352

SMEAN (Dansquellemesuretrouvevousquelesmoyensdecommunicationssuivants_A)	Equal variances assumed	2,631	,108	,684	95	,496	,2855	,4173	-,5430	1,1140
	Equal variances not assumed			,626	40,157	,535	,2855	,4561	-,6363	1,2073
SMEAN (Dansquellemesuretrouvevousquelesmoyensdecommunicationssuivants_B)	Equal variances assumed	,001	,977	-,046	95	,964	-,0205	,4500	-,9138	,8728
	Equal variances not assumed			-,045	45,757	,964	-,0205	,4575	-,9415	,9004
SMEAN (Dansquellemesuretrouvevousquelesmoyensdecommunicationssuivants_C)	Equal variances assumed	8,575	,004	3,410	95	,001	1,0730	,3147	,4482	1,6977
	Equal variances not assumed			2,833	34,766	,008	1,0730	,3788	,3038	1,8421
SMEAN (Dansquellemesuretrouvevousquelesmoyensdecommunicationssuivants_D)	Equal variances assumed	1,994	,161	,289	95	,773	,1349	,4663	-,7908	1,0606
	Equal variances not assumed			,306	53,248	,761	,1349	,4409	-,7493	1,0191
SMEAN (Dansquellemesuretrouvevousquelesmoyensdecommunicationssuivants_E)	Equal variances assumed	,803	,373	-1,241	95	,218	-,5596	,4510	-,14550	,3358
	Equal variances not assumed			-1,275	50,021	,208	-,5596	,4389	-,14411	,3219

## Annexe IV : Méthodologie Test ANOVA

### Méthodologie du test ANOVA :

Dans le tableau « Test of homogeneity of Variances », si  $p\text{-valeur} > 0.05 \rightarrow \text{NRH0}$ , l'hypothèse des variances est respectée. Il faut utiliser le tableau ANOVA (Test de Fisher). Si  $p\text{-valeur} < 0.05$  alors RH0.

Dans le tableau « Test of homogeneity of Variances », si  $p\text{-valeur} < 0.05 \rightarrow \text{RH0}$ , l'hypothèse d'homogénéité des variances n'est pas respectée. Il faut utiliser le tableau "Robust Tests of Equality of Means" (Test de Welch). Si  $p\text{-valeur} < 0.05$  alors RH0.

Dans le cas où il y a un RH0, il faut faire des comparaisons multiple (Turkey, Scheffe, Bonferroni) et si  $p\text{-valeur} < 0.05$  alors RH0 et on peut affirmer avec 95% de certitudes que les moyennes sont significativement différentes.

±

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
SMEAN(Dans quelle mesure trouvez-vous que les moyens de communications suivants_ C)	Based on Mean	3,341	3	93	,023
	Based on Median	2,766	3	93	,046
	Based on Median and with adjusted df	2,766	3	82,029	,047
	Based on trimmed mean	2,829	3	93	,043

**Robust Tests of Equality of Means**

		Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
SMEAN(Dansquelle mesuretr ouvezvousquelesmoyensdec ommunicationsuivants_C)	Welch	6,480	3	44,748	,001
SMEAN(Dansquelle mesuretr ouvezvousquelesmoyensdec ommunicationsuivants_D)	Welch	,967	3	42,377	,417
SMEAN(Dansquelle mesuretr ouvezvousquelesmoyensdec ommunicationsuivants_E)	Welch	,195	3	41,269	,899