

Mémoire de Master

Sous la direction de Prof. Dr. Jessie Pallud



La Pollution Numérique

Etat des lieux de l'impact environnemental du secteur numérique,
et prise de conscience chez le consommateur

Marie Leclercq

M2 : E-Marketing & Stratégie Digitale

EM Strasbourg | Année Universitaire 2021/2022



«Digital technology is the blind spot of environmental and climate policies»



SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	5
GLOSSAIRE.....	6
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	8
INTRODUCTION	9
1 REVUE DE LA LITTÉRATURE	12
1.1 LA POLLUTION NUMÉRIQUE	12
1.1.1. Définition de la pollution numérique.....	12
1.1.2. Un domaine à géométrie variable	14
1.1.3. Cartographie de la pollution numérique	15
a) La phase de production.....	16
b) La phase d'utilisation	17
c) La phase de fin de vie.....	19
1.1.4. Les limites de la pollution numérique.....	21
a) Une estimation complexe	21
b) Un solde environnemental difficile à établir.....	22
c) L'effet rebond	22
1.2 LE GASPILLAGE DIGITAL	24
1.2.1. Définition du gaspillage digital.....	25
a) Le gaspillage	25
a) Le gaspillage digital	25
1.2.2 Focus sur certains usages de dilapidation des TIC.....	28
a) L'obsolescence programmée	28
b) Le cas des vidéos en ligne / vidéos à la demande.....	29
c) La production exponentielle de données	30
1.2.3. Prise de conscience.....	32
a) Prise de conscience dans le monde de la recherche	32
b) Prise de conscience dans le monde politique et industriel	33
c) Prise de conscience dans les entreprises.....	34
d) Prise de conscience chez le consommateur	34
1.2.4. L'appel à la sobriété numérique	35
a) Définition de la sobriété numérique.....	35
b) Quelques pistes pour une sobriété numérique	37
1.3 CONCLUSION DE LA REVUE DE LITTÉRATURE	39
2 ANALYSE QUANTITATIVE.....	42
2.1. CHOIX DU MODÈLE THÉORIQUE D'ANALYSE	42
2.1.1. Les différents modèles utilisés.....	42



2.1.2.	Identification des variables	43
2.2	MÉTHODOLOGIE.....	44
2.2.1	Définition de la question d'étude	44
2.2.2	Élaboration du Questionnaire.....	45
2.2.3	Technique d'échantillonnage.....	47
2.2.4	Collecte des données	48
2.3	ANALYSE DES RÉSULTATS.....	48
2.3.1	Analyse descriptive de l'échantillon	48
a)	Présentation de l'échantillon	48
b)	Analyses univariées.....	49
b)	Analyses bivariées.....	53
2.3.2	Analyses approfondies et corrélation entre les différentes variables.....	56
a)	Analyse de l'interconnectivité des variables.....	56
b)	Analyse de la segmentation des consommateurs	57
c)	Analyse de la connectivité des variables environnement réel & digital	59
d)	Vérification des autres hypothèses.....	61
2.4	CONCLUSION D'ÉTUDE.....	62
2.4.1	Synthèse des résultats	62
2.4.2	Limites de l'étude.....	64
2.4.3	Analyses futures.....	65
2.4.4	Recommandations managériales.....	66
CONCLUSION GÉNÉRALE.....		69
BIBLIOGRAPHIE		71

LISTE DES FIGURES

Figure 1	: Classification des effets des TIC selon Berkhout & Hertin (2001).....	13
Figure 2	: Quantité de métaux précieux présents dans un ordinateur.....	17
Figure 3	: Effets du télétravail sur les émissions de gaz à effet de serre	23
Figure 4	: Parcours énergétique d'une requête web	33
Figure 5	: Nombre de publications sur les impacts environnementaux du numérique	38
Figure 6	: Segmentation de notre échantillon : Ultra-conscients vs. Non-conscients)	58
Figure 7	: Segmentation de notre échantillon : Volontaire vs. Réfractaires	59

ANNEXES

Annexe 1	: Scénario de gestion des déchets électriques et électroniques	75
Annexe 2	: Extraits du rapport sénatorial de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique, 2020	76
Annexe 3	: Quantité et volume de trafic de données dans le monde	77
Annexe 4	: Questionnaire d'enquête	78
Annexe 5	: Tableau récapitulatif des réponses au questionnaire	86
Annexe 6	: Présentation des tests d'analyse	88



REMERCIEMENTS

Au printemps 2020, alors que la pandémie du Covid-19 battait son plein et que l'Europe entrait dans l'ère des confinements généralisés, j'ai eu l'opportunité d'échanger avec plusieurs dirigeants de data centers dans le cadre de l'un de mes projets professionnels sur l'Islande. C'est lors de ces entretiens que j'ai commencé à réaliser l'impact incommensurable de nos activités numériques sur la consommation énergétique mondiale et sur l'environnement. C'est ainsi qu'est né mon intérêt pour le sujet de la pollution digitale : un sujet aussi passionnant que préoccupant. Mes remerciements iront donc en premier lieu à ces chefs d'entreprises qui, sans le savoir, m'auront sensibilisée à cette problématique et incitée à choisir ce sujet sociétal comme thème de ce mémoire.

Je tiens également à remercier chaleureusement toutes les personnes qui auront participé de près ou de loin à ce travail, et m'auront soutenue dans ce projet. Je pense en outre à tous les individus - anonymes ou non - qui auront eu la bienveillance de répondre à mon questionnaire d'étude et qui, grâce à leur opinion, m'auront permis de mener à bien mes recherches ; à ma directrice de mémoire Madame Jessie Pallud pour son enthousiasme, son professionnalisme et ses conseils affutés ; à l'ensemble des professeur(e)s et intervenant(e)s du Master E-Marketing et Stratégie Digitale de l'EM Strasbourg pour les diverses connaissances qu'ils/elles m'auront apportée tout au long de cette année ; à mes relecteurs pour leurs excellentes suggestions; et enfin, et non des moindres, à ma famille, mes amis et mon mari, pour leur soutien de tous les jours, leur compréhension et accompagnement dans cette aventure.

Ce projet de mémoire aura monopolisé tout mon temps libre, mon attention et mes pensées durant ces derniers mois. Aussi exigeante qu'elle ait été, sa réalisation me laisse le souvenir d'une expérience intense et enrichissante. Elle m'aura ouvert les yeux sur de nombreuses facettes du numérique dont j'ignorais l'existence, et changé à jamais ma vision sur ces technologies. J'espère que mon travail saura enthousiasmer mes lecteurs autant qu'il m'a enthousiasmée, et qu'il saura trouver une quelconque utilité.



GLOSSAIRE

Terme	Définition
<i>Binge watching</i>	En français, le visionnage en rafale, est une pratique qui consiste à regarder un écran pendant de longues périodes de temps, souvent en visionnant à la suite des épisodes d'une même série. L'expression est construite par référence au <i>binge drinking</i> .
<i>Blockchain</i>	Technologie de de stockage et de transmission de données sous forme de blocs liés les uns aux autres et protégés contre toute modification. Cette technologie offre de hauts standards de transparence et de sécurité car elle fonctionne sans organe central de contrôle, et permet à ses utilisateurs d'échanger des données simultanément sans intermédiaire.
<i>Cloud</i>	Ensemble de serveurs en réseau (incluant des systèmes d'exploitation et des logiciels), installés dans un <i>data center</i> , qui exécutent les traitements et stockent les données, et auxquels se connectent les usagers via une liaison Internet sécurisée. En français, le cloud désigne l'informatique en nuage.
<i>Data Center</i>	Un <i>data center</i> est un lieu où sont entreposés des serveurs stockant et mettant à disposition des utilisateurs des données, des logiciels et des infrastructures informatiques virtualisés et accessibles via le <i>cloud computing</i> . En français, centre de données.
<i>Digital Native</i>	Expression américaine pour désigner la génération ayant grandi en même temps que le développement d'Internet. Ce sont les individus nés dans les années 1980, avec le langage numérique comme « langue maternelle ». En français, natif du numérique.
<i>Gaming</i>	Anglicisme qui désigne la pratique (généralement assidue) des jeux vidéo en ligne.
<i>Green I.T.</i>	Ensemble des méthodes, outils, logiciels, matériels, services et processus informatiques qui réduisent l'impact de l'informatique sur l'environnement : éco-conception, économies d'énergie, ou encore gestion des déchets. Informatique éco-responsable.
<i>High Tech</i>	Le terme high tech recouvre tout ce qui tourne autour des nouvelles technologies : l'informatique, l'Internet, la photo numérique, la Haute Définition, la téléphonie mobile, etc.
<i>Low Tech</i>	Par opposition au <i>high tech</i> , le <i>low tech</i> fait appel à des technologies simples, accessibles, facilement réparables et peu coûteuses faisant appel à des moyens courants et localement disponibles (dont la réutilisation ou le recyclage d'objets et/ou de matériaux usuels).
Objets connectés	Ensemble des objets qui captent, stockent, traitent et transmettent des données, qui peuvent recevoir et donner des instructions et qui ont pour cela la capacité à se connecter à un réseau d'information, appelé Internet des Objets (IDO) ou <i>Internet of Things</i> (IoT).



<i>Pop-up</i>	Fenêtre qui s'ouvre devant la fenêtre principale sans avoir été sollicitée par l'internaute (souvent pour afficher des messages publicitaires).
<i>Reel</i>	Nouveau format permettant de créer des courtes vidéos verticales, comprenant texte, musique, audio et effets de réalité augmentée.
<i>Scrolling</i>	Pratique qui consiste à dérouler verticalement du contenu sur un écran à l'aide d'une souris (ordinateur) ou du doigt (téléphone tactile).
<i>Smart city</i>	Nouveau concept de développement urbain, la smart city désigne une entité urbaine utilisant les nouvelles technologies pour optimiser son organisation, dans le but d'améliorer la qualité de vie de ses habitants tout en intégrant une dimension environnementale. En français, la ville intelligente est capable de recueillir de la donnée qualifiée sur les différents comportements de ses usagers et sur ses infrastructures, de travailler cette donnée et de l'utiliser pour optimiser les usages.
<i>Slow Tech</i>	Par opposition à la <i>high tech</i> , le mouvement « <i>slow tech</i> » est destiné à lutter contre certains des effets néfastes des technologies pour la vie humaine, principalement à travers la promotion d'interactions plus lentes ou moins extrême avec certaines technologies.
<i>Streaming</i>	Technique de diffusion et de lecture en ligne et en continu de données multimédias, qui évite le téléchargement des données et permet la diffusion en direct ou en léger différé.
Technologies de l'information & de la communication (TIC)	Les Technologies de l'information et de la communication désignent l'ensemble des outils et ressources technologiques permettant de transmettre, enregistrer, créer, partager ou échanger des informations : ordinateurs, internet, appareils et technologies de diffusion et téléphonie.
Trouble Obsessionnel Compulsif (TOC)	Les troubles obsessionnels compulsifs (souvent désignés sous leur acronyme TOC) impliquent des pensées dérangeantes, répétitives et incontrôlables, causant une forte anxiété. Ils se focalisent sur des thèmes précis (propreté, psychoses de certaines choses, sexe, etc)
<i>Think Tank</i>	Groupe de réflexion privé qui produit des études sur des thèmes de société au service des décideurs.
<i>Wearable</i>	Ensemble des objets, vêtements ou accessoires, portés par une personne qui intègrent des technologies et peuvent être connectés à un appareil, comme un téléphone ou un ordinateur, afin de recueillir des données relatives à cette personne et à son environnement.
4K	Résolution, ou un format d'image numérique, atteignant une définition d'une largeur de 3.840 pixels ou plus.



LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

Terme	Définition
ADEME	Créée en 1991, l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. est un établissement public français à caractère industriel et commercial, qui a pour mission de susciter, animer, coordonner, faciliter ou réaliser des opérations de protection de l'environnement et la maîtrise de l'énergie.
COP	La Conférence des Parties (en anglais <i>Conference of the Parties</i>) désigne la réunion annuelle des États pour fixer les objectifs climatiques mondiaux. Prévues par la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) de 1992, la COP sur les changements climatiques se réunit tous les ans depuis 1995.
CNUCED	Créé en 1964, la Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement est un organe subsidiaire de l'Assemblée générale des Nations unies, qui vise à intégrer les pays en développement dans l'économie mondiale afin de favoriser leur essor.
GIEC	Créé en 1988 par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), le GIEC est un Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat. Il rassemble 195 états membres, et vise à synthétiser l'état des connaissances sur le changement climatique. Le GIEC publie des rapports scientifiques sur lesquels s'appuient les États dans la lutte contre le réchauffement.
GeSI	Le <i>Global Enabling Sustainability Initiative</i> se définit lui-même comme une source majeure d'informations impartiales, de ressources et de meilleures pratiques pour parvenir à une durabilité sociale et environnementale intégrée grâce aux technologies numériques.
GSM	Norme numérique pour la téléphonie mobile (Acronyme pour <i>Global System for Mobile Communication</i>).
HD	Haute Définition.
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture a pour mission l'édification d'une culture de la paix, l'éradication de la pauvreté, le développement durable et le dialogue interculturel par l'éducation, les sciences, la culture, la communication et l'information.
UMTS	Norme de téléphonie mobile à haut débit (Acronyme pour <i>Universal Mobile Telecommunications System</i>).
VOD	Une plateforme numérique de Vidéo à la Demande, permet de diffuser de contenus vidéo numériques aux utilisateurs au moment où ils le désirent.
UHD	Ultra Haute Définition.
WiMax	Désigne un standard de communication sans fil. Aujourd'hui il est surtout utilisé comme système de transmission et d'accès à Internet à haut débit, portant sur une zone géographique étendue (acronyme pour <i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>).

INTRODUCTION

Les technologies numériques, malgré le poids environnemental considérable qu'elles représentent, restent pour beaucoup dans l'angle mort des politiques publiques internationales. En effet, ni la dernière COP 26 qui s'est tenue à Glasgow en novembre 2021, ni le dernier rapport du GIEC publié en avril 2022, ne s'attardent réellement sur la part des TIC dans les émissions de gaz à effet de serre. Les secteurs de l'énergie, de l'industrie, des transports, du bâtiment ou encore de l'agriculture accaparent toute leur attention. Et pourtant, les technologies numériques ont une empreinte carbone colossale et inquiétante, puisqu'elles sont responsables de plus de 10% de la consommation d'électricité globale et 4% des émissions de gaz à effet de serres, devançant désormais le secteur de l'aviation dans le réchauffement planétaire. Des data centers gourmands en énergie, au stockage et partage de vidéos, en passant par nos requêtes sur les moteurs de recherche, nos emails ou notre addiction aux réseaux sociaux, notre consommation virtuelle a un impact bien réel sur l'environnement.

Les chiffres, lorsqu'on les regarde de plus près sont édifiants. Selon certains spécialistes, pour chaque e-mail stocké, dix grammes de CO₂ sont générés annuellement¹. Une simple requête Google produirait en moyenne sept grammes de CO₂, selon Alex Wissner-Gross, chercheur de l'université de Harvard². En 2018, les vidéos en ligne auraient émis au total 300 millions de tonnes de CO₂, soit 1% des émissions mondiales ou l'équivalent de la production de gaz à effet de serre d'un pays comme l'Espagne³. Et le pire est encore à venir puisque, au rythme actuel de l'explosion du volume de données, les émissions carbonées mondiales liées à la production et à l'utilisation du système numérique, pourraient doubler d'ici 2025 pour atteindre 8 % des émissions mondiales, soit la part combinée des voitures et deux-roues, nous prédit l'ADEME⁴.

Malgré cela, dans le discours officiel, dans la pensée collective, le numérique représente *la* technologie propre et vertueuse par excellence. Il est considéré comme l'une des solutions clefs aux problématiques environnementales, indispensable pilier pour une croissance verte et durable, permettant l'avènement d'une économie de services, propre, virtuelle et immatérielle. Qualifié de troisième révolution industrielle par Jeremy Rifkin, voire de quatrième révolution industrielle par Klaus Schwab, le numérique occupe ainsi une place de choix dans le Pacte Vert Européen, permettant d'infléchir les émissions de CO₂, à travers les gains en efficacité qu'il déclenche dans d'autres secteurs. Celui-ci a encore gagné en crédibilité lors de la pandémie mondiale de Covid-19, où il s'est érigé comme véritable clef de voute de notre système économique.

¹ Rapport de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique du Sénat, 2020
www.senat.fr/commission/dvpt_durable/mission_dinformation_sur_lempreinte_environnementale_du_numerique.html

² www.journaldunet.com/ebusiness/le-net/1066713-quelle-empreinte-carbone-pour-une-recherche-google/

³ <https://theshiftproject.org/article/climat-insoutenable-usage-video/>

⁴ <https://librairie.ademe.fr/consommer-autrement/5226-evaluation-de-l-impact-environnemental-du-numerique-en-france-et-analyse-prospective.html>

Et pourtant, depuis le rapport Gartner de 2007 - qui le premier tira la sonnette d'alarme quant à la pollution numérique - chercheurs, organisations environnementales, *think tank* et commissions d'études n'ont eu de cesse de pointer les ravages du secteur, soulignant que le numérique ne constitue pas la solution miracle aux problèmes environnementaux, mais qu'il y participe, et de manière significative. Alors, quinze ans plus tard, et au vu de l'urgence climatique que nous connaissons, n'est-il pas temps de prendre un peu de recul et de s'interroger sur notre folle course à la consommation numérique ? A l'heure de la suprématie technologique, où les technologies de l'information et de la communication ont pris possession de nos modes de vie et de nos modes de pensée, n'est-il pas temps d'affronter la réalité de leurs effets climatiques, environnementaux, sanitaires et sociaux ?

Ce travail de recherche vise à faire la lumière sur l'impact écologique des technologies numériques, ainsi qu'à évaluer la prise de conscience des utilisateurs et leur volonté d'agir face à ce phénomène. Notre étude se place d'un point de vue consommateur final uniquement. Elle exclut de ce fait le point de vue entreprise et les problématiques de 'Green I.T' notamment. Nous nous restreindrons ici principalement à l'analyse de l'impact des technologies de communication les plus courantes telles que ordinateurs, smartphones et tablettes, et excluons par exemple les objets connectés, les imprimantes, les boxes ou encore les téléviseurs, de notre champ d'étude.

Nous avons effectué ce travail en deux temps :

1) Dans un premier temps il nous semblait impératif de dresser un état des lieux de la pollution générée par le numérique, afin de bien cerner son ampleur et visualiser sa gravité. Nous nous sommes intéressés aux études préalablement menées sur le sujet, et avons passé en revue la littérature académique et scientifique existante. Nous avons constaté que, malgré l'attention croissante portée sur cette thématique ces 15 dernières années, les recherches divergent encore grandement, présentant des chiffres, angles et territoires d'analyse différents. L'effet rebond en particulier brouille les calculs et rend toute estimation quasi impossible. Toutes les recherches cependant s'accordent pour conclure au poids incommensurable et grandissant de l'empreinte carbone du secteur, dû principalement à la production, à l'utilisation et à la fin de vie de nos appareils numériques.

Trois auteurs ont particulièrement retenu notre attention : Françoise Berthoud, ingénieur de recherche au CNRS et experte des impacts environnementaux du numérique ; Fabrice Flipo, professeur et maître de conférences en philosophie politique et sociale ; et Guillaume Pitron dont l'ouvrage « L'Enfer numérique : Voyage au bout d'un like » apporte un point de vue poignant, changeant à tout jamais notre regard sur le numérique. Tout trois dénoncent l'escroquerie intellectuelle autour des effets vertueux des TIC, car issus d'analyses lacunaires et inexactes, et se positionnent en faveur d'une prise de conscience immédiate et d'un usage plus raisonné de ces technologies, afin de réconcilier les deux discours, écologique et technologique.

Au fil de nos lectures, nous nous sommes également intéressés à d'autres thématiques sous-jacentes, comme le gaspillage digital et le concept de sobriété numérique. Les diverses publications de l'ADEME et propositions du *think-tank* The Shift Project étayées par Yves Ferreboeuf présentent un constat percutant sur le sujet, mais aussi des solutions concrètes pour la mise en place de pratiques numériques plus vertueuses. Nous présenterons brièvement certaines de leurs propositions pour limiter le gaspillage numérique, avant d'examiner leur application concrète sur le terrain dans notre seconde partie.

2) Dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressés au consommateur final, et avons cherché à appréhender sa perception du problème. Les usagers n'ont-ils/elles réellement aucune conscience de leur impact numérique comme le prétend Fabrice Flipo ? Ne font-ils/elles vraiment aucun lien entre numérique et environnement comme l'affirme Françoise Berthoud ? Pour tenter de répondre à ces questions, nous avons fait le choix d'une étude de terrain quantitative. Nous avons élaboré un questionnaire de recherche spécifique que nous avons administré en ligne. Nous en avons méticuleusement analysé les résultats et confronté ceux-ci à nos hypothèses de recherche, en utilisant plusieurs modèles de la littérature académique en lien avec le sujet.

Nous livrerons le fruit de nos analyses dans notre partie de conclusion. Nous verrons que malgré les connaissances dont semblent faire preuve certains consommateurs sur le sujet, la pollution et le gaspillage numérique ont encore de beaux jours devant eux. Notre étude fait en effet état d'un certain nombre de paradoxes, qui reflètent bien la confusion existante, le manque de consensus, de sensibilisation publique et de directives pour encadrer le développement de notre économie numérique et maîtriser ses effets pervers. Il en ressort que l'éducation, la transparence et l'information demeurent plus que jamais indispensables, si l'on veut un jour enrailler nos mauvaises habitudes virtuelles et mettre en œuvre un mode de consommation plus frugal et plus raisonné.

Pouvoir publics, opérateurs, fabricants, concepteurs, entreprises et utilisateurs ont ainsi une responsabilité majeure pour renforcer la prise de conscience et atténuer l'impact environnemental du secteur. Aussi pour finir nous présenterons quelques solutions et pistes de réflexion pour l'avenir, et bien sûr quelques bonnes pratiques à adopter par tous.

1 | REVUE DE LA LITTÉRATURE

Pour commencer nous allons nous pencher sur la notion de « pollution digitale ». Nous analyserons son appréciation dans la littérature académique, avant de nous intéresser à une deuxième notion, celle du « gaspillage digital » en pleine émergence ; puis son antonyme, le concept de « sobriété numérique ». Notez ici que nous employons indifféremment les termes ‘numérique’ ou ‘digital’.

1.1 LA POLLUTION NUMÉRIQUE

1.1.1. Définition de la pollution numérique

L’un des travaux fondateurs sur la thématique de la pollution digitale, et repris dans une grande majorité de la littérature académique, est l’étude de Berkhout & Hertin de 2001, étayée par ses auteurs en 2004, et centrée sur l’impact environnemental des technologies de l’information et de la communication (TIC). Celle-ci distingue trois ordres d’effets environnementaux des TIC :

- **Les effets directs** (*Life Cycle Impact*), liés à la production et à l’utilisation des technologies. Ceux-ci comprennent notamment l’emploi de ressources naturelles pour la fabrication des appareils électroniques et des infrastructures, la consommation électrique des produits ainsi que les déchets générés en fin de vie des appareils. Ces effets directs sont essentiellement négatifs.
- **Les effets indirects** (*Enabling Impact*), de dématérialisation ou de substitution à la fonction sociale identique. Ils permettent notamment une amélioration des processus de production et de distribution (comme par exemple la fluidification du trafic routier ou la rationalisation de la distribution d’électricité), et sont majoritairement d’ordre positif.
- **Les effets systémiques et comportementaux** (*Structural Impact*), qui impliquent des transformations plus profondes des comportements, des modes de vie, ou bien des changements structurels économiques. Ceux-ci peuvent être d’ordre positif ou négatif. Par exemple, les TIC favorisent le développement d’une économie de services, moins avide en ressources et en énergie – mais les économies réalisées de ce côté (souvent en termes de temps, de transport ou d’énergie) finissent par stimuler la demande et donc la consommation dans d’autres secteurs.

Ce modèle schématisé ci-dessous s’appuie donc sur une segmentation essentiellement binaire : avec d’un côté les effets environnementaux *négatifs* des TIC (en tant que cause de problèmes environnementaux) et de l’autre, les effets *positifs* des TIC (en tant que solution aux problèmes environnementaux).

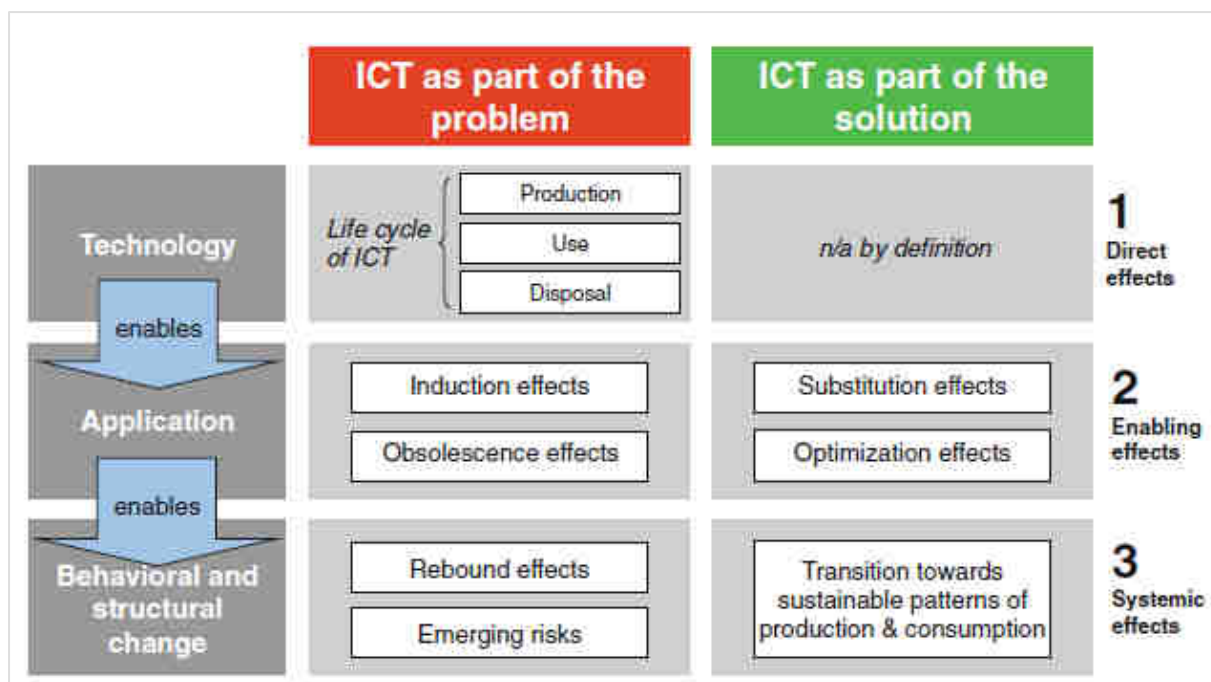


Figure 1 : Matrice des effets des TIC, selon Hilty (2008), reprenant la classification de Berkhout & Hertin (2001). On y voit les trois ordres d'effet des TIC, et leur classification en effets positifs et négatifs.

Ce modèle précurseur fournit une première trame ou une première typologie de la pollution numérique, mais il n'en fournit toutefois pas une définition précise. Les travaux académiques qui s'en suivent sur le sujet ne furent pas plus explicites sur la notion même, ni plus unanimes, puisque la plupart des auteurs se contentent d'une définition tacite ou approximative de la pollution digitale.

Bihanic (2016) par exemple considère que la pollution numérique « *relève d'un mélange de diverses sources* » et comprend notamment la pollution particulière provenant des sites de production et de transformation du silicium, la pollution électromagnétique (GSM, UMTS, WiFi, WiMAX, etc.), la pollution atmosphérique provenant du rejet de dioxyde de carbone des centres de données et de l'émission massive de gaz à effets de serre issue de l'incinération des déchets électroniques toxiques non-recyclés.

Pour Gomes & Oliveira (2018), la pollution numérique est celle produite par le stockage de données numériques, la génération d'informations électroniques, l'utilisation d'internet, des serveurs et autres infrastructures informatiques. Pour ces auteurs, l'environnement virtuel doit être considéré au même titre que l'environnement physique, et la pollution digitale virtuelle traitée juridiquement au même titre que la pollution physique réelle.

Du côté des associations et organisations internationales, les définitions en revanche abondent, surtout ces dernières années. Ainsi, The Shift Project, *think tank* de la transition carbone, considère la pollution numérique comme la résultante de l'impact environnemental et énergétique des réseaux de télécommunication, data centers, terminaux (ordinateurs, tablettes, téléphones portables, smartphones, boxes, équipements audiovisuels connectés) et *l'Internet of Things* (Ferreboeuf, 2018). La matérialité du

numérique en fait, pour les auteurs, un système physique comme les autres. L'ONG Greenpeace adopte quant à elle une définition encore plus vaste, estimant que la pollution numérique désigne toutes les formes de pollution engendrées par le secteur informatique: émissions de gaz à effet de serre, contamination chimique, érosion de la biodiversité, production de déchets électroniques.

1.1.2. Un domaine à géométrie variable

Si aucune définition unanime de la pollution digitale n'existe réellement, c'est qu'il s'agit d'un domaine extrêmement vaste, élastique et à géométrie variable – à commencer par le terme de 'digital' ou 'TIC' lui-même, qui, selon les auteurs, recouvre ou exclut des éléments différents (téléviseurs, objets connectés, imprimantes, écrans, etc). En outre, le numérique constitue à la fois un secteur à part entière, et un secteur transversal, intégré dans d'autres secteurs comme les transports, l'énergie, l'industrie - d'où la difficulté de délimiter où commence et où s'arrête le numérique (Roussilhe & Berthoud, 2021).

Ces dernières années, la question de l'impact environnemental du numérique a gagné en intérêt. Depuis 2015 la recherche sur le sujet s'est nettement accélérée. Les travaux académiques les plus complets sur la question sont ceux fournis par Andrae & Edler (2015), Malmodin & Lundén (2018) et Belkhir & Elmelegi (2018). Ces trois études présentent toutefois de fortes disparités, issues de méthodologies et de périmètres d'analyse différents, de définitions des TIC différentes selon les types d'appareils pris en compte, et d'hypothèses de calcul différentes.

Le modèle d'Andrae & Edler (2015) par exemple estime que le numérique pourrait représenter entre 8 et 21% de la consommation électrique globale et entre 2,2 et 6,7% des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030. Le modèle de Belkhir & Elmelegi (2018), lui, estime qu'en 2040 les émissions de gaz à effet de serre du secteur représenteront de 6 à 14% des émissions globales, selon les scénarii retenus. Enfin le modèle de Malmodin & Lundén (2018), s'appuyant sur les données publiques de 36 opérateurs télécom, 31 fabricants et 10 opérateurs de centres de données, table lui sur une réduction de l'empreinte énergétique et carbone du secteur, notamment grâce à une amélioration de l'efficacité énergétique des équipements et le recours accru aux énergies renouvelables.

Autre modèle intéressant, celui de Van Heddeghem *et al* (2014) qui a effectué une analyse détaillée de la consommation électrique mondiale des réseaux de communication, PCs et data centers entre 2007 et 2012. Il estime que leur consommation électrique a augmenté de 10%, 5% et 4% respectivement entre ces deux périodes, soit bien davantage que la croissance de la consommation électrique mondiale (3%). Il en déduit que ces trois catégories accaparent une part grandissante de notre consommation énergétique.

Enfin, en ce qui concerne la France, l'un des derniers travaux sur la question de l'empreinte écologique des TIC est le pré-rapport de la mission d'information sur

L’empreinte environnementale du numérique du Sénat de 2020⁵. Celui-ci concluait que les émissions en gaz à effet de serre du numérique en France pourrait augmenter jusqu’à 60% d’ici 2040 (soit 6,7% des émissions nationales), si rien n’était fait pour en réduire l’empreinte (voir Annexe 2).

Ces différentes estimations (et il en existe d’autres) présentent donc une forte hétérogénéité, qui s’explique non seulement par les types de technologies incluses, la variété des méthodes d’évaluation, mais aussi par l’insuffisance de données disponibles (les opérateurs, fabricants et data centers préférant souvent garder celles-ci confidentielles) ainsi que leur très forte dispersion au niveau global. Pour Freitag *et al* (2020), toutes ces analyses sous-estiment encore très largement l’impact carbone des TIC (jusqu’à 25%), car elles ne prennent pas en compte la filière TIC dans son ensemble, sur l’intégrité de sa chaîne de valeur et du cycle de vie.

En première analyse, nous pouvons donc déjà conclure à l’extrême complexité du sujet.

1.1.3. Cartographie de la pollution numérique

Aussi, plutôt que de tenter de peser l’impact précis des TIC et de le chiffrer, nous proposons d’établir une cartographie de la pollution numérique et de ses ramifications.

Pour bien comprendre son envergure, entendons-nous tout d’abord sur l’étendue du système numérique à prendre en compte. Nous considérerons ici que celui-ci comprend (1) les terminaux des utilisateurs (smartphones, ordinateurs, tablettes, essentiellement), qui se connectent entre eux via (2) des infrastructures réseaux (câbles terrestres et sous-marins, antennes de réseaux mobiles, fibres optiques, stations relai, etc.) afin d’échanger des informations stockées et traitées dans (3) les centres de données ou data centers. Pour Flipo (2014), les services numériques, la puissance de calcul et de transmission, constituent précisément « *la face cachée du numérique* » : invisible pour l’utilisateur mais avec des répercussions physiques bien réelles : déploiement d’infrastructures, stations de téléphonie, réseaux, data centers, et, encore plus en amont, fabrication des produits, et extraction de matières premières.

Chacun des éléments de cet immense système nécessite tout d’abord d’être produit, puis ensuite nécessite de grandes quantités d’énergie pour fonctionner (The Shift Project, 2018). C’est ainsi que la littérature distingue trois niveaux de pollution digitale : le premier niveau est au stade de la production des TIC ; le deuxième niveau au stade de l’utilisation ; et enfin le troisième niveau au stade de la fin de vie des appareils et équipements informatiques (Williams, 2011). Chacun de ces stades est le théâtre d’une pollution numérique spécifique.

⁵ Rapport de la mission d’information sur l’empreinte environnementale du numérique du Sénat, 2020
http://www.senat.fr/commission/dvpt_durable/mission_dinformation_sur_lempreinte_environnementale_du_numerique.html

a) La phase de production

La production d'équipements d'information et de communication – typiquement nos ordinateurs, smartphones, câbles et autres appareils et terminaux - est extrêmement gourmande en ressources naturelles non-renouvelables. Elle nécessite de nombreux vas-et-viens dans les entrailles de la terre, du Chili à l'Australie en passant par le Kazakhstan ou la République Démocratique du Congo. Flipo *et al* (2017) avance que les TIC absorbent environ 30% de la demande mondiale de cuivre (métal dont les propriétés de conductivité assurent la transmission des données sur les réseaux et les connexions électriques entre les composants dans les appareils), 30% de la demande mondiale d'argent, 12% de l'or, 13% de palladium et 15% de cobalt (utilisé notamment pour les batteries), et jusqu'à 80% du ruthénium ou de l'indium (utilisé dans les écrans tactiles).

Ceci n'est en rien étonnant au regard de l'extrême sophistication de nos smartphones aujourd'hui : un modèle classique comprend environ deux caméras, trois micros, un capteur infrarouge, un magnétomètre, sans parler de ses multiples antennes GPS, Bluetooth, Wifi, 4G et autres (Pitron, 2021). Ainsi, un smartphone à lui seul engloutit plusieurs dizaines de métaux (Longaretti & Berthoud, 2021, ADEME, 2016). Pour un ordinateur c'est plus d'une cinquantaine d'éléments qui entrent en jeu dans sa fabrication aujourd'hui – contre seulement une dizaine dans les années 80 : cuivre, cobalt, argent, gallium, germanium, lithium, et autres terres et métaux rares comme l'indium ou le néodyme, que Dedryver (2020) qualifie de « vitamines », servant à amplifier les performances de nos équipements.

« *Nous ne sommes pas loin de couvrir la totalité du tableau périodique, avec une cinquantaine d'éléments* » ironise Monnoyer-Smith (2017). Ceci conduit à un amenuisement considérable de nos matières premières non renouvelables, d'autant plus que le secteur se retrouve aussi en concurrence de plus en plus étroite avec le secteur des énergies renouvelables, qui sollicite les mêmes ressources (Flipo, 2014, ADEME, 2018, Ferreboeuf, 2019).

Outre la pression sur les métaux et matières premières, la fabrication de nos équipements numériques est également très consommatrice en énergie, car ces matières premières doivent être non seulement extraites, mais traitées et transportées entre de multiples sites. Or cette énergie est encore bien souvent fortement polluante, car issue de pays où le mix énergétique est très carboné (ARCEP 2022⁶). Ces différentes étapes de traitement entraînent en outre des pollutions conséquentes également au niveau des sols, des cours d'eau et de l'air dans les pays où elles ont lieu.

⁶ Rapport de l'ARCEP 2022, Pour un numérique soutenable : https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-pour-un-numerique-soutenable_dec2020.pdf

Metal	Amount (g)
Aluminium	680-960
Antimony*	2.4-18.0
Arsenic*	0.06
Bismuth	0.23
Cadmium*	3.3
Cerium	0.05
Copper	1,370-2,640
Forma	480
Gold	0.39-0.67
Indium	0.04
Lead*	620-1,370
Nickel	4.5-30.0
Platinum	0.92
Steel	7,300-8,980
Silver	0.86-2.60
Tin	67
Zinc	21

*Most hazardous metals.

Figure 2 : Quantité de métaux précieux présents dans un ordinateur de bureau et son tube cathodique. Source Williams, 2011.

Ainsi, selon l'ADEME (2021), la seule fabrication d'un smartphone est responsable de près de 50% de son empreinte environnementale et de 80% de sa dépense énergétique⁷, avant même que celui-ci n'ait pu être utilisé. On peut faire ici le parallèle avec les voitures électriques, dont la production génère également un fort impact sur l'environnement avant même que celles-ci aient roulé, du fait des multiples matériaux rares et métaux qui les composent.

b) La phase d'utilisation

En phase d'utilisation, les TIC sont également très voraces en énergie. Leur consommation électrique se répartit environ à hauteur de 30% pour les data centers, 40% pour les réseaux de télécommunications et 30% pour les équipements terminaux des utilisateurs (ordinateurs principalement) selon l'ADEME (2016). D'autres estiment cette contribution plutôt à hauteur de 23%, 19% et 58% respectivement, en prenant en compte la phase de fabrication. Leurs émissions en gaz à effet de serre dépendent étroitement du mix énergétique en place dans leur lieu de consommation (charbon, gaz, nucléaire et/ou énergies renouvelables), et donc de la localisation géographique de l'usage.

A défaut de s'accorder sur un quelconque chiffre précis, toutes les études s'accordent sur la croissance exponentielle de la consommation énergétique du secteur (jusqu'à 14%

⁷ Frédéric Bordage « Sobriété numérique, les clefs pour agir.

des émissions de gaz à effet de serre dans le scénario de Belkhir & Elmelegi (2018), et sur la pression grandissante que font peser les utilisateurs sur le système. « *La consommation d'électricité du secteur numérique ne cesse de croître, pour atteindre des niveaux comparables à celle de certains des plus grands pays du monde.* » affirme Monnoyer-Smith (2017). Le progrès des énergies renouvelables et l'engagement des grandes entreprises du numérique comme Apple vers les énergies vertes, ne suffiront pas à tempérer la boulimie énergétique du secteur (Monnoyer-Smith, 2017).

Les **data centers** en particulier ont fait couler beaucoup d'encre. Véritables « cœurs battants » du système numérique (The Shift Project), ils abritent toutes les infrastructures physiques nécessaires à son fonctionnement - ordinateurs, routeurs, serveurs, équipements de stockage, etc - et nécessitent des quantités d'énergie colossales pour faire tourner leurs équipements et les refroidir. « *Les datacenters sont une des conséquences directes de l'utilisation toujours accrue des technologies de l'information* » explique Carnino (2018). « *Les transactions économiques, le trafic aérien, le fonctionnement des usines, la gestion des réseaux d'eau, d'électricité, l'utilisation des smartphones et du Web reposent toujours davantage sur des flux de données qui sont stockés et traités dans des équipements éloignés de leur lieu de consommation.* » Le développement fulgurant des services internet et du cloud accroît encore leur poids environnemental, si bien que, pour Avgerinou (2017), dans tout le secteur des TICs ce sont les data centers qui ont la plus forte empreinte carbone. Leur consommation énergétique précise et son évolution restent malgré tout très complexes à évaluer, en raison de l'impossibilité de collecter les données et de l'évolution constante des technologies (Lucivero, 2018).

Pour ce qui est des **équipements terminaux**, ceux-ci comprennent une immense diversité d'appareils, aux fonctions, fonctionnements et performances tout aussi divers ; auxquels se greffent encore une multiplicité de composants leur permettant de déployer davantage de services et nécessitant encore davantage de puissance de calcul. Leur accroissement en termes de volume d'une part, se conjugue avec une course vers la performance d'autre part, avec des écrans toujours plus grands, des chargeurs toujours plus rapides, tant et si bien que le nombre démultiplié de produits sur le marché finit par annihiler tous leurs gains de performance énergétique (Flipo *et al*, 2016, Freitag *et al*, 2020). A cela s'ajoutent encore les innombrables objets connectés (montres connectées, écouteurs et autres *wearables*, caméras, capteurs, robots, et autres équipements domestiques), dont nous ne parlerons pas dans cette étude car hors de notre champ d'analyse, mais qui viennent en réalité encore alourdir la consommation énergétique des équipements TIC.

Au niveau des **réseaux**, le nombre d'appareils en circulation ainsi que l'explosion du trafic de données se fait bien évidemment sentir sur les infrastructures et la bande passante. Ceux-ci nécessitent le déploiement de nouvelles infrastructures, toujours plus performantes comme la fibre optique ou la 5G. Les réseaux fixes (xDSL, FTTx), consomment à première vue plus d'électricité en phase d'utilisation et requièrent plus d'équipements, notamment du fait des box installées chez les utilisateurs. Mais en prenant en compte le volume de data consommées, il ressort que les réseaux mobiles ont un impact

environnemental environ trois fois plus grand, d'après l'ARCEP⁸ (2022). Pour Longaretti & Berthoud (2021), le déploiement de la 5G risque d'aggraver encore la facture énergétique, car il vient s'ajouter aux autres réseaux déjà en place. De plus, ses capacités de débit supplémentaire vont constituer un appel d'air pour de nouveaux usages et de nouveaux équipements connectés, alourdissant encore le trafic de données.

Même si les chiffres divergent beaucoup entre les diverses études et d'un auteur à l'autre, ils pointent dans la même direction.

Freitag *et al* (2020) identifie cinq facteurs susceptibles d'infléchir l'évolution de la demande énergétique du numérique à l'avenir : l'amélioration des performances énergétiques du secteur ; la saturation potentielle à venir du marché des TIC qui pourrait stabiliser l'impact carbone du secteur ; la part accrue des énergies renouvelables dans le mix énergétique ; les économies d'énergie qu'il rend possible dans les autres secteurs ; ou encore le découplage du trafic de données des émissions carbone des TIC. Mais elle déconstruit chacun de ces arguments tour à tour, estimant que l'augmentation de leur efficacité énergétique ne compense pas l'extension démesurée du secteur (ce qu'affirme aussi Ferreboeuf, 2019), rappelant au passage que les émissions du secteur n'ont cessé d'augmenter ces dernières années. Elle en conclut comme tous les analystes, que sans un effort concerté de la part des politiques et des industriels le secteur des TIC n'est pas prêt de réduire son empreinte carbone.

Dans leur article, Longaretti & Berthoud (2021) reconnaissent également les progrès importants des data centers, que ce soit en termes de performance et d'optimisation via les machines virtuelles, dans les systèmes de refroidissement, ou de par leur capacité à fonctionner à température plus élevée. Mais ils déplorent l'impact galopant des équipements terminaux. Selon eux, « *ce sont les équipements terminaux qui consomment le plus d'énergie du fait de leur vie courte, de l'énergie nécessaire à leur utilisation et surtout des coûts énergétiques liés à leur fabrication* ». Ferreboeuf (2019) va dans le même sens affirmant, lui, que les 15 à 20% d'efficacité énergétique gagnés par les data centers tous les ans ne compensent pas les 35% d'augmentation du volume de données.

c) La phase de fin de vie

Enfin la phase de fin de vie des appareils numériques est également le théâtre d'une pollution digitale, et non des moindres. Ceux-ci produisent des déchets considérables : en volume d'une part (environ 50 millions de tonnes de déchets électriques et électroniques ont été générés dans le monde en 2018 selon Ferreboeuf, 2019), et en toxicité d'autre part, en raison de leurs multiples composants, difficiles à traiter et retraiter (plomb, mercure, chrome, cadmium, PBB (diphényles polybromés) et PBDEs (éthers diphényles polybromés), PVC, baryum, beryllium, phosphore et autres additifs utilisés pour la luminescence des

⁸ Rapport de l'ARCEP 2022, Pour un numérique soutenable : https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-pour-un-numerique-soutenable_dec2020.pdf

écrans). S'ajoutent à cela les solvants, acides, autres composés organiques volatils et produits toxiques incorporés qui interviennent dans la fabrication (retardateurs de flamme bromés, phtalates, chrome hexavalent ou encore béryllium) et se retrouvent dans le produit en bout de chaîne (Flipo *et al*, 2016).

Ces déchets finissent en général dans des décharges sauvages, incinérés ou bien au mieux, recyclés. Quel que soit leur destin, leur ultime voyage produit inexorablement davantage de dégradations environnementales – que ce soit de par leur incinération qui dégage des matériaux hautement toxiques et difficilement filtrables à 100% ; ou bien de par leur recyclage qui bien souvent s'effectue dans des conditions informelles et moindrement réglementées dans des pays tiers, échappant pour la plupart aux réglementations européennes en vigueur (Williams, 2011, Longaretti & Berthoud, 2021).

Selon un rapport de l'ONU de 2013⁹, près de 75 % du retraitement déchets électroniques se fait en dehors des filières légales de recyclage. En France, l'ADEME avance un taux de recyclage de 78%¹⁰ pour les déchets d'équipements électriques et électroniques – mais il s'agit d'un chiffre global incluant également les appareils électroménagers. Le chiffre serait plutôt de l'ordre de 50% pour les appareils numériques qui nous concernent ici (smartphones, ordinateurs, tablettes et composants associés). Malgré les progrès importants du recyclage lors de la dernière décennie, la filière peine encore à récupérer tous ces matériaux, emprisonnés dans le design complexe des produits qui empêche de récupérer les matières premières (Flipo *et al*, 2016). Le taux de recyclage de l'indium, du gallium, du tantale et du germanium par exemple est inférieur à 1 % (Ferreboeuf, 2019).

« Les fonctionnalités remarquables des appareils modernes sont le fruit d'une combinaison riche de matière précieuses et raffinées, à la fois dans le produit lui-même et dans les processus de fabrication. » note Williams (2011). En fin de chaîne se retrouve donc une vaste masse de «rebus hybrides» (Pitron, 2021), formés de matières sont-elles non seulement complexes à manipuler mais aussi potentiellement dangereuses (Williams, 2011).

Ainsi, le modèle économique qui régit le secteur est encore profondément linéaire. Il repose sur l'obsolescence technique des produits sans aucune prise en compte du cycle de vie des composants (Monnoyer-Smith, 2017, Belkhir & Elmelegi, 2018).

----- CONCLUSION -----

La pollution numérique des TIC survient à chaque étape de leur cycle de vie. Elle découle non simplement de leur usage, mais s'explique également par le volume de matériel produit, son processus de production, et sa durée de vie. La littérature académique et les diverses études produites jusqu'à présent divergent cependant sur de nombreux points :

⁹ https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/Studies/TOCTA_EAP_web.pdf

¹⁰ <https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/4183-equipements-electriques-et-electroniques-donnees-2019.html>

tant sur la contribution relative de chaque étape du cycle de vie (fabrication, utilisation rebuts) dans l'impact environnemental total du secteur, que sur la quantification des effets énergétiques des équipements.

1.1.4. Les limites de la pollution numérique

La littérature académique et scientifique trouve ainsi plusieurs limites. Nous pouvons résumer celles-ci en trois points.

a) Une estimation complexe

Tout d'abord, la pollution environnementale du numérique est difficilement chiffrable, comme nous l'avons évoqué (Freitag *et al*, 2020, Roussilhe & Berthoud, 2021). Quand bien même plusieurs études s'y sont essayé (Andrae & Edler (2015), Belkhir & Elmelegi (2018) Malmodin & Lundén (2018), entre autres), ces analyses se concentrent sur les impacts en termes de consommation électrique et en termes d'émissions de gaz à effet de serre, mais occultent nombre d'autres méfaits. Elles ne quantifient pas, par exemple, la pression exercée sur les ressources hydriques, sur la biodiversité, sur les écosystèmes ou bien sur les territoires affectés. Comment pourrait-on par ailleurs quantifier les dégâts humains causés par l'exploitation du coltan en République Démocratique du Congo, ou du retraitement des déchets électroniques au Ghana, par exemple ?

En outre, les phases de fin de vie et de transport sont souvent exclues des analyses. Les périmètres d'étude varient également d'une étude à l'autre, et n'incluent pas, par exemple, la blockchain, les objets connectés (*Internet of Things*) ou l'Intelligence Artificielle qui ont pourtant une empreinte grandissante sur la consommation électrique des data centers (Freitag *et al*, 2020). Les données existantes sur ces objets et phénomènes sont enfin tout autant éclatées à travers le monde que le sont la production et l'utilisation de cet ensemble d'outils.

« La digitalisation se traduit (...) par une pollution difficile à estimer parce que diffuse et très inégalement répartie à la surface du globe et par le gaspillage de ressources minérales qui seront difficiles ou impossibles à récupérer, notamment du fait des usages dispersifs, » expliquent Berthoud & Longaretti (2021).

Les travaux académiques sur le sujet n'offrent donc qu'une vision très parcellaire et incomplète de l'empreinte environnementale du numérique - une partie immergée de l'iceberg en quelque sorte. Le seul véritable point commun de ces différentes analyses est leur convergence pour dénoncer de manière quasi unanime le poids environnemental de plus en plus écrasant des TIC et l'augmentation de la consommation énergétique leur incombant dans les années à venir (à l'exception de Malmodin, plus optimiste sur ce dernier point).

b) Un solde environnemental difficile à établir

Deuxièmement, le solde environnemental net des TIC est également difficile à apprécier. En effet, les TIC induisent également de nombreux effets positifs sur l'environnement, sur lesquels nous ne nous sommes pas du tout penchés dans ce présent travail, car en dehors de notre champ d'analyse. La plupart des auteurs académiques s'accordent pour reconnaître les effets à la fois vertueux et désastreux des technologies numériques sur l'environnement, sans pour autant pouvoir trancher entre l'un ou l'autre en raison de leur incommensurabilité (Berkhout & Hertin, 2004, Williams, 2011, Freitag *et al*, 2020, Roussilhe & Berthoud, 2021).

Freitag *et al* (2020), par exemple, reconnaît le rôle catalyseur des technologies dans nos économies (qui s'est d'ailleurs accentué lors de l'épisode pandémique en 2020), ainsi que les énormes gains en terme environnemental qu'elles représentent. Mais le solde net des émissions du secteur dépend pour elle du degré de substitution des technologies numériques aux industries traditionnelles à fortes émissions carbone. Ces technologies peuvent être avantageuses, à la condition, dit-elle, qu'elles ne viennent pas s'ajouter aux industries traditionnelles et ajouter leur empreinte carbone à celle de ces industries.

Certains chercheurs vont encore plus loin et rejettent les conclusions sur l'impact positif des TIC. En particulier ils dénoncent les derniers rapports - que ce soit ceux fournis par l'UNESCO, la CNUCED, le GeSI ou les industries elles-mêmes, qui clament l'écrasant bénéfice environnemental des TIC (Longaretti & Berthoud, 2021, Roussilhe, 2021, Pitron, 2021). Ils considèrent ceux-ci comme inexacts et erronés, car fruits de lobbies industriels ou gouvernementaux, dont l'objectif est toujours de mettre en avant des chiffres positifs mais sans réaliser de contre-expertise. Berthoud & Roussilhe (2021) concluent tout bonnement qu'on ne peut ni calculer les impacts positifs, ni les impacts négatifs indirects du numérique sur le climat ; tandis que The Shift Project déclare catégoriquement en 2018 que « *La transition numérique telle qu'elle est actuellement mise en œuvre participe au dérèglement climatique plus qu'elle n'aide à le prévenir.* »

Flipo *et al* (2014) et Hilty & Aebischer (2015) considèrent pour leur part le modèle de Berkhout & Hertin comme beaucoup trop binaire et normatif, avec sa classification en termes positif et négatif. Pour ces deux auteurs, il faut privilégier une analyse plus factuelle de la pollution digitale, dissociée de toute classification normative.

c) L'effet rebond

Enfin, la difficile estimation de la pollution du numérique tient pour beaucoup à l'effet rebond, largement invoqué dans la littérature (Berkhout & Hertin, 2004, Williams, 2011, Flipo, 2014, Court & Sorrell, 2020, Berthoud & Roussilhe, 2021). Celui-ci est défini par Flipo (2014) comme « *le fait que des gains réalisés à un endroit, en termes d'impacts évités, d'énergie non consommée, sont plus que compensés par d'autres tendances qui sont à l'œuvre.* ». L'effet rebond reprend en réalité le paradoxe de Jevons (1865), appliqué initialement au

charbon et selon lequel la baisse des coûts liée à un usage restreint de matières premières permettrait aux usagers d'acheter davantage de produit à coût égal. Ainsi, les gains monétaires ou temporels engrangés par les utilisateurs des TIC sont réaffectés à des activités consommatrices de ressources (Flipo et Gossart, 2009), annulant pour partie leurs bénéfices.

Cet effet rebond est lui-même difficile à chiffrer et une fois encore les estimations divergent. L'ADEME suggère, par exemple, d'appliquer un taux d'actualisation réduisant de 20% ou 30% les bénéfices environnementaux attendus. L'étude de Freitag *et al* (2020), elle, va beaucoup plus loin : se basant sur l'analyse de Berners-Lee and Clark (2013)¹¹ elle calcule, en juxtaposant les effets combinés des gains réalisés dans tous les secteurs économiques par rapport à la consommation énergétique globale, un taux de rebond énergétique (c'est à dire une croissance annuelle globale) de l'ordre de 102,4% au cours de ces cinquante dernières années.

L'exemple du télétravail

Un bel exemple pour démontrer la puissance des effets rebond est le cas du télétravail, cité par plusieurs auteurs afin de démontrer le danger de conclusions trop hâtives sur les effets vertueux du numérique (Longaretti & Berthoud, 2021, Williams, 2011). Certes le télétravail permet des gains considérables, principalement des économies d'énergie et/ou de carburant sur le transport domicile-travail (Ong, 2012). Mais il induit une réallocation du temps et des ressources économisés vers d'autres activités polluantes, comme par exemple la réalisation d'autres déplacements en voiture, ou bien l'achat de produits à impact environnemental (Williams 2011).

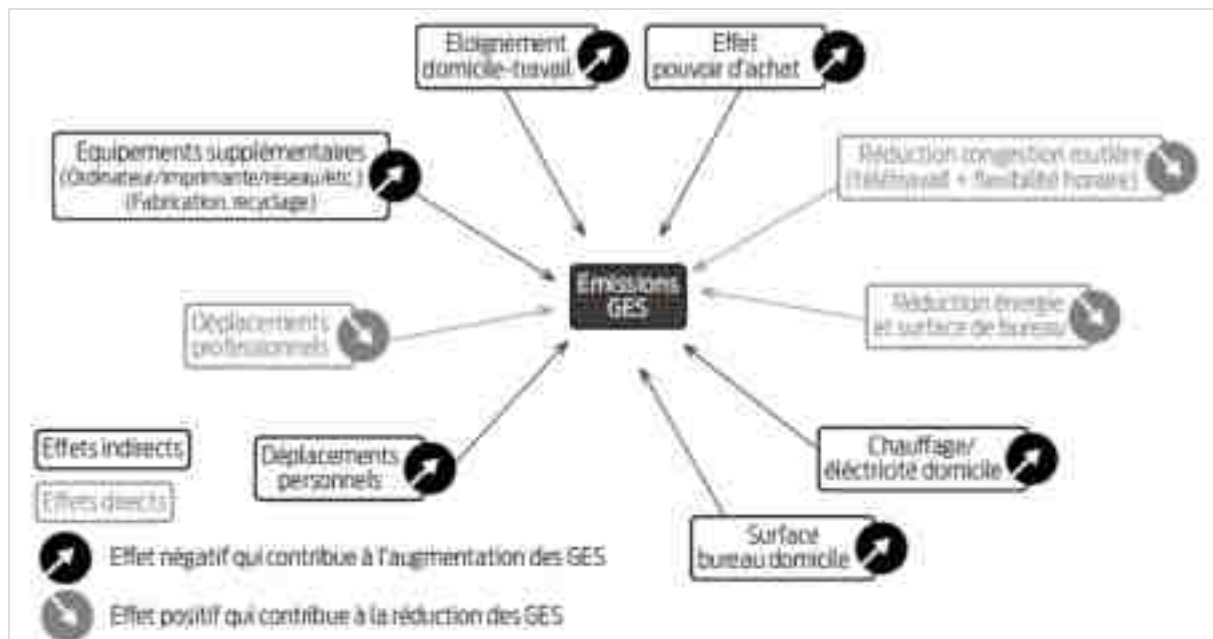


Figure 3 : Effets directs et indirects, positifs et négatifs du télétravail sur les émissions de gaz à effet de serre (GES). Source : Ademe, 2020.

¹¹ Berners-Lee et Clark, "The Burning Question" (2013)

Longaretti & Berthoud (2021) expliquent dans leur démonstration que les télétravailleurs doivent acquérir des équipements supplémentaires (ordinateurs, imprimantes, écrans, prises, etc.), ce qui amène une augmentation des émissions de gaz à effet de serre liés à la fabrication de ces équipements. Les divers types de besoins personnels, auparavant associés aux déplacements domicile-travail (courses, collecte des enfants, activités sportives, etc), font maintenant l'objet de déplacements spécifiques. Enfin, autre effet pervers du télétravail, disent-ils : il incite les travailleurs à déménager pour chercher des logements plus spacieux, et donc plus éloignés des centres villes et du lieu de travail, augmentant ainsi paradoxalement les distances de déplacement (Longaretti & Berthoud, 2021).

L'exemple des e-services :

Autre travail intéressant mettant également en avant l'importance de l'effet rebond, celui de Court & Sorrell (2020) portant sur les produits dématérialisés, type e-books, e-music, e-vidéos, et autres services dématérialisés. La plupart des études sur ces produits, disent-ils, postulent que les nouvelles technologies virtuelles viennent se substituer aux produits traditionnels. Or ceci est rarement complètement le cas. Leurs hypothèses de départ s'appuieraient sur des estimations bancales de durée de vie, de volume d'utilisateurs, de performance des appareils et de substitution aux transports, et découlent sur une appréciation biaisée de la consommation énergétique nette, selon eux.

----- CONCLUSION -----

Estimer l'empreinte environnementale nette des technologies de l'information et de la communication relève de l'impossible. L'éclatement géographique des acteurs, des lieux de fabrication des produits, des lieux de consommation des services, le manque de transparence et d'accès aux données, ainsi que leur dispersion à travers le monde et les nombreux effets induits et effets rebond, rendent tout chiffrage utopique. Cette impossible estimation contribue très certainement à alimenter la ténacité de la réputation verte des TIC.

1.2 LE GASPILLAGE DIGITAL

La difficile appréciation de la pollution numérique et son impossible estimation nous a amené à dériver sur un autre sujet : celui du gaspillage digital, sur lequel nous allons porter notre attention dans cette seconde sous-partie. En effet, si le solde entre l'impact positif et l'impact négatif du numérique sur l'environnement est difficile à établir, et si tant est qu'il faut éviter toute dichotomie (Berkhout & Hertin, 2004, Hilty & Aebischer, 2015, Flipo, 2014), alors il pourrait être intéressant de se pencher sur la question du gaspillage numérique. Celui-ci, comme son nom l'indique, n'induit que des effets *négatifs*, qui sont d'autant plus regrettables qu'ils pourraient être évités.

1.2.1. Définition du gaspillage digital

La notion de « gaspillage digital » est une notion encore émergente dans la littérature, même si l'on commence à trouver quelques références sur la thématique. Intéressons-nous donc premièrement au concept de « gaspillage », afin de l'appliquer ensuite au domaine digital.

a) Le gaspillage

L'un des auteurs les plus expansifs sur le sujet est Valérie Guillard. Dans son ouvrage « Du gaspillage à la sobriété » (2009), Valérie Guillard définit le gaspillage comme « *le fait de faire un mauvais emploi de quelque chose par manque d'attention, d'user de quelque chose de façon désordonnée, d'en faire une consommation incomplète ou inutile* » - par opposition à la sobriété, signe de modération, mesure ou discrétion. Elle souligne immédiatement la complexité et subjectivité de la notion : le gaspillage n'étant pas une évidence pour celui qui le commet, mais varie selon la conscience et l'idée que son perpéteur s'en fait. Gaspiller dit-elle « *est une façon d'être en relation avec des objets* », tout comme l'est la sobriété matérielle. Le gaspillage conduit non seulement à un amoncellement de déchets et un accroissement de l'empreinte écologique, mais aussi à une perte de sens, dit-elle.

Serge Tisseron, qui a signé la préface de son ouvrage, va plus loin. Pour lui le terme de gaspillage renvoie à différents sentiments selon les personnes concernées. Certains éprouvent une culpabilité personnelle, d'autres une responsabilité collective, tandis que d'autres encore renvoient la faute aux institutions ou aux industriels. Les motivations contre le gaspillage sont toutes aussi diverses : économiques, écologiques, sociétales, altruistes ou même sanitaires, mais, note-il, « *l'idée de consommer moins et de maîtriser mieux sa consommation fait son chemin.* »

a) Le gaspillage digital

Dans la sphère numérique, la notion de gaspillage est encore rare dans la littérature académique. Il faut se tourner plutôt vers les ONGs et les rapports institutionnels pour voir transparaître cette idée. Nous distinguerons ici le gaspillage au niveau du consommateur et au niveau de l'entreprise.

Au niveau de l'entreprise, quelques acteurs du marché s'intéressent à la question, comme le groupe Econocom, spécialisé dans les services liés à la transformation numérique. Celui-ci propose une définition du gaspillage digital comme étant « l'ensemble des ressources qui ne sont pas ou mal utilisées au sein de l'entreprise, soit qui ne sont pas utilisées car pas adaptées aux besoins, ou bien gardées en stock en fin de vie »¹².

¹² Salon Pro durable 2019, Econocom (<https://www.youtube.com/watch?v=OS9Vu48GMzw>)



Au niveau du consommateur qui nous intéresse plus ici, Preist *et al* (2016) dans la littérature académique, définit le gaspillage digital comme étant le fait d'accéder à des services numériques, mais sans pour autant en faire usage, ou pour n'en faire qu'un usage partiel. Cela équivaut dit-il à laisser la lumière allumée dans une pièce alors que vous n'y êtes pas. Son étude porte principalement sur le design et la conception de services internet, mais il donne quelques exemples de gaspillage numérique qui peuvent s'appliquer tant du côté du consommateur que du concepteur ou fournisseur de service :

- Télécharger du contenu qui ne sera jamais été utilisé : Cela peut être des podcasts par exemple, qui se téléchargent automatiquement suite à une souscription sur une plateforme, ou bien des pages internet qui se chargent suite à une mauvaise requête sur un outil de recherche ou en raison d'un fort taux de rebond.
- Rechercher du contenu en ligne qui est déjà disponible sur le terminal : Les utilisateurs ont souvent tendance à re-télécharger des informations ou des dossiers PDF qu'ils ont déjà sur leur ordinateur, simplement parce qu'ils trouvent plus facile de les rechercher en ligne que sur leur ordinateur.
- Lire des vidéos en streaming ou des vidéos téléchargées, mais sans vraiment les regarder : Beaucoup d'adolescents par exemple aiment écouter de la musique sur YouTube, ils laissent tourner la vidéo de leurs clips préférés pour en écouter le son, mais sans en regarder les images. Cette pratique, aussi inoffensive qu'elle en a l'air est source de gaspillage d'énergie et pèse sur les serveurs informatiques. Preist *et al* mentionnent également le cas des pages internet qui contiennent pour beaucoup d'entre elles des vidéos incrustées (ainsi que d'autres contenus inutiles) que les utilisateurs ne consultent pas, mais qui les alourdissent. Le poids moyen d'un page internet dit-il est de 2MB aujourd'hui, soit 150 fois plus élevé qu'en 1995.
- Sauvegarder du contenu inutile dans le cloud : Beaucoup d'utilisateurs recourent au stockage ou à la sauvegarde automatique de leurs données dans le cloud (services souvent proposés par défaut dans les réglages des appareils et/ou par les opérateurs). Ils stockent au passage nombre de contenus inutiles (des photos prises de manière éphémères et non-effacées, des documents obsolètes présent sur le terminal, etc), qui viennent encombrer les serveurs.

Toutes ces activités - dont la responsabilité incombe autant aux concepteurs des services web qu'aux utilisateurs - exercent un poids considérable sur le réseau d'infrastructure, sur l'ensemble des équipements, et sur la consommation électrique.

L'ADEME¹³, qui a mené plusieurs études sur les gestes quotidiens des français dans l'utilisation des TIC en rapporte bien d'autres :

¹³ <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/2351/guide-pratique-face-cachee-numerique.pdf?modal=false>



- Le stockage d'emails : Bel exemple de pollution dormante, les centaines d'emails conservés inutilement dans les boîtes de réception des internautes (et par conséquent stockés sur des serveurs) consomment des quantités astronomiques d'énergie. Stocker un mail dans un data center pendant un an émet 10g de CO₂, selon Cleanfox¹⁴. Sachant que la plupart des datacenters sont, par sécurité, dupliqués afin d'éviter la perte de données, cette énergie dépensée inutilement est elle aussi encore démultipliée. Guillaume Pitron (L'Enfer Numérique, 2021, p149) cite le cas de Google, dont des ingénieurs avaient révélé en 2010 que la messagerie Gmail était dupliquée six fois.
- L'ajout des destinataires superflus : Un email envoyé seul génère environ 4g de CO₂, soit une ampoule basse consommation pendant 1 heure. L'ADEME démontre qu'un email accompagné d'une pièce jointe de 1Mo produit 19 grammes de CO₂. Rapporté à une entreprise de 100 personnes envoyant chacune 33 e-mails par jour, 220 jours par an, cela représente 13,6 tonnes de CO₂, soit l'équivalent de 13 allers-retours Paris - New York en avion¹⁵. Multiplier par dix le nombre des destinataires d'un mail multiplierait en outre par quatre son impact, selon l'agence.
- Spams et Newsletters : 55% à 95% des e-mails envoyés sont des spams ou 'pourriels' selon certaines sources¹⁶. La plupart sont filtrés en amont, mais selon Cleanfox¹⁷ 60% des e-mails ne sont jamais ouverts. Les messagerie mails sont complètement saturées et polluées de messages indésirables. Dans son livre blanc, Cleanfox, révèle qu'un français recevrait en moyenne 936 newsletters par an : un envoi et stockage qui représente plus de 9 kg d'émissions de CO₂ par an. Des gestes simples de tri et suppression de messages inutiles, permettrait au contraire un allègement substantiel et rapide de notre facture carbone numérique.
- Les requêtes intempestives sur les moteurs de recherche : Dans leur article sur les moteurs de recherche, Bastianutti & Chamaret (2017) mettent en avant le coût carbone de nos recherches Google. Celles-ci impliquent des activités virtuelles en amont de la chaîne de production de la requête, des serveurs stockant les bases de données interrogées à distance, et des robots virtuels qui scannent et référencent des milliards de pages web. Pour exprimer le coût de ces requêtes en chiffres, l'ADEME estime qu'un internaute effectue environ 1000 requêtes par an, soit au total 287 000 tonnes de CO₂ ou l'équivalent de 1,5 million de kilomètres parcourus en voiture – une facture carbone salée.
- Le recours systématique à Google pour accéder à une page web. De la même manière, solliciter un moteur de recherche pour accéder à une page web dont on

¹⁴ <https://www.cleanfox.io/blog/impact-carbone/pollution-des-mails-et-emissions-de-co2/>

¹⁵ https://presse.ademe.fr/files/acv_ntic_synthese_resultats.pdf

¹⁶ [Vade Retro](#), [Altospam](#), [Signal Spam](#).

¹⁷ <https://www.cleanfox.io/blog/a-la-une-sur-cleanfox-fr/livre-blanc-la-pollution-numerique-liee-aux-mails/>

connaît pourtant l'adresse constitue un autre comportement de gaspillage. Le contournement pour aller directement à l'adresse du site permet de diviser par quatre ces émissions de gaz à effet de serre, selon l'ADEME.

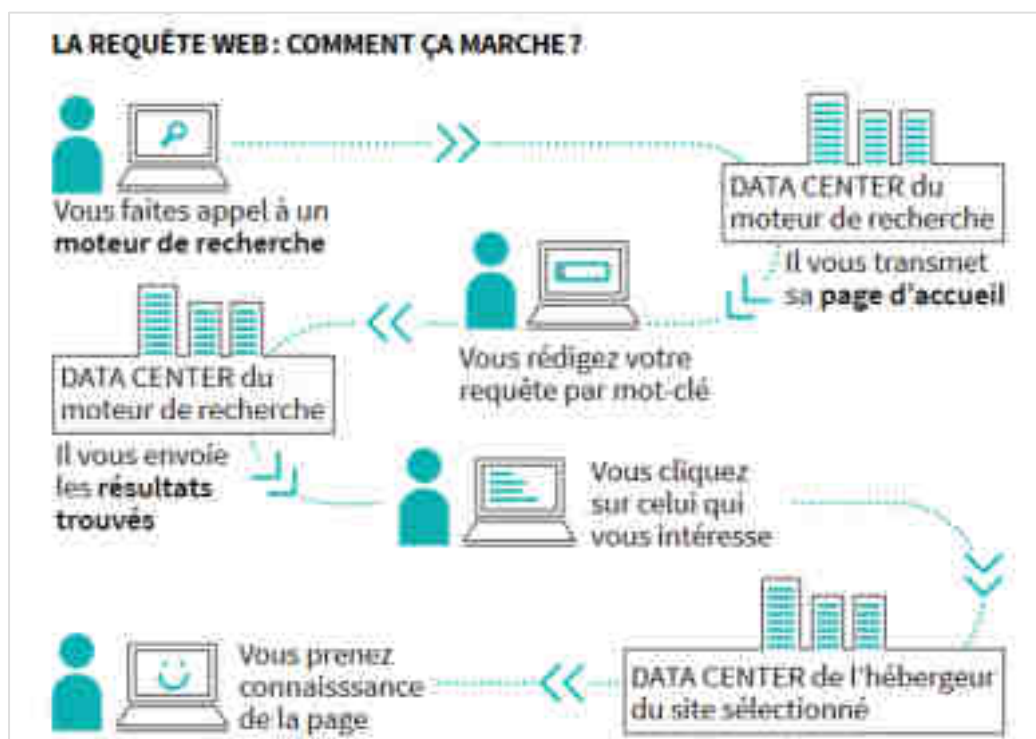


Figure 4 : L'ADEME propose ce schéma pour expliquer le parcours énergétique d'une requête Web. Pas moins de trois allers-retours entre l'utilisateur et le data center sont nécessaires par requête. Source ADEME, 2011.

1.2.2 Focus sur certains usages de dilapidation des TIC

Outres les exemples de gaspillage cités plus haut, plusieurs phénomènes liés aux TIC sont particulièrement significatifs en termes de gaspillage énergétique et particulièrement préoccupants. Nous en citerons trois : l'obsolescence programmée, le trafic de vidéos en ligne et l'augmentation du volume de données.

a) L'obsolescence programmée

Stratégie qui consiste à accélérer l'usure d'un produit, l'obsolescence programmée est sans doute la manifestation la plus visible du gaspillage numérique. Interdite en France depuis la loi du 17 août 2015 sur la transition énergétique, elle est définie comme « le recours à des techniques par lesquelles le responsable de la mise sur le marché d'un produit vise à en réduire délibérément la durée de vie pour en augmenter le taux de remplacement. »

Loin de s'être éteinte malgré cette loi, la pratique est pointée du doigt par de nombreux auteurs dans la littérature académique. Ferreboeuf (2019) par exemple déplore la durée de vie de plus en plus réduite de nos appareils : moins de deux ans pour un smartphone, quatre ans pour un ordinateur portable, six ans pour un ordinateur fixe. Pour lui la



fréquence croissante de renouvellement des terminaux constitue un signe apparent de la surconsommation numérique propre aux pays développés. Dans la même veine, Monnoyer-Smith (2017) remarque dans son étude qu'en 30 ans, la durée de vie des ordinateurs a été divisée par trois.

Cette obsolescence planifiée fait partie des stratagèmes marketing orchestrés par les entreprises du numérique pour accélérer la vente de leurs produits. Elle est savamment inculquée au consommateur au point qu'il est difficile à présent de faire marche arrière. Pour Aggeri (2020), convaincre les consommateurs des pays développés que les produits réparés ou reconditionnés ont des fonctionnalités équivalentes aux produits neufs, là où le marketing les a, avec tant d'ingéniosité, incité à renouveler leurs appareils presque chaque année, relève du défi.

Pitron (2021) distingue trois catégories d'obsolescences : les obsolescences *matérielles* (typiquement lorsque la batterie d'un smartphone cesse de fonctionner et exige de remplacer l'appareil entier), l'obsolescence *logicielle* (lorsqu'un produit est rendu incompatible avec un programme informatique plus récent et cesse de fonctionner), et l'obsolescence *culturelle* (lorsqu'une nouvelle technologie rend la précédente dépassée et indésirable). Celle-ci correspond à l'obsolescence *psychologique* ou *esthétique* chez Fabre & Winkler (2010), où le produit n'est plus perçu comme attirant. Les objets numériques font ainsi l'objet d'un certain « fétichisme » notamment chez les jeunes, pour Tisseron. « *Le téléphone de nos parents a été utilisé pendant cinquante ans, celui de nos enfants doit devenir obsolète en deux ans.* » souligne-t-il (Valérie Guillard, « *Du gaspillage à la sobriété* », 2009).

Autre exemple, mentionné par Pitron (2021, p73), le cas des purges électroniques, lorsque des entreprises ou des gouvernements, sur simple décision politique, décident de mettre au rebut toute une flotte d'appareils relativement neufs ou, en tous cas, en parfait état de fonctionnement. Ce fût notamment le cas en Chine en 2009, lorsque Pékin, en pleine guerre commerciale avec les Etats-Unis, a ordonné le remplacement de tous les logiciels et ordinateurs de marque Microsoft, HP ou Dell par des produits chinois, par crainte d'un espionnage informatique.

b) Le cas des vidéos en ligne / vidéos à la demande

Deuxième phénomène de gaspillage numérique particulièrement inquiétant : les vidéos, qui monopolisent 80% du trafic réseau, en raison de la multiplication de leurs usages, de l'augmentation de leur qualité (HD, UHD, 4K) et de la consommation à la demande (VoD, streaming ou gaming). Stockées dans des datacenters, elles sont acheminées vers les terminaux via le réseau d'infrastructure, le tout générant une consommation électrique conséquente. D'après The Shift Project (2018), la consommation de streaming vidéo émettrait ainsi près de 1% des émissions carbonées mondiales, soit la quantité émise par un pays comme l'Espagne. Ce chiffre est d'autant plus préoccupant quand on connaît l'intensité de leur usage, et la croissance vertigineuse à laquelle est promis le trafic vidéo dans les années à venir (VoD, Youtube, réseaux sociaux, etc.). Pour exemple, un film

comme Pulp Fiction, proposé par Netflix en très haute définition (4K), représente autour de 10 giga-octets, soit 300 000 fois plus qu'un email sans pièce-jointe (30 ko), précise Greenpeace. Plus alarmant encore, les vidéos pornographiques qui accaparent 27% du trafic vidéo dans le monde, selon The Shift Project. Elles auraient généré à elles seules 80 millions de tonnes de CO₂ en 2018, soit 5% du total des émissions carbone du secteur, et 0,2% des émissions mondiales¹⁸.

Le fait que la Commission Européenne ait demandé à Netflix de réduire son débit et son recours à la très haute définition (4K) afin d'éviter la congestion des réseaux durant la pandémie de Covid-19, témoigne bien du poids écrasant du trafic de données vidéo sur les infrastructures. La consommation galopante et la demande explosive de données de la part des internautes requièrent le déploiement d'infrastructures supplémentaires, qui accélère lui-même le développement de nouveaux services très gourmands en énergie, conduisant ainsi à augmenter encore les émissions (Freitag *et al*, 2020, Longaretti & Berthoud, 2021).

« *Il ne s'agit pas d'être pour ou contre la pornographie, la télémédecine ou Netflix* », précise The Shift Project, mais « *d'éviter qu'un usage jugé précieux ne pâtisse de la surconsommation d'un autre jugé essentiel* ». Sans être aussi clément, on peut, à la lecture de ces chiffres et au vu de l'urgence climatique, s'interroger sur la réelle pertinence de ces milliers de vidéos de chatons qui peuplent les réseaux sociaux, ou de ces adolescents qui se dandinent sur TikTok (Pitron, 2021).

c) La production exponentielle de données

Par-delà le contenu purement vidéo, la quantité astronomique de données qui s'accumulent dans le cloud, de manière générale, peut nous interpeller. Que ce soit le trafic aérien, la gestion des réseaux d'eau, d'électricité, les transactions financières, économiques ou bancaires, le fonctionnement des usines, l'utilisation des smartphones, du web, de nos objets connectés - toute notre existence est désormais informatisée, codée, digitalisée. Nous sommes entrés dans l'ère du « big data » où l'accumulation de données ne fait que s'amplifier. S'ajoutent à celles-ci les données de géolocalisation, nos historiques de navigation, d'achat, nos interactions sur les réseaux sociaux, les données issues des innombrables capteurs, qui viennent encore nourrir cette boulimie numérique. Toutes ces informations méritent-elles vraiment d'occuper nos serveurs et réseaux ? Quel volume de données inutiles ou obsolètes les entreprises stockent-elles sans les utiliser ? Combien de pages, de vidéos, d'images tapissent toujours les couloirs de l'internet qui ne sont plus ni d'actualité ni consultées ?

Au total ce sont cinq exaoctet de données qui sont produits dans le monde chaque jour, explique Pitron (2021), soit cinq milliards de milliards d'octets. « *L'humanité se noie dans un océan de données* » estime-t-il. Paradoxalement, la collecte des données utilisateurs est

¹⁸ The Shift Project : L'insoutenable usage de la vidéo en ligne – Juillet 2019



précisément ce qui permet la gratuité de la consommation d'internet ; or celle-ci accélère encore la consommation de services. « *A partir du moment où c'est open bar, je ne vais pas m'arrêter à la dixième vidéo de chat, je vais regarder la onzième !* » résume Ferreboeuf (2019).

Conséquence de cette croissance vertigineuse, les data centers connaissent un développement tentaculaire et extrêmement vorace en énergie. « *Carapaces physiques de l'accumulation des données informatiques* » comme les décrit Carnino (2018), les data centers seraient au nombre de 45 millions selon l'ADEME¹⁹ et connaissent une croissance de 7% par an. Ceux-ci sont disséminés aux quatre coins de la planète, de Luleå dans le nord de la Suède (qui abrite une partie des infrastructures du réseau Facebook) aux grands territoires américains, en passant par les grottes du Loiret ou même d'anciens sites de lancement de missiles (Carnino, 2018). Leurs grands bâtiments jonchent également les banlieues des grandes métropoles, de Paris à Amsterdam. Pitron, qui présente une vision particulièrement apocalyptique du secteur dans son ouvrage « *L'Enfer numérique : Voyage au bout d'un Like* » (2021) donne un bon exemple pour illustrer la démesure et le gigantisme que prend nos données : celui de l'ouverture en Chine du plus grand data center au monde situé à Langfang au Sud de Pékin, occupant près de 600.000 mètres carrés, l'équivalent de 110 terrains de football.

Lucivero (2018) démontre également les implications matérielles du développement de la « big data ». Ces dix dernières années la big data a été saluée comme un progrès permettant nombre d'avancées technologiques, dans les domaines médical, bancaire, dans les transports ou encore dans les décisions marketing. L'enthousiasme qu'elle suscite a occulté en revanche la dimension environnementale qui est singulièrement absente dans la littérature sur l'éthique des données, souligne cet auteur. Et pourtant, la big data a un coût impact environnemental conséquent non seulement en termes énergétiques mais bien au-delà. Aussi notre approche de la big data devrait être bien plus consciencieuse et méticuleuse qu'elle ne l'est aujourd'hui, recommande-t-il, avec une sélection bien plus drastique sur les projets à mettre en œuvre.

----- CONCLUSION -----

De l'accumulation d'emails, au visionnage intempestif de vidéos en streaming, aux requêtes à tout bout de champ sur les moteurs de recherche, le quotidien numérique des utilisateurs est truffé de comportements de gaspillage. Ces comportements se cumulent et finissent par peser lourd sur la balance carbone. Et pourtant, le sujet du gaspillage numérique est encore peu présent dans la littérature académique - ce qui nous laisse un champ relativement vierge pour tester quelques hypothèses dans notre seconde partie, dans notre étude quantitative. Les utilisateurs sont-ils conscients de leurs mauvaises habitudes digitales, et sont-ils prêts à en changer ? Peut-on espérer que les consommateurs se soucieront un jour du gaspillage digital autant qu'ils se soucient du

¹⁹ <https://librairie.ademe.fr/cadic/2351/guide-pratique-face-cachee-numerique.pdf?modal=false>



gaspillage alimentaire ou du plastique aujourd'hui ? Nous tenterons de trouver quelques éléments de réponse à ces questions.

1.2.3. Prise de conscience

Accélérer la prise de conscience autour de l'impact environnemental du numérique, tant dans les entreprises et organisations publiques, que dans le monde de la recherche et au sein du grand public, est le préalable indispensable à toute action, affirme The Shift Project (2018). Guillard (2009) fait elle aussi bien le lien entre la notion de gaspillage et la prise de conscience dans son ouvrage. Alors qu'en est-il de la prise de conscience ?

Nous allons passer en revue brièvement la prise de conscience du point de vue académique, du point de vue politique et industriel, pour nous attarder enfin sur le point de vue des consommateurs, qui nous intéresse plus particulièrement dans notre réflexion. Les analyses de Flipo (2014, 2016) à ce sujet sont particulièrement intéressantes. En 2016 Flipo *et al* a analysé le positionnement des différents acteurs sur l'impact des TIC s'intéressant tour à tour aux équipementiers, distributeurs, associations écologiques, pouvoirs publics, ainsi qu'aux consommateurs. Il réalise pour cette étude deux focus groups et une série d'entretiens auprès d'acteurs clés du numérique.

a) Prise de conscience dans le monde de la recherche

Dans le monde académique, c'est le rapport Gartner en 2007 qui sonne l'alarme, et sonne le glas de la réputation vertueuse du numérique, en annonçant que le secteur des TIC est à l'origine de 2% des émissions de gaz à effet de serre, soit autant que le secteur de l'aviation. Le rapport déclenche une série de réactions notamment chez les défenseurs du numérique, qui insistent alors que les 98% restant permettent eux, précisément, d'atténuer les émissions des autres secteurs.

Quoi qu'il en soit, l'année marque un tournant dans la perception des TIC. Le monde académique s'empare du sujet, et la littérature se densifie, notamment à travers les différentes études que nous avons évoquées plus haut. Hilty et Aebischer concluaient d'ailleurs leurs travaux de 2015 en prédisant que la recherche sur les liens entre ICT et développement durable ne faisait que commencer. Le graphique ci-dessous, publié par l'ADEME en 2016, montre l'intérêt grandissant que suscite la question dans le monde académique, et leur donne raison.

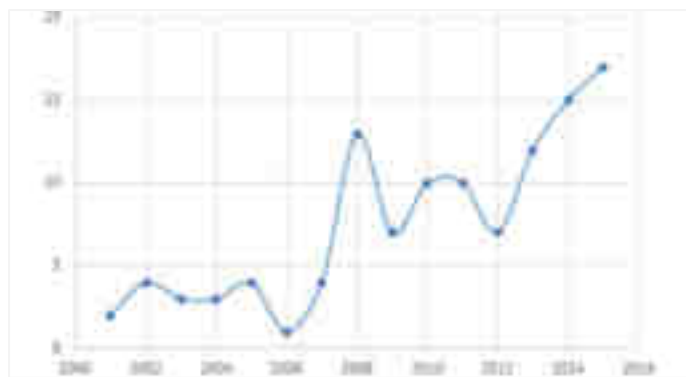


Figure 5 : Évolution du nombre de publications sur les impacts environnementaux du numérique entre 2000 et 2015. On y voit le nombre de publications croître à partir de 2007, date de parution du rapport Gartner. (Source : ADEME, 2016)

Mais comme nous l'avons évoqué dans notre première partie, la recherche académique se heurte elle-même à de nombreuses contradictions et de multiples obstacles, notamment celui de la perception vertueuse bien tenace des TIC. *Think tanks*, ONG et autres associations prennent alors le relais : Greenpeace, The Shift Project, Cleanfox ou GreenIT.fr s'emparent du sujet. Leurs rapports s'en suivent mais ne trouvent finalement que très peu d'écho dans les pouvoirs publics, et la réponse sur le terrain se fait encore attendre.

b) Prise de conscience dans le monde politique et industriel

Au niveau des autorités publiques, le numérique est le grand absent des politiques environnementales. Les technologies numériques sont essentiellement vues comme une solution et non comme une cause aux problèmes environnementaux (Berthoud, 2021). C'est ce qu'affirment encore les rapports SMART 2020 et SMART 2030 du GeSI.

Les politiques publiques, française comme européenne, se bornent avant tout à réguler et libéraliser le marché des TIC, à stimuler le développement de nouveaux produits, services et technologies, à améliorer les services en place (e-gouvernement, e-santé, e-learning, etc), ou encore à accélérer le déploiement des infrastructures afin de réduire la fracture numérique (Flipo, 2016). La question de l'impact environnemental des TIC est largement minoritaire dans le débat. Lorsqu'elle est abordée, c'est principalement sous un angle énergétique, et dans l'optique d'améliorer les performances énergétiques du secteur.

Opérateurs et fabricants ont un positionnement très similaire : ils sont relativement peu mobilisés par rapport par rapport aux enjeux écologiques. Leur action se limite généralement à l'application de la réglementation (opérateurs) et à l'amélioration des performances énergétiques (fabricants et équipementiers), nous livrent Flipo *et al* (2016).

Un tournant semble néanmoins s'être amorcé en France avec la promulgation de la loi REEN²⁰ en novembre 2021, visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique. Celle-ci contient toute une série de mesures envers le développement d'un

²⁰ Loi REEN : <https://www.senat.fr/leg/tas21-023.html>



numérique sobre et écologiquement responsable en France. Elle semble poser les bases d'une nouvelle réflexion autour des enjeux du secteur, même si, bien entendu, son impact et son efficacité restent à prouver.

c) Prise de conscience dans les entreprises

Du côté des entreprises, la réponse à l'impact environnemental du numérique trouve son nom en 2008 : elle s'appelle le «Green I.T.» ou TIC vertes.

Le chercheur australien San Murugesan définit le Green I.T. comme « *l'étude et la pratique efficace de la fabrication, conception et utilisation des ordinateurs, serveurs et autres sous-systèmes associés, de manière à causer un impact minimum sur l'environnement.* » Par la suite le concept de Green I.T. a donné lieu à un avatar, l'«I.T. for green», qui désigne l'usage des TIC, qu'elles soient vertes ou non, au service de l'écologie et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Aujourd'hui, le terme « Green IT » est utilisé pour désigner ces deux conceptions antagonistes : les TIC comme solution au développement durable (I.T. for green) et comme problème au développement durable (green for I.T.).

De nombreuses réflexions et projets ont vu le jour autour du concept Green I.T., notamment sur la conception des sites et services numériques, afin de les rendre plus écologiques et éthiques. Nous ne rentrerons toutefois pas davantage dans ce vaste sujet, car en dehors de notre champ d'étude.

d) Prise de conscience chez le consommateur

Au niveau des consommateurs, qui nous intéresse ici, la littérature documentant leur prise de conscience est bien plus rare. La plupart des auteurs soulignent l'immatérialité même des technologies numériques comme étant le principal obstacle à la prise de conscience chez le consommateur (Berkhout & Hertin, 2004, Flipo 2014, Gomes & Oliverira, 2018, Ferreboeuf, 2019), mais peu creusent davantage la question.

D'après nos lectures, seul Flipo investit le point de vue des consommateurs. Dans son étude de 2014, celui-ci constate que, en dépit du progrès des recherches et de la connaissance sur le sujet, la question de la pollution des TIC dans le débat public n'est pas à l'ordre du jour. Malgré leur mise à mal notamment dans le rapport Gartner de 2007, les technologies numériques restent intouchables. Leur hégémonie n'est jamais remise en question, et les consommateurs sont maintenus dans un état de désinformation, afin de ne pas décourager leur consommation.

A l'issue de ses différents travaux et focus groups de 2016, l'auteur confirme ses dires. Selon lui, les utilisateurs sont très largement dans l'ignorance et l'inconscience de l'enjeu environnemental. Les deux domaines 'environnement' et 'TIC' sont totalement dissociés dans leur esprit. Ils sont convaincus d'une part que les gains en efficacité et productivité générés par les TIC l'emportent largement sur les dangers qu'ils génèrent sur



l'environnement, considérés comme bénins. Ils s'en remettent aux pouvoirs publics, d'autre part, ainsi qu'à leurs responsables politiques, fabricants et distributeurs, pour édicter les règles adéquates pour encadrer le secteur. « *Les citoyens consommateurs ne voient pas les enjeux ; s'ils voient les effets ou s'ils les devinent, ils estiment ne pas savoir précisément quoi faire, d'autant plus que ces objets sont parfois devenus obligatoires* » (Flipo et al, 2016).

Les quelques maigres gestes environnementaux consentis dans la sphère numérique le sont en vue de réaliser des économies d'énergie, d'étendre la durée de vie des appareils, ou bien consistent à conserver les appareils en vue d'un possible recyclage à venir, conclut Flipo. Les individus préfèrent faire le choix de l'ajournement dit-il, « *à l'image de l'ajournement collectif de la solution au problème écologique posé par les TIC* ».

Quatre facteurs expliquent selon lui cette inaction : la primauté du rapport qualité / prix, le refus des consommateurs de payer plus cher pour un produit plus vert, la dissociation entre l'achat individuel réalisé et son impact écologique global, et le manque de transparence et de clarté des pouvoirs sur le sujet. Nous testerons certaines de ces théories dans notre étude empirique.

----- CONCLUSION -----

Des changements radicaux s'imposent si l'on veut alléger l'empreinte carbone du numérique. Préalable fondamental, la prise de conscience par tous les acteurs – décideurs et régulateurs comme entreprises et utilisateurs - des effets bien tangibles des TIC sur le climat, doit donc s'accélérer si l'on veut enrayer ces mécanismes systémiques, et éviter d'aller « vers l'abîme » (Flipo, 2017, Longaretti & Berthoud, 2021). C'est pourquoi un travail d'éducation et de sensibilisation sera indispensable afin de développer des modes de consommation plus responsables et plus vertueux (Berthoud, 2021).

1.2.4. L'appel à la sobriété numérique

Face aux ravages du numérique et du gaspillage numérique, plusieurs voix s'élèvent pour prôner la « sobriété numérique », à l'instar de The Shift Project en 2018. Nous allons explorer ce concept dans cette prochaine sous-partie.

a) Définition de la sobriété numérique

Si originellement le terme de sobriété s'applique à la boisson et la nourriture, faisant référence à la « tempérance », le terme de sobriété s'inscrit depuis longtemps dans la réflexion sur la réduction de l'impact environnemental de nos comportements (Defontaine, 2020). Guillard (2021) définit la sobriété comme un mode de vie qui implique non seulement de consommer mieux, mais surtout aussi « de consommer moins » – qu'il s'agisse d'objets matériels, de ressources énergétiques ou de technologies digitales. Ce

mode de vie demande du consommateur un changement profond de ses habitudes à tous les stades du processus d'achat. Il demande effort et détermination, afin de remettre en question les normes personnelles et sociales. Il place la notion de conscience au centre de la relation au monde. Pour cet auteur, la sobriété est avant tout un état d'esprit qui s'appuie inéluctablement sur trois prérequis : la volonté, la connaissance et l'action (trois concepts que nous testerons dans notre étude empirique).

Dans le domaine énergétique, la notion de sobriété a gagné en popularité ces derniers mois en raison des diverses crises politiques et économiques que nous connaissons (et dernièrement de la guerre en Ukraine qui a mis en exergue la dépendance européenne au gaz et pétrole russe). Dans le domaine numérique, le terme est aussi de plus en plus référencé. C'est GreenIT.fr qui le premier forge le concept de sobriété numérique en 2008²¹. Pour Frédéric Bordage, fondateur de ce collectif d'experts, la sobriété numérique repose sur l'idée que le numérique est une ressource finie vouée à l'épuisement.

Dix ans plus tard, The Shift Project reprend le concept à son compte dans un grand projet de déploiement sociétal, que nous analysons ci-après. Pour ce *think tank*, la sobriété numérique consiste à « changer de paradigme » et à passer d'un numérique « instinctif » à un numérique plus conscient et réfléchi. Il s'agit désormais de « prioriser l'allocation des ressources en fonction des usages, tout en préservant les apports sociétaux les plus précieux des technologies numériques ». La sobriété numérique, rapportent-ils, consiste à « acheter les équipements les moins puissants possibles, les changer le moins souvent possible, et réduire les usages énergivores superflus. »

Plusieurs auteurs de la littérature académique s'invitent également sur le sujet : Longaretti & Berthoud (2021), Flipo (2017), Moundib (2021), Courboulay (2021) ou encore Bordage (2021). Pour les pouvoirs publics et les fabricants malheureusement, l'idée de la sobriété numérique n'est pas encore à l'ordre du jour. La réduction de l'impact environnemental des TIC pour eux passe avant tout par l'amélioration de l'efficacité énergétique des TIC, comme nous l'avons vu plus haut. L'idée de limiter la consommation de données va à l'encontre du paradigme dominant, autour duquel se sont bâtis les services numériques et les politiques gouvernementales, et qui réclame au contraire l'élargissement de l'accès à internet à davantage de foyers, et avec des connections et des équipements de plus en plus performantes (Morley, 2018).

« Il y a quelque chose de surprenant dans cette industrie qui 'disrupte' nombre de pratiques et de modèles, tout en s'inscrivant en profondeur dans une culture productiviste et prédatrice de l'environnement typique du siècle passé. » analyse pour sa part Monnoyer-Smith (2017).

²¹ <https://www.greenit.fr/2018/10/02/societe-sempare-de-sobriete-numerique/>

b) Quelques pistes pour une sobriété numérique

Réunissant une vingtaine d'experts du secteur, universitaires, entreprises et associations, autour de son groupe de travail « Déployer la sobriété numérique », The Shift Project s'est évertué à produire des modélisations, analyses et recommandations autour de ce concept. Les solutions proposées sont principalement tournées vers les entreprises, et définissent un système d'usages « sobres » permettant aux entreprises d'intégrer la dimension environnementale dans le pilotage stratégique et opérationnel de leurs initiatives numériques. Les réflexions du groupe s'articulent autour de trois axes : l'évaluation de la pertinence énergétique d'une technologie (The Shift Project propose pour ceci cinq paramètres clefs et un modèle, STERN, pour évaluer cette performance) ; l'aide à l'élaboration d'une stratégie numérique durable pour les organisations (le groupe propose notamment un cadre méthodologique et des outils pour mettre en place un système d'information et une culture numérique durable); et enfin la définition et priorisation des usages. Le consommateur se place au centre de cette dernière réflexion car la transformation des comportements repose sur une responsabilité à la fois collective et individuelle (Defontaine, 2020, The Shift project, 2018).

Il ne s'agit pas toutefois de demander à l'utilisateur de limiter sa consommation de vidéos afin d'infléchir sa consommation énergétique, précise le groupe, mais plutôt de se questionner sur le pourquoi il ou elle consomme autant de contenus vidéo, quels sont les ressorts psychologiques et sociétaux qui y participent, quels fonctions ou designs de nos outils numériques nourrissent ce type de consommation, et quels leviers actionner - tant au niveau individuel que collectif - afin d'assainir nos usages numériques.

Afin d'établir un système des usages numériques compatible avec nos contraintes environnementales, il convient donc dans un premier temps de comprendre les mécanismes de construction de nos usages numériques avant de se lancer une réflexion sur la pertinence de leur développement.

Comprendre les usages :

La construction des usages (par exemple poster une vidéo sur les réseaux sociaux via son smartphone) découle à la fois d'une demande des utilisateurs et d'une offre de la part des concepteurs. D'un côté les utilisateurs influencent les concepteurs en privilégiant certains outils plutôt que d'autres, renforçant ainsi leur développement (vidéo, commentaires sur les réseaux sociaux, etc); et de l'autre les utilisateurs imposent leurs technologies (vidéos incrustées, lecture automatique, reels, scrolling, pop-up, etc), s'appuyant sur des principes de fonctionnements neuropsychologiques bien précis pour capter l'attention et maintenir le cerveau de l'utilisateur en position de consommation. Tous ces mécanismes exigent en amont un profilage des internautes, soit une collecte massive et continue de données, très énergivore. Celle-ci entraîne à son tour le développement de nouveaux usages, qui génèrent de nouveaux outils, terminaux et réseaux, tirant encore la consommation vers



le haut dans une spirale infernale. Comprendre ces usages est une première étape essentielle vers la sobriété.

Interroger la pertinence des usages :

L'étape suivante est la construction d'une réflexion sur la pertinence de ces usages, à la fois par les pouvoirs publics, concepteurs, agents et régulateurs du secteur numérique, mais aussi par les utilisateurs, et afin de s'accorder sur des designs, modèles et infrastructures compatibles avec la sobriété numérique.

Autre acteur important de la sobriété numérique, Bordage (2021) et son collectif GreenIT.fr, propose diverses méthodes et outils afin de déterminer d'abord, puis réduire ensuite son empreinte environnementale numérique. Parmi les solutions proposées pour les consommateurs : la mutualisation de certains outils numériques (consoles de jeu, écrans, projecteurs, etc), une série de mesures pour lutter contre l'obsolescence programmée des appareils, et enfin un sevrage numérique. « *Comme pour l'alcool, il faut consommer le numérique avec modération* » explique-t-il.

A l'instar de The Shift Project, l'auteur suggère de questionner nos réflexes et usages digitaux, afin d'apprendre à se désintoxiquer, et à se délester de certains troubles obsessionnels compulsifs numériques (TOC), comme le fait de consulter son smartphone 200 fois par jour ou bien relever ses emails 150 fois par jour. Il liste une série de bonnes pratiques d'hygiène numérique à mettre en place, afin de regagner le contrôle de nos habitudes et réduire notre charge mentale numérique. A l'idée de la *low tech* et de la *high tech*, il ajoute celle de la *slow tech*, qui consiste à utiliser le numérique uniquement lorsque c'est nécessaire et en complément d'autres solutions.

Dans la même veine, Courboulay (2021) fonde lui son projet de sobriété numérique sur la règle des 5R : Refuser (l'achat de nouveaux matériels ou services lorsque c'est possible), Réduire (la consommation de services digitaux au strict minimum), Réparer, Réutiliser, Recycler (lorsqu'il n'est pas possible de réutiliser). L'auteur prône une troisième voie numérique portée par la France et l'Union Européenne, et qui s'inscrirait entre le modèle ultra-capitaliste américain et le modèle de surveillance généralisée chinois. Il suggère entre autres l'introduction d'une politique tarifaire progressive sur la consommation de données, avec un accès gratuit pour les services publics, l'enseignement, l'information, puis un accès payant au-delà d'un certain seuil, afin de différencier les usages répondant à des besoins de ceux répondant à des envies.

D'autres propositions autour de la sobriété numérique ont été formulées enfin par l'institut Rousseau (Moundib, 2021), qui incluent notamment :



- Une série d'incitations économiques ou réglementaires pour encourager la conception de produits plus durables (du smartphone modulable, à l'utilisation de matériaux renouvelables, aux extensions de garantie) et muscler la filière de recyclage (création d'un passeport européen pour mieux tracer les produits, par exemple).
- Un meilleur encadrement de la consommation avec des seuils définis pour la consommation de données, et la mise en place d'un ensemble de bonnes pratiques pour les sites web, ainsi qu'un meilleur paramétrage des plateformes pour optimiser les usages en fonction des besoins.
- Au niveau réglementaire, une comptabilité carbone pour les entreprises, une TVA réduite pour les réparations d'appareils et une détaxe pour les matériaux recyclés.

L'institut ne propose pas en revanche de solutions axées spécifiquement sur le consommateur.

----- CONCLUSION -----

Les experts du numérique proposent un certain nombre de leviers à actionner afin d'accélérer la mise en œuvre de la sobriété numérique. Ceux-ci se situent principalement au niveau macroscopique et collectif. Néanmoins, l'échelle individuelle reste essentielle si l'on veut construire et inculquer un système d'usages pertinents (The Shift Project, 2018, Bordage, 2021). Aussi l'information, l'éducation et la sensibilisation du consommateur revêtent toute leur importance.

Au vu de l'ancrage de certains usages numériques (comme les vidéos, par exemple), au vu du manque de sensibilisation, de participation et de ralliement des consommateurs sur le sujet (d'après les études de Flipo, 2016), tout porte à croire que le chemin vers la sobriété numérique sera long.

1.3 CONCLUSION DE LA REVUE DE LITTÉRATURE

Nous avons abordé de nombreux sujets passionnants à travers cette revue de la littérature. Nous avons premièrement établi un état des lieux de la pollution numérique, ses sources, son étendue, et la prise de conscience soulevée autour d'elle, à la fois de la part des différents acteurs de la filière et des consommateurs, pour tourner notre attention finalement sur la problématique du gaspillage numérique. Cette approche très large du sujet est volontaire et visait à refléter l'étendue du problème et ses multiples facettes. Le gaspillage en particulier, ne peut s'étudier sans parler d'abord de pollution numérique, car sans pollution numérique, pas de gaspillage digital.

Le revers de cette approche est qu'elle reste malheureusement très superficielle : impossible de prétendre à une quelconque exhaustivité sur ce thème en quelques pages. Une multitude de problématiques sous-jacentes, que nous n'avons finalement fait



qu'effleurer ici, mériteraient d'être explorées bien plus en profondeur, comme la pollution liée aux streaming vidéo, l'impact environnemental du e-commerce, le poids de la big-data sur les infrastructures, les répercussions énergétiques du cloud, ou encore l'obsolescence programmée.

Nous pouvons néanmoins tirer déjà trois principales conclusions de cette revue de la littérature :

1/ D'une manière générale, le discours dominant affirme que les TIC œuvrent au développement durable. Certes, le numérique est producteur d'améliorations économiques, technologiques, sociales et environnementales, et permet de réaliser des gains considérables dans bien d'autres secteurs. Mais il n'en demeure pas moins source d'une immense pollution pour notre planète : de par sa consommation énergétique colossale ; de par la multiplication des terminaux numériques et autres objets connectés, dont la production et l'utilisation requièrent de nombreuses ressources ; et de par l'extension perpétuelle des services aux utilisateurs, qui accroît encore la pression sur les infrastructures. Aussi, celui-ci ne constitue pas, comme certains aimeraient le croire, une solution miracle aux problèmes environnementaux du monde, mais il contribue à les aggraver.

Si chercheurs et scientifiques peinent à quantifier de manière précise la pollution générée par le secteur - en raison de son amplitude, de sa dispersion à travers le globe et de l'effet rebond - toutes les études s'accordent sur l'impact gigantesque, exponentiel et inquiétant du numérique sur le climat. Sans prise de conscience et sans effort concerté de tous les acteurs de la filière, ce phénomène ne fera que s'accroître dans l'avenir.

2/ La prise de conscience autour de la pollution numérique n'en est pourtant qu'à ses débuts. En France, les pouvoirs publics commencent timidement mettre en place de nouvelles mesures afin d'informer le grand public, notamment avec la loi REEN votée fin 2021. Les entreprises, pour certaines d'entre elles, s'efforcent de mettre en place des politiques de green I.T. Mais malgré cela, le numérique demeure pour eux le moteur de la croissance verte et l'un des rouages fondamentaux autour desquels s'articulent leurs stratégies de développement (dont notamment le fameux pacte vert européen) – un paradoxe difficile à assumer. Quant aux consommateurs, la littérature académique est plutôt silencieuse à leur sujet. Pour Berthoud (2021), ou Flipo *et al* (2016), ceux-ci font difficilement le lien entre technologies et pollution environnementale. La dématérialisation des services numériques, leur désignation sous des termes aériens évocateurs tels que 'cloud', 'nuage' ou 'virtuel', ne favorise par leur prise de conscience. La pollution numérique est loin d'être leur préoccupation. Ceux-ci s'en remettent généralement aux pouvoirs publics pour les guider et prendre les décisions qui s'imposent dans ce secteur, faisant le choix de l'ajournement. Nous testerons ces diverses hypothèses dans notre étude empirique.



3/ Le gaspillage numérique et ses méfaits sur l'environnement est une thématique qui monte en puissance et à laquelle la littérature semble s'intéresser de plus en plus, sur fond des derniers rapports alarmants produits par les *think tanks*, associations et autres agences environnementales. Le gaspillage numérique revêt de nombreuses formes : surconsommation de produits numériques, surchargement inutile des serveurs, pollution dormante, accumulations de mauvaises habitudes sur le net, et bien d'autres encore. Tout le monde est concerné : entreprises, administrations, concepteurs web, consommateurs. Outre le travail institutionnel de chiffrage effectué en amont, mieux informer et sensibiliser les utilisateurs à ce fléau afin qu'ils puissent y remédier, semble, en toute évidence, être la prochaine étape.

Suite à notre revue de la littérature, et après à notre examen de la question de la pollution et du gaspillage digital, un certain nombre d'interrogations émergent :

- Tout d'abord, les utilisateurs sont-ils conscients de l'impact environnemental (invisible mais pourtant bien conséquent) de leurs activités numériques ? S'en inquiètent-ils outre mesure ?
- Les utilisateurs sont-ils conscients de leurs mauvaises habitudes digitales, et du gaspillage numérique dont ils sont les acteurs ?
- Comment éviter ou limiter ces gaspillages à l'avenir ? Comment sensibiliser les consommateurs aux conséquences environnementales de leurs technologies et activités numériques ?
- Comment les convaincre d'adopter des habitudes de consommation plus soucieuses de l'environnement ? Quels leviers ou facteurs d'influence utiliser pour déclencher chez eux de nouvelles habitudes plus hygiéniques ?
- Les utilisateurs sont-ils prêts à faire preuve de sobriété numérique, à rationaliser leur consommation de services et produits numériques et enrayer le gaspillage digital ?

Nous tenterons de répondre à ces diverses interrogations à travers notre étude empirique, présentée dans la partie suivante.

2 | ANALYSE QUANTITATIVE

Cette seconde section vise à confronter certaines des théories relevées dans la littérature académique au consommateur réel, afin de voir si elles se vérifient ou non. Nous essaierons de répondre aux interrogations soulevées précédemment, et possiblement de dégager d'autres pistes d'analyse et nouveaux éléments de recherche.

2.1. CHOIX DU MODÈLE THÉORIQUE D'ANALYSE

Notre étude portant sur le consommateur, nous avons privilégié une approche quantitative afin de dégager des statistiques susceptibles de nous éclairer sur leurs comportements. Nous nous inscrivons dans une démarche de test, et nous sommes appuyés sur trois modèles d'analyse, liés à la thématique de l'environnement et du changement de comportement du consommateur, qui semblaient pertinents dans notre contexte.

2.1.1. Les différents modèles utilisés

MODÈLE #1

Teksoz, Sahin et Tekkaya-Oztekin (2012) ont cherché à modéliser un système d'éducation aux problématiques environnementales (*Environmental Litteracy Component Model*). Celui-ci s'articule autour de six variables clef : la connaissance, la préoccupation, l'attitude, la responsabilité et l'action en faveur de la protection environnementale, ainsi que les activités extérieures. Ces variables ont été testées sur une population de plus de 1.300 étudiants au sein d'une université turque. Teksoz *et al* ont démontré que ces six variables sont interconnectées et s'inter-influencent. Ils constatent par exemple que le degré de connaissance sur les questions environnementales influence et détermine la préoccupation, l'attitude et la responsabilité individuelle d'un étudiant envers l'environnement. Les attitudes pro-environnementales des étudiants influencent fortement leur degré de responsabilité vis-à-vis de l'environnement. Leur degré de préoccupation pour l'environnement est étroitement lié à leur attitude vis-à-vis de l'environnement et leur propension à faire des activités extérieures. Le but ultime de ce modèle est de fournir des éléments afin d'améliorer la formation autour des sujets environnementaux au sein du cursus universitaire.

Ce modèle semble particulièrement propice pour notre analyse, puisque nous nous posons une question similaire : comment mieux sensibiliser les consommateurs à la question de la pollution digitale, comment alimenter leurs connaissances en la matière et déclencher une attitude plus vertueuse.

MODÈLE #2

Autre modèle intéressant, celui de Kuthe *et al* (2019) qui visait à analyser le degré de conscience qu'ont les adolescents face au changement climatique. Cette étude portait sur



760 collégiens en Allemagne et Autriche. Elle reprend les cinq premières variables du modèle de Teksoz *et al*, et conclut que, pour ce qui est de sensibiliser le public à la question du changement climatique, deux éléments sont essentiels : 1/ bien connaître son public cible, 2/ adapter les outils éducatifs selon les prédispositions de l'audience. Au terme de son enquête, Kuthe *et al* distingue quatre catégories parmi les adolescents sondés : les activistes inquiets (« Concerned Activists »), les volontaires (« Charitables »), les inertes (« paralysed »), les non-concernés (« disengaged »).

Cette typologie semble intéressante à première vue, et nous verrons si nous pourrons la reprendre à notre compte dans notre propre étude, pour parvenir à une classification similaire.

MODÈLE #3

Le troisième modèle est celui de White *et al* (2019), désigné sous l'acronyme « SHIFT » en anglais. Leur système vise à conceptualiser et encourager l'adoption de comportements plus durables chez le consommateur. D'après cette étude, cinq facteurs psychologiques jouent un rôle clef pour cela : l'influence de l'environnement social (entourage, système de valeurs, croyances, normes sociales), le développement d'habitudes (adoption de gestes répétitifs, changement des mauvaises habitudes), la personnalité individuelle (estime de soi, attentes personnelles, ambitions, vision de soi-même), le ressenti et la cognition (émotions positives ou négatives, information, compréhension, étiquetage des produits), et enfin la tangibilité (projection dans un espace temporel, communication, traçage). Les consommateurs seraient plus enclins à adopter des habitudes pro-environnementales lorsque le message qu'on leur véhicule ou le contexte dans lequel ils se trouvent incluent ces facteurs. Les auteurs soulignent également que de nombreux consommateurs se targuent d'avoir des attitudes pro-environnementales, mais dans la réalité ces attitudes ne se traduisent en comportements et actes concrets.

Ce modèle est profondément intéressant, mais nous a semblé trop sophistiqué et difficilement applicable dans le cadre de notre étude quantitative. Les facteurs psychologiques présentés ici semblent difficiles à tester au sein de notre questionnaire, mais pourraient être intéressants pour une étude ultérieure sur le sujet. Nous retiendrons cependant le facteur de la tangibilité qui pourrait être pertinent.

2.1.2. Identification des variables

Nous avons fait le choix d'un modèle de recherche hybride, retenant ce qui était pertinent dans chacun de ces trois modèles. Au vu de ce que nous avons appris lors de notre revue de la littérature, nous avons aussi décidé de retenir sept variables clef susceptibles d'expliquer, dans notre cas, la prise de conscience du consommateur autour de la pollution digitale, et sa propension à agir.

Ces sept variables que nous aller tester dans notre questionnaire d'étude sont :



La Connaissance	Quelle connaissance le consommateur a-t-il en matière d'écologie, quel intérêt porte-t-il aux questions environnementales ? Quelle est sa sensibilité sur ces questions ?
La Préoccupation	Dans quelle mesure le consommateur est-il préoccupé par les questions d'écologie ?
L'Attitude	Quelle est l'attitude du consommateur face au changement climatique ? Ses gestes quotidiens reflètent-ils bien une attitude pro-environnementale ?
La Responsabilité	A quel point le consommateur ressent-il une responsabilité vis-à-vis de l'environnement ? S'agit-il plus d'une responsabilité individuelle ou collective ?
La Proactivité	Le consommateur est-il actif / pro-actif en ce qui concerne l'environnement ? Quel type de comportement adopte-il dans la vie réelle ?
L'Âge	Peut-on identifier des comportements différents selon la tranche d'âge consommateur ?
Le Sexe	Les femmes sont-elles plus soucieuses de l'environnement et de l'avenir de la planète, comme certaines études le prétendent ?

Nous étudierons les cinq premières variables sur une dimension environnementale *générale* d'abord, puis sur une dimension environnementale *numérique* ensuite, afin de faire un éventuel parallèle entre les deux domaines. Nous tenterons d'analyser par exemple si un utilisateur sensible à la question environnementale est également sensible à la thématique environnementale numérique, ou bien si un consommateur pro-actif au regard de l'environnement en général l'est aussi au niveau numérique.

La variable de l'âge peut être intéressante, car nous pourrions analyser s'il existe des différences fondamentales entre un *digital native* (c'est-à-dire les personnes étant nées depuis les années 1980, et ayant grandi dans un environnement numérique) et les *non-digital natives*. Ces deux groupes présentent-ils des comportements, positionnements ou aptitudes différentes ?

2.2 MÉTHODOLOGIE

2.2.1 Définition de la question d'étude

Nous avons défini deux questions d'études auxquelles nous souhaitons répondre :

1/ Quelle conscience les consommateurs ont-ils de l'impact écologique de leurs activités numériques ?

C'est la première question qui se pose, et à laquelle nous n'avons trouvé que peu de réponses dans notre revue de la littérature. Notre questionnaire s'attachera dans un premier temps, à cartographier le parc informatique personnel des consommateurs, ainsi

que leur utilisation d'internet et leurs habitudes en ce qui concerne les TIC, avant d'explorer dans un second temps leur degré de connaissance et de conscience quant à l'empreinte environnementale de leurs activités numériques. Ne font-ils toujours pas le lien entre numérique et écologie, tel que Flipo (2016) ou Berthoud (2021) le prétendent ? Nous tenterons d'explorer également quelques-unes de leurs convictions à ce sujet.

2/ Quels biais utiliser pour accélérer leur prise de conscience et orienter les consommateurs vers des choix numériques plus vertueux ?

Induire des comportements pro-environnementaux chez les consommateurs est l'une des étapes essentielles pour la construction d'une société plus durable, et l'un des défis auxquels devront répondre les autorités politiques et institutionnelles à l'avenir. Les individus sont régis par un ensemble complexe de motivations intrinsèques, extrinsèques et sociales, comme mis en avant dans le modèle de White *et al*, 2019. Aussi existe-t-il un certain nombre de leviers à actionner afin de déclencher des comportements plus pro-environnementaux. Dans le cas du numérique, quels pourraient être les leviers potentiels à utiliser afin de stimuler la prise de conscience et l'action face au poids environnemental gigantesque de la pollution et du gaspillage numérique ?

Avant toute chose il convient de bien connaître son public cible, afin de déterminer les outils à adopter pour influencer ce public rappellent Kuthe *et al* (2019). C'est ce que nous ferons dans à travers notre enquête, en utilisant notamment les cinq variables du modèle *Environmental Litteracy Component* (2012).

2.2.2 Élaboration du Questionnaire

Notre questionnaire (disponible dans son intégralité en Annexe 4) se compose d'une quarantaine de questions. Il en aurait mérité beaucoup plus tant le sujet est large et intéressant, et tant les habitudes des consommateurs à explorer sont vastes – toutefois, afin de maximiser les chances de complétion, nous nous sommes limités à 41 questions, et les sept variables identifiées plus haut.

Le questionnaire se compose de quatre parties :

1/ La première partie a une vocation descriptive essentiellement : elle cartographie le parc informatique du consommateur et l'éventail d'appareils en sa possession (smartphones, tablettes, ordinateurs), avant de s'intéresser plus précisément à ses habitudes de consommation numérique et activités en ligne.

- Trois questions visent à détailler son parc informatique (nombre de smartphones, ordinateurs et tablettes en sa possession) : Q1 à Q3.
- Deux questions touchent au renouvellement de ses appareils : Q4 et Q6.
- Deux questions visent à analyser son aptitude au recyclage : Q7 et Q8.
- Cinq questions touchent à sa consommation digitale et son évolution : Q9 à Q13.

- Une série de questions s'intéressent au gaspillage digital, et sondent les répondants sur plusieurs gestes classiques de gaspillage : Q5 et Q14. Cette dernière question nous servira également à mesurer l'Attitude du consommateur digital.

2/ La deuxième partie est axée sur le thème de l'environnement, du réchauffement climatique et de la pollution en général. Elle s'articule autour des cinq variables du modèle *Environmental Litteracy Components* (Teksoz *et al*, 2012). Pour chacune de ces cinq variables nous avons une question principale, que nous déclinons ensuite sur plusieurs sous-thèmes plus spécifiques. L'objectif est de connaître les prédispositions du consommateur et son positionnement sur les questions environnementales, afin de mettre en relation ces variables avec d'autres facteurs par la suite.

- Trois questions établissent le niveau d'intérêt, de sensibilité et de **Connaissance** du consommateur autour des questions environnementales et de réchauffement climatique : Q15, Q16 et Q17.
- Une série de questions vise ensuite à quantifier son **Attitude** sur la question de l'environnement, en le sondant sur plusieurs affirmations : Q18.
- Une série de questions vise à quantifier son niveau de **Préoccupation**, également par le biais d'un sondage sur plusieurs affirmations : Q19.
- Une série de questions vise à quantifier son niveau de **Responsabilité**, notamment s'il ressent plus une responsabilité collective ou individuelle : Q20.
- Une série de questions vise à explorer son niveau de **Proactivité** en faveur de l'environnement, à travers deux questions fermées, ainsi qu'une question autour de l'engagement financier : Q21, Q22, Q23 et Q24.
- Enfin nous avons prévu également quelques questions pour tester quels sont les vecteurs d'influence les plus puissants susceptibles d'encourager chez lui des choix plus pro-environnementaux : Q25.

3/ La troisième partie porte sur le thème de la pollution digitale plus spécifiquement. Elle est articulée de manière identique à la deuxième partie, autour de ces mêmes cinq variables. Elle comporte également une question principale, affinée ensuite en plusieurs sous-thématiques.

- Pour mesurer le degré de **Préoccupation** du consommateur quant au poids environnemental du digital, nous avons imaginé une série de cinq affirmations, plutôt positives autour du numérique (recyclage, 5G, données) : Q26.
- Afin de mesurer son niveau de **Responsabilité** personnelle, nous le sondons autour de quelques affirmations et avons ajouté une question spécifique sur le rôle de l'employeur dans la mise en place de règles d'utilisation verte des TIC: Q27 et Q28.



- La **Proactivité** en matière de numérique responsable est établie à travers une série de cinq propositions, visant à établir jusqu'où le consommateur est prêt à aller pour alléger le poids écologique de ses activités numériques : Q29.
- Nous avons enfin inséré cinq questions précises pour tester la **Connaissance** du consommateur autour de l'impact environnemental du numérique, en le confrontant à des faits et chiffres précis : Q31 à Q35. Ces questions ont été volontairement déplacées en fin de questionnaire afin de ne pas orienter ses réponses sur le sujet en amont et introduire de biais.
- La variable de l'**Attitude** face à la pollution numérique sera examinée au travers de la question Q14 sur le gaspillage.
- Enfin, nous avons également voulu sonder le consommateur sur les possibles facteurs d'influence, qui pourraient l'orienter vers une consommation numérique plus responsable. Nous avons fait quelques suggestions en ce sens, à la lecture des propositions formulées dans notre revue de la littérature autour de la sobriété numérique notamment : Q30.

4/ La quatrième partie consiste en une fiche signalétique renseignant le sexe, l'âge, le pays de résidence, la catégorie socio-professionnelle et le niveau d'étude du consommateur.

- Il s'agit des questions Q36 à Q41 dans notre questionnaire.

Afin de faciliter par la suite les analyses et afin de produire un maximum de données quantifiables, nous avons privilégié les échelles de Lickert partout où cela était possible dans notre questionnaire (échelles à cinq niveaux). Nous avons également intercalé quelques questions fermées (oui/non) afin de rendre l'enquête plus agréable pour les répondants, sachant que les échelles de mesure sont souvent perçues comme rébarbatives.

Nous avons veillé à adopter une formulation simple et abordable, un ton léger, sympathique et modérément technique, pour accompagner au mieux les participants. Nous l'avons rédigé en deux langues : français et anglais, afin de permettre à davantage de répondants de prendre part, et possiblement par la suite d'examiner une possible segmentation de notre échantillon par zone géographique, si pertinente.

Une fois le questionnaire finalisé nous l'avons transposé sur le logiciel Qualtrics de manière à pouvoir l'administrer.

2.2.3 Technique d'échantillonnage

Notre population de référence s'étend à toute personne consommatrice de services numériques (internet, mobile, ordinateur). Aussi, nous n'avons volontairement pas posé de question filtre en amont du questionnaire, étant donné que celui-ci était administré électroniquement et supposait que tout répondant soit équipé soit d'un ordinateur, soit



d'un smartphone, soit d'une tablette pour y répondre - et donc se qualifiait pour faire partie de l'enquête.

Nous avons diffusé le questionnaire auprès de notre cercle personnel pour commencer, en France et à l'étranger, avant de le distribuer plus massivement sur les réseaux sociaux – dont essentiellement Facebook et LinkedIn. Nous avons ciblé tour à tour des groupes d'étudiants, afin de recueillir des répondants de la catégorie '*digital native*' qui pourrait nous intéresser, ainsi que des groupes orientés écologie ou véganisme, dont les prédispositions sur le thème de l'environnement pourraient s'avérer différenciantes dans le cadre de notre étude. Nous avons donc eu recours à une technique d'échantillonnage par jugement à priori pour cette enquête.

2.2.4 Collecte des données

Avant de lancer formellement la collecte, nous avons au préalable testé notre questionnaire auprès de plusieurs personnes, afin de s'assurer que le texte était bien compréhensible, le défilement des questions clair et ergonomique. Une fois celui-ci validé, et les dernières corrections faites, nous avons procédé à la collecte des données.

La phase de collecte s'est étalée sur une durée de quatre semaines, du 22 mars au 19 avril 2022. Le questionnaire a été globalement bien reçu, jugé agréable, intéressant et informatif, d'après les commentaires qui nous ont été transmis. Au terme de ces quatre semaines de collecte nous avons pu obtenir 210 réponses. En éliminant les réponses incomplètes et les doublons (notamment repérés grâce aux adresses IP), nous avons obtenu un échantillon final de 162 répondants. Malgré nos multiples précautions une trentaine d'individus auraient abandonné le questionnaire en cours de route (vraisemblablement en raison des trop nombreuses échelles de Lickert).

Une fois l'enquête clôturée, nous avons procédé à un codage des variables afin de permettre leur traitement statistique (indiqué dans l'Annexe 4), puis les données ont été importées dans la plateforme Jamovi de manière à pouvoir être analysées.

2.3 ANALYSE DES RÉSULTATS

2.3.1 Analyse descriptive de l'échantillon

Notre échantillon est détaillé en annexe 5, ainsi que le compte rendu exact de nos analyses. Nous n'en présenterons ici qu'une synthèse et une sélection des éléments les plus pertinents.

a) Présentation de l'échantillon

- Taille de l'échantillon : 162 individus (N=162).

- Sexe : Notre échantillon se compose de 75,6% de femmes et 24,6% d'hommes.
- Âge : L'âge moyen de notre échantillon est de 44 ans, et l'âge médian de 43 ans.
- Niveau d'études : 68,2% de notre échantillon est de niveau Bac+3 ou plus, dont 43,8% de niveau Bac+5 (la plus grande partie).
- Catégorie socio-professionnelle : 59,4% des individus de notre échantillon sont employés, de profession libérale, supérieure ou indépendante. 10,6% sont retraités, 10,6% sont sans emploi, et 7,5% sont étudiants.
- Localisation : 66% de notre population réside en France, 9,4% aux Etats-Unis, et le reste est disséminé à travers le monde : Europe, Asie et Moyen Orient principalement.
- Statut Personnel : 41,9% de nos individus sont en couple avec des enfants.

Notre échantillon n'est pas représentatif de la population globale à première vue. Certaines catégories d'individus semblent être sur-représentées, comme les femmes : 75,6% de notre échantillon, contre 51,6% de la population française en 2019 selon l'INSEE²² ; ainsi que les profils études supérieures : 68,2% de Bac+3 ou plus, contre 30 à 38% de profils Bac+2 comptabilisés par l'INSEE en France en 2018²³. Nous avons donc à faire à priori à une population en majorité féminine et éduquée. Il nous faudra prendre en compte ces singularités dans la suite de notre étude.

b) Analyses univariées

Sur le parc numérique :

- La grande majorité de nos répondants ne possède qu'un seul smartphone : 75% déclarent avoir un smartphone contre 20% qui en possèdent deux ;
- La majorité possède entre un et deux ordinateurs (91,4%) ;
- 52% n'ont pas de tablette, 43,2% en ont une.

En moyenne les individus de notre échantillon possèdent un parc numérique de 2,5 appareils chacun (total du nombre d'appareils déclarés – total des individus déclarant zéro appareils / n). Ce nombre est légèrement inférieur à la moyenne française qui est de trois appareils connectés par individu en 2017²⁴. Nous pouvons donc conclure que le parc informatique de notre échantillon est de l'ordre du raisonnable.

Sur la consommation d'appareils numériques :

- 66,7% de nos répondants changent leur smartphone tous les trois ans ou plus (37,7% tous les 3 à 4 ans et 29% tous les 4 ans ou plus). Seuls 4,3% de nos répondants changent leur smartphone tous les 12 à 18 mois ;

²² <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4238375?sommaire=4238781>

²³ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4797586?sommaire=4928952>

²⁴ <https://fr.statista.com/statistiques/507061/nombre-appareils-connectes-utilises-par-personne-france/>

- 67,3% d'entre eux changent leur ordinateur tous les quatre ans ou plus.

A priori, notre échantillon semble faire une consommation que l'on peut qualifier de raisonnable de produits numériques. Il semblerait que nos individus ne surconsomment pas autant que dans les chiffres aperçus lors de notre revue de la littérature.

Sur le recyclage :

- 78,4% de nos répondants conservent un ancien appareil chez eux (téléphone ou ordinateur) en attendant de savoir comment en disposer ;
- 37% d'entre eux ont déjà acheté un appareil reconditionné, contre 64% qui n'achètent que des produits neufs.

Ces informations confirment les dires de Flipo *et al* (2019), pour qui le stockage à domicile en fin d'utilisation caractérise le cycle de vie des TIC, les individus faisant souvent le choix de l'ajournement, ne sachant comment traiter ces produits à hautes technologies intégrées.

Sur la consommation digitale :

- Globalement la consommation d'internet de notre échantillon augmente : 53,7% des individus sondés déclarent qu'elle est en hausse sur la dernière année, 38,9% constante et 7,4% en baisse ;
- Les individus passent pour la plupart entre 1 et 4 heures sur leur smartphone chaque jour (25,8% de 1 à 2h ; 21,4% de 2 à 3h et 22,6% de 3 à 4 heures) ; moins d'une heure sur leur ordinateur en dehors de leurs activités professionnelles (54,3% de 0 à 1h) ; et moins d'une heure sur leur tablette pour ceux qui en ont un (68,8%) ;
- Les applications sur lesquels notre échantillon passe le plus de temps sont : les réseaux sociaux (54,9% y passent plus d'une heure par jour), ex-aequo avec les applications vidéo ou streaming (54,9% y passe plus d'une heure par jour), suivi des applications audio (35,8% y passe plus d'une heure par jour), et des sites de presse (30,9% y passent plus d'une heure par jour).

En comparant cette consommation aux différents chiffres²⁵ que nous avons croisés dans nos lectures, la consommation de services internet de notre échantillon semble là encore relativement raisonnable (Ferreboeuf (2019) avançait le chiffre de 4 heures par jour sur interface numérique pour un adulte français en 2017, et jusqu'à 7 heures par jour pour les lycéennes japonaises). Leur consommation internet est néanmoins en hausse pour plus de la moitié d'entre eux. On note également le fort engouement pour

²⁵ <https://www.tf1info.fr/high-tech/confinement-le-smartphone-encore-plus-indispensable-qu-avant-pour-les-francais-ifop-oppo-coronavirus-2150304.html>



les vidéos et réseaux sociaux qui semblent visiblement accaparer le plus l'attention de nos individus.

Sur le gaspillage digital :

- Seuls 3,8% de nos individus changent leur smartphone afin d'obtenir le dernier modèle, et 6,3% par simple désir de changer d'appareil ;
- 51,2% stockent des fichiers dans le cloud au moins occasionnellement ;
- 46% laissent leur ordinateur en veille au moins occasionnellement ;
- 25,9% seulement téléchargent du contenu qu'ils ne consultent pas ;
- 67,3% ne voient pas leur boîte de réception email et s'en servent comme moyen d'archivage ;
- 91,6% déclarent passer par un moteur de recherche pour accéder à une page en ligne au lieu d'y accéder directement, au moins occasionnellement ;
- 48,8% laissent les onglets de leur pages internet ouverts, au moins occasionnellement ;
- 55,5% font du *binge-watching*, au moins occasionnellement.

Même si nos consommateurs demeurent relativement spartiates en termes de consommation de matériel informatique, la grande majorité de notre échantillon reporte des comportements de gaspillage, confirmant ainsi nos craintes initiales. Les habitudes les plus fréquentes parmi celles que nous avons proposées sont : le recours aux moteurs de recherches pour afficher une page web, le stockage inutile d'emails sur sa boîte, le *binge-watching*, le stockage de fichiers (même inutiles) dans le cloud, les onglets ouverts inutilement sur le navigateur.

Sur la Connaissance du problème de la pollution digitale :

- 72,2% de nos individus déclarent être au moins un peu conscients du problème de la pollution digitale, contre 24,7% qui n'en ont pas ou peu conscience ;
- 59,3% déclarent être au moins un peu conscients du volume des émissions de CO2 liées au secteur numérique, contre 37,6% qui n'en ont pas ou peu conscience ;
- 47,5% déclarent être au moins un peu conscients de la forte consommation énergétique des data centers, contre 50,6% qui n'en ont pas ou peu conscience ;
- 38,8% déclarent être au moins un peu conscients de l'impact carbone des vidéos en ligne, contre 59,2% qui n'en ont pas ou peu conscience ;
- 34,6% déclarent être au moins un peu conscients de l'impact carbone d'une requête sur un moteur de recherche, contre 63% qui n'en ont pas ou peu conscience.

Notre échantillon est très clivé : la moitié de nos répondants semble être au fait du problème de la pollution digitale (ce qui est plutôt encourageant), tandis que l'autre moitié ne semble pas ou peu en avoir conscience (ce qui confirme notre hypothèse de

départ). Toutefois, une moindre proportion déclare avoir connaissance des phénomènes concrets de pollution numérique (comme la consommation électrique, l'impact de l'envoi de requêtes de recherche ou le poids des vidéos). Cette relative bonne connaissance du problème peut être liée à notre population de départ, qui semble particulièrement instruite et sans doute d'orientation écologiste. Il est aussi intéressant de noter que très rares sont ceux que le problème laisse indifférent au sein de notre échantillon.

Sur la Préoccupation face au problème de la pollution digitale :

- Seuls 8,6% de nos répondants pensent que le numérique est sans danger et permet de réduire drastiquement la pollution d'autres secteurs ;
- Seuls 11,1% pensent que les appareils informatiques ont une consommation faible en énergie ;
- Seuls 19,8% pensent que le recyclage des appareils électroniques est efficace et permet de réduire les déchets de manière significative ;
- Seul 8% pensent que le déploiement de la 5G est sans conséquences sur le plan sanitaire et environnemental ;
- Seul 5,6% pensent que l'augmentation des données numériques est bénigne pour l'environnement.

Nous avons présenté une série d'affirmations à nos répondants sur le numérique, qui dans l'ensemble ont été rejetés, montrant une certaine méfiance de notre population sur le numérique, et donc une certaine préoccupation quant à ses effets délétères.

Sur la Responsabilité face au problème de la pollution digitale :

- 80,9% de nos répondants pensent que c'est à l'utilisateur de contrôler sa consommation des outils numériques ;
- 39,5% pensent que c'est aux opérateurs de mettre en place les règles adéquates ;
- 45,1% estiment que c'est aux entreprises d'encadrer l'utilisation des TIC ;
- Toutefois, seuls 14,2% de nos répondants disent avoir un employeur qui a mis en place des règles de green I.T., contre 37,7% qui déclarent de pas avoir vu de telles règles ;
- Seuls 18,5% font confiance aux pouvoirs publics pour réguler l'espace numérique en prenant en compte les impératifs énergie/climat ;
- 29% seulement font confiance aux filières de recyclage de leur pays pour bien gérer les déchets informatiques.

En matière de TIC, la responsabilité individuelle prime chez nos répondants. Les opérateurs, pouvoirs publics et entreprises sont également appelés à prendre leurs responsabilités, mais dans une plus faible mesure. Il semble ici que le doute existe quant à leurs compétences tant en matière de régulation que de recyclage.

Sur la volonté d'agir et moyens d'action face au problème de la pollution digitale :

- 71,6% de nos répondants sont prêts à réduire leur consommation d'internet de 30 minutes par jour afin de limiter l'impact écologique du numérique ;
- 72,2% de nos répondants sont prêts à limiter leur utilisation des réseaux sociaux de 30 minutes par jour ;
- 60,5% de nos répondants sont prêts à limiter leur utilisation des applications de musique en ligne ;
- 59,9% sont prêts à réduire leur consommation de vidéos en streaming en ligne ;
- 80,3% sont prêt à prendre le temps de nettoyer leur boîte mail chaque semaine ou chaque mois.
- Parmi les facteurs d'influence, susceptibles d'encourager l'adoption de gestes plus éco-responsables en matière de numérique, les répondants estiment qu'il faut avant tout : une plus grande transparence de la part des pouvoirs publics ou bien des régulateurs sur le sujet (89,5%), une visualisation concrète de l'impact environnemental du digital avec par exemple un étiquetage ou une signalisation sur les produits/services consommés (89,5%), des actions d'éducation pour apprendre à prioriser les usages du net (84,5%), une meilleure information sur le sujet (66,7%), et un meilleur encadrement des tarifs (57,4%).
- Les vecteurs d'influence les plus pertinents pour façonner leurs choix écologiques de manière générale sont : les documentaires, films ou vidéos sur le sujet (pour 75,3% d'entre eux), suivi par les rapports des comités scientifiques ou grands événements (pour 61,1% d'entre eux), les articles de presse ou blogs (55,6%), les réseaux sociaux (50,6%), les incitations financières (48,2%), les recommandations des pouvoirs publics (43,2%), et enfin les recommandations de leur employeur (34,8%).

Nos individus se disent disposés à faire beaucoup de gestes afin de réduire l'impact environnemental des TIC (sans doute un premier pas vers la sobriété ?). Toutefois une plus moindre proportion de notre échantillon semble prête à la fin de la gratuité d'internet (19,7% contre l'encadrement des tarifs) ou à réduire ses usages de la vidéo (24,1% contre). De plus, comme Teksoz *et al* (2012) et Flipo *et al* (2019) le suggèrent, il serait judicieux de confirmer dans un second temps que ces intentions du consommateur responsable se traduisent bien en actions, car une déclaration d'intention n'équivaut pas forcément à une action dans la réalité. L'argument de la tangibilité avancé par White *et al* (2019), prouve aussi son importance dans notre étude, puisque 89,5% des répondants se disent favorables à un étiquetage des produits comme possible moyen d'action pour lutter contre l'impact numérique des TIC.

b) Analyses bivariées

Après cette première phase d'analyse descriptive, nous avons procédé à une deuxième série d'analyses en segmentant notre population en différent groupes, afin d'observer si nous constatons des différences significatives notamment selon l'âge, le sexe ou le niveau

d'étude de nos répondants. Nous n'indiquerons ici que les tests ayant produit des résultats positifs et concluants – le détail de chacun de ces tests est visible en Annexe 6.

Segmentation de l'échantillon selon l'âge :

Première variable qui a été identifiée comme possiblement intéressante, l'âge. Existe-il une différence de positionnement sur la pollution digitale ou sur la pollution environnementale de manière générale selon l'âge de nos individus, et notamment entre les '*Digital Natives*' et les '*Non Digital Natives*' ? Pour le savoir, nous avons procédé à une série de tests de corrélation linéaires de Pearson sur Jamovi - l'âge étant une variable quantitative, tout comme les autres variables clef à tester (la Connaissance, Préoccupation, Responsabilité, Attitude et Proactivité, tant dans le domaine environnement *général* que dans le domaine environnement *digital*). Ces dernières ont été traitées comme des variables quantitatives car mesurées avec des échelles de Lickert.

Ces cinq variables étant dispersées sur plusieurs questions, nous avons procédé au préalable à plusieurs analyses en composantes principales afin de tenter de les regrouper. Nous n'avons cependant pas pu valider tous les critères nécessaires pour effectuer un regroupement sous un nouveau facteur, excepté pour la variable Responsabilité Environnement Digital pour laquelle nous avons pu créer trois nouveaux facteurs : Responsabilité EnvDig. Individuelle, Responsabilité EnvDig Corporative, Responsabilité EnvDig Publique.

Nous avons constaté que :

- Il n'y a pas de corrélation entre la variable Âge et la variable Connaissance de l'Environnement Digital ($p > 0.05$).
- Il a une corrélation ($p < 0.05$) entre la variable Âge et deux de nos variables Préoccupation autour de l'Environnement Digital (dangers du numérique et inefficacité du recyclage), mais celle-ci est très faible.
- Il y a une corrélation entre la variable Âge et trois de nos variables Attitude/Gaspillage autour de l'Environnement Digital (laisser son ordinateur en veille, laisser les onglets ouverts, faire du *binge-watching*). La corrélation est faiblement négative, ce qui signifie que ces trois habitudes de gaspillage augmentent lorsque l'Âge diminue. En d'autres termes, les populations jeunes sont plus susceptibles d'avoir ce type de comportement de gaspillage.
- Il n'y a pas de corrélation entre la variable Âge et la variable Responsabilité face à la pollution numérique ($p > 0.05$), excepté pour la dernière question dans cette catégorie (sur la confiance dans les filières de recyclage). Nos analyses annoncent une corrélation positive, mais faible, montrant que la confiance dans les filières recyclage augmente avec l'âge (et par opposé diminue lorsque l'âge diminue).
- Il n'y a pas de corrélation entre la variable Âge et la variable Proactivité autour de l'Environnement Digital ($p > 0.05$).

- Nous n'avons pas noté de corrélation notable entre la variables Âge et toutes les autres variables autour de l'environnement global ($p > 0.05$).

Ces quelques liens que nous avons décelés entre notre variable Âge et les autres variables de l'environnement digital demeurent relativement faibles, et certainement trop faibles pour pouvoir en tirer des conclusions. Certaines corrélations sont intéressantes, comme celles autour du gaspillage digital qui montrent que certains comportements dont notamment le *binge-watching* sont plus présents chez les jeunes. Toutefois, nous ne saurions en conclure qu'il existe de fortes différences entre *Digital Natives* et *Non Digital Natives*. Les *Digital Natives* ne sont ni plus conscients, ni moins conscients de l'impact environnemental du numérique que les *Non Digital Natives*, et les différences entre ces deux groupes sont vraiment minimes.

Segmentation de l'échantillon selon le sexe :

Deuxième variable intéressante, le sexe. Nous avons effectué une série de test T de comparaison de moyennes sur Jamovi, afin de voir si nous relevions ou non des différences significatives entre notre variable Sexe (variable quantitative à deux modalités), et les autres variables clef Connaissance, Préoccupation, Responsabilité, Attitude et Proactivité. Nos principales observations sont les suivantes :

- Nous avons constaté des moyennes différentes, et donc un lien, entre le Sexe et trois variables liées à l'environnement général : l'intérêt pour l'environnement et le réchauffement climatique (variable Connaissance), et l'achat de produits bio /écologiques (variable Attitude), et le contournement des emballages plastiques (variable Attitude).
- Nous avons aussi constaté des moyennes différentes, et donc un lien, entre le Sexe et cinq autres variables liées à l'environnement numérique : trois variables de Préoccupation (consommation énergétique des appareils, 5G et données numériques), et deux variables de Proactivité (limitation du visionnage de vidéo, nettoyage de la boîte email).

Sous réserve des limites de notre échantillon et de notre étude, il semblerait que les femmes sont plus susceptibles de montrer de l'intérêt pour la question de l'environnement et du réchauffement climatique, et qu'elles ont dans l'ensemble des attitudes plus pro-environnementales que les hommes (notamment à travers leurs achats). Pour ce qui est de l'environnement numérique, les femmes sont plus préoccupées que les hommes de l'impact environnemental du numérique et davantage pro-actives contre celui-ci.

Segmentation de l'échantillon selon le niveau d'étude

Troisième segmentation possiblement intéressante, selon le niveau d'étude. Le niveau d'étude étant une variable à plusieurs modalités, nous avons procédé à un test ANOVA, d'analyse de la variance. De la même manière, nous avons juxtaposé cette variable Etudes à toutes les autres variables, tant dans le domaine environnement général, que dans le domaine environnement digital, afin de voir si nous constatons un écart de variance et donc un possible lien avec ces variables.

Les résultats de ces tests n'ont pas été concluants. Seule une légère différence a été relevée sur la variable de la Responsabilité Digitale Corporative entre les individus de niveau Bac+8 et les individus de niveau inférieur au Bac. Celle-ci s'explique très vraisemblablement par le fait que ces derniers ne sont pas encore entrés dans la vie active et donc ne peuvent s'exprimer correctement sur ce point. Nous ne retiendrons donc pas le niveau d'étude comme une variable différenciante dans notre étude.

2.3.2 Analyses approfondies et corrélation entre les différentes variables

Nous allons à présent pousser encore d'un cran ces analyses, et procéder à une série de tests afin de mettre en relation nos différentes variables. Pour commencer nous allons examiner si nous pouvons vérifier les hypothèses de Teksoz *et al* (2012) avec les données que nous avons recueillies – à savoir si nos cinq variables environnementales sont interconnectées. Nous examinerons ensuite si nos cinq variables sont également interconnectées dans le domaine de l'environnement digital. Puis nous verrons si nous pouvons faire un parallèle entre les attitudes environnementale de nos consommateurs dans l'environnement réel, et dans l'environnement digital.

a) Analyse de l'interconnectivité des variables

Nous avons effectué une série de régressions linéaires afin d'examiner si nous retrouvons le lien d'interconnectivité établi par Teksoz *et al* (2012) entre ces cinq variables (détaillées en Annexe). Malheureusement, ces liens ne se sont pas révélés avec nos données, puisque nous n'avons pu établir qu'une seule corrélation, entre les variables de préoccupation, de responsabilité et de connaissance. Celle-ci indique que la préoccupation de l'environnement chez le consommateur augmente avec sa responsabilité individuelle et sa connaissance des enjeux environnementaux. En d'autres termes, son degré de connaissance sur les questions environnementales influence la préoccupation et la responsabilité individuelle qu'un consommateur ressent envers l'environnement.

Dans un deuxième temps, nous avons examiné l'interconnectivité de ces mêmes variables mais dans le domaine digital cette fois-ci. Nos analyses se sont révélées plus fructueuses dans ce domaine, puisque nous avons pu mettre en évidence trois liens : 1) entre la responsabilité individuelle et la préoccupation au sujet de la pollution digitale ; 2) entre

la connaissance et la préoccupation ; 3) et enfin entre l'action, la connaissance et la préoccupation en matière de pollution digitale. Nous en concluons d'une part que plus un consommateur ressent une responsabilité individuelle au sujet de la pollution digitale, plus il/elle est en préoccupé(e) ; et d'autre part que plus un consommateur a connaissance du problème de la pollution digitale, plus il/elle en est en préoccupé(e), et plus il/elle a tendance à agir.

Si contrairement aux recherches de Teksoz *et al* (2012), nos analyses ne mettent pas en évidence de lien clair entre les cinq variables de notre modèle dans le domaine de l'environnement, ces liens apparaissent de manière bien plus visible dans le domaine du numérique. Nos données semblent indiquer en effet une certaine interconnectivité entre la Connaissance, la Préoccupation, la Responsabilité personnelle et l'Action autour de la pollution digitale. **Nous avons mis en évidence que la Proactivité sur le thème de l'environnement digital s'explique (dans une certaine mesure) par la Connaissance et la Préoccupation qu'un individu peut avoir autour de la pollution digitale.**

Il est également intéressant de noter ici l'absence de connexion entre nos variables Attitude et Action. Nous y reviendrons un peu plus tard.

b) Analyse de la segmentation des consommateurs

Nous allons à présent examiner si nous parvenons à une catégorisation de nos utilisateurs, comme dans le modèle de Kuthe *et al* (2019), qui distinguait : les 'activistes inquiets', les 'volontaires', les 'inertes', les 'non-concernés'. Comme dans leur étude, nous avons mené plusieurs analyses en composantes principales sur Jamovi, afin de redimensionner nos différentes variables et créer de nouveaux facteurs condensés, au pouvoir explicatif plus puissant. Notre tentative est malheureusement restée sans succès, puisque nous n'avons pas pu valider toutes les conditions méthodologiques requises pour réaliser ces analyses en composantes principales.

Nous avons tout de même poursuivi dans cette voie d'analyse. Nous avons initialement essayé de calquer la segmentation de Kuthe *et al* ; toutefois notre échantillon a montré ici ses limites, avec un volume de répondants trop faible pour justifier cette segmentation en ces mêmes catégories. Aussi nous avons décidé de recourir à des critères légèrement différents, ne comptabilisant que des segments précis de notre échantillon et non sa totalité ; et en nous basant uniquement sur nos questions principales dans chacune des grandes parties de notre questionnaire. De cette manière, nous avons pu distinguer quatre catégories d'individus, regroupées en deux couples opposés : les individus ultra-conscients et les individus non-conscients, puis les individus volontaires et les individus réfractaires.

LES ULTRA-CONSCIENTS	Ce sont les consommateurs qui affichent une très bonne connaissance de la pollution digitale, soit un score de 4 ou 5, sur l'ensemble des questions liées à la pollution digitale (Q31, 32, 33, 34, 35). N=50
LES NON-CONSCIENTS	Ce sont les consommateurs qui affichent une méconnaissance de la pollution digitale, soit ceux qui ont obtenu un score de 1 ou 2, à la question Q31. N=40

Nous avons mis à part ces deux groupes d'individus. Toutefois, contrairement aux résultats obtenus lors de l'étude de Kuthe *et al*, ces deux catégories présentent dans notre cas des similitudes bien trop importantes sur les autres variables (Préoccupation, Responsabilité individuelle, Action). Ceci ne permet donc pas de les regrouper en une nouvelle catégorie significative.

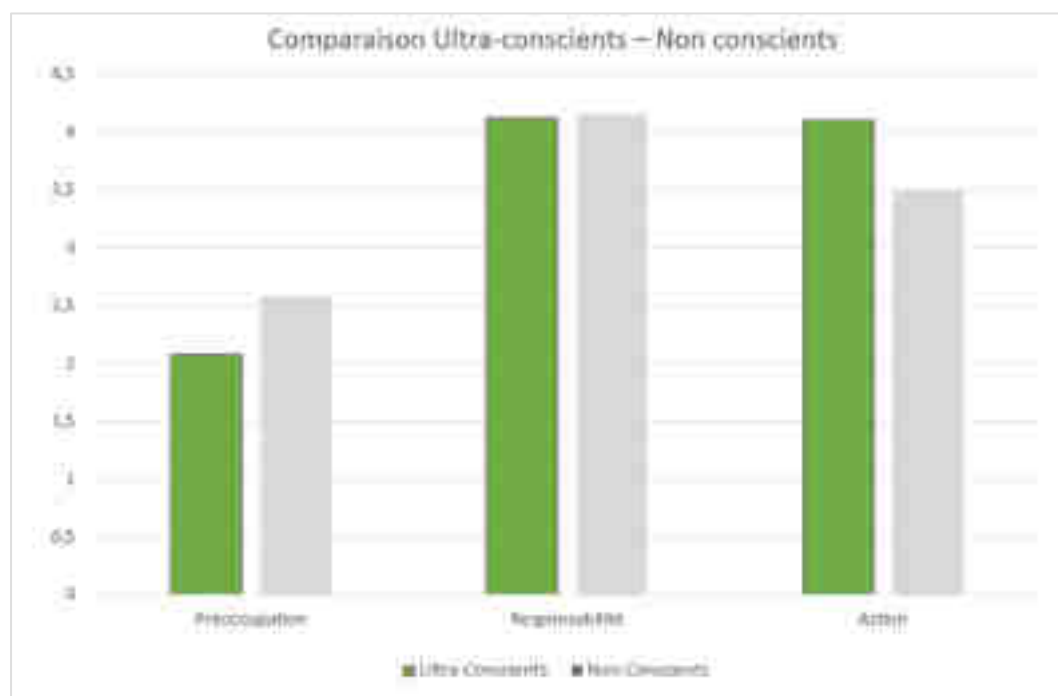


Figure 6 : Analyse graphique de la segmentation de notre échantillon : Ultra-conscients vs. Non-conscients

LES VOLONTAIRES	Ce sont les consommateurs qui sont le plus désireux de changer leurs comportements numériques afin de limiter leur impact environnemental, soit ceux qui ont obtenu un score de 4 et 5 sur l'ensemble des cinq questions regroupées sous la question Q29. N=63
LES RÉFRACTAIRES	Ce sont les consommateurs qui sont le moins désireux de changer leurs habitudes numériques, soit ceux ayant obtenu un score de 1 ou 2 à la première question de la question Q29. N=27

Là encore rien n'oppose réellement ces deux catégories sur les autres variables (Préoccupation, Action et Connaissance), ce qui ne justifie pas leur regroupement en un groupe distinct d'individus.

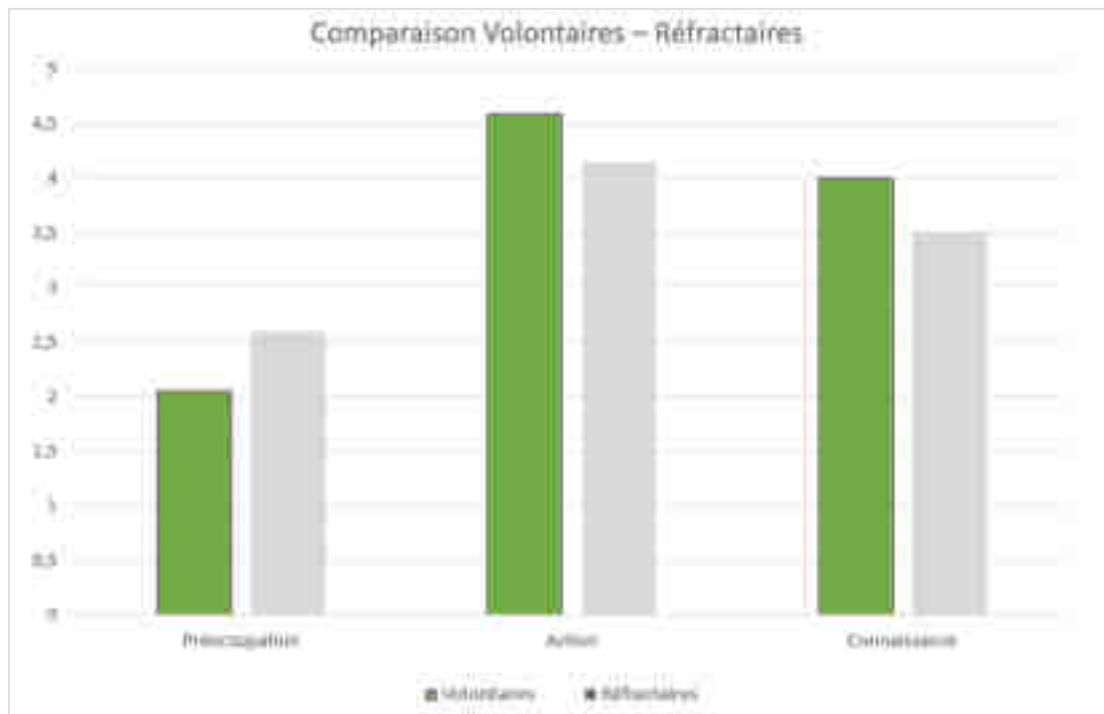


Figure 7 : Analyse graphique de la segmentation de notre échantillon Volontaires vs. Réfractaires

LES PRÉOCCUPÉS	Ce sont les consommateurs qui affichent une forte préoccupation face à la pollution digitale, soit ceux qui ont obtenu un score de 1 sur la question Q26. N=36
LES NON-CONCERNÉS	Ce sont les consommateurs qui affichent la moins forte préoccupation au sujet de la pollution digitale, soit ceux qui ont obtenu un score de 4 ou 5, à la question Q26. N=14

Notre échantillon de non concernés est malheureusement trop tenu pour pouvoir être analysé et donner des résultats exploitables. Une grande majorité de notre échantillon apparaissant par ailleurs préoccupée, les non concernés sont relativement rares.

c) Analyse de la connectivité des variables environnement réel & digital

Nous avons pu établir une certaine interconnectivité entre nos cinq variables dans le domaine de la pollution numérique et d'une certaine manière valider le modèle *Environmental Litteracy Component* de Teksoz *et al* (2012). En revanche, nous n'avons pas pu, avec nos données, valider le modèle de Kuthe *et al* (2019). Voyons à présent si nous pouvons établir un parallèle entre les prédispositions environnementales de nos consommateurs dans l'environnement réel, et dans l'environnement digital.

Voici une série de questions auquel nous avons tenté de répondre :

- Existe-il une relation entre les préoccupations environnementales des consommateurs et leurs préoccupations sur le sujet de la pollution digitale ? Autrement dit, les individus préoccupés par la pollution environnementale sont-ils pour autant préoccupés par la pollution digitale ?
- Existe-il une relation entre la responsabilité qu'un consommateur peut ressentir face au dérèglement climatique, et sa responsabilité face à la pollution digitale ?
- Les individus actifs sur le thème de l'écologie sont-ils également actifs face au problème de la pollution digitale ?
- Les individus au comportement environnemental vertueux ont-ils également un comportement vertueux dans la sphère numérique ? Ou bien s'adonnent-ils également au gaspillage digital ?
- Un individu fort de connaissances sur les questions environnementales, est-il également conscient de l'ampleur de la pollution digitale ?

De même que pour les analyses précédentes, nous avons traité ces variables comme des variables quantitatives, car mesurées par des échelles de Lickert dans notre enquête. Pour comparer ces différentes variables entre elles nous avons donc procédé à des tests de corrélation linéaire de Pearson (en essayant au préalable de condenser nos différentes variables sur de nouveaux facteurs plus explicatifs, mais sans succès).

Ces tests sont détaillés en Annexe 6. Pour les résumer : nous avons décelé une relation modérée entre les variables suivantes :

- **Connaissance Environnement – Connaissance Environnement Digital**
- **Préoccupation Environnement – Préoccupation Environnement Digital**
- **Responsabilité Environnement – Responsabilité Environnement Digital**

En d'autres termes : plus un individu est respectivement conscient, préoccupé ou responsable face aux thématiques de la pollution environnementale en général, plus il sera conscient, préoccupé ou responsable face au problème de la pollution digitale. Une bonne nouvelle en soi, qui présume d'un levier d'action pour l'avenir. Nous pouvons supposer déjà que la connaissance, la préoccupation et le sentiment de responsabilité sont des préalables nécessaires à l'action et au changement des habitudes numériques.

En revanche, et de manière fort intéressante, nous n'avons pas pu établir de corrélation convaincante entre ces deux variables :

- **Attitude Environnement – Attitude Environnement Digital**
- **Action Environnement – Action Environnement Digital**

Cela signifie qu'un individu affichant une attitude environnementale respectueuse n'affiche pas automatiquement une attitude environnementale vertueuse dans le domaine numérique. Par exemple, un individu qui trie et recycle ses déchets dans la vie réelle, ne trie pas pour autant sa boîte email dans sa vie numérique. De même un individu pro-actif en matière d'environnement n'est pas forcément proactif dans la sphère numérique.

On ne peut que se questionner sur l'absence de relation entre ces deux variables de ces deux sections. Pourquoi un individu actif sur le thème de la pollution environnementale ne serait-il pas actif également sur le thème de la pollution digitale ? Serait-ce dû à un manque de connaissance, de clarté ou de transparence sur le sujet de la pollution numérique ?

d) Vérification des autres hypothèses

Voici enfin une série d'hypothèses additionnelles que nous avons tenté de vérifier, en dehors des modèles étudiés :

- H1. Les individus préoccupés par l'environnement ne sont pas pour autant préoccupés par la pollution numérique parce qu'ils n'ont pas connaissance de ses effets indésirables sur l'environnement.
- H2. Les individus qui affichent des attitudes pro-environnementale dans leur vie quotidienne, n'affichent pas pour autant des attitudes pro-environnementale dans la sphère digitale (et pratiquent le gaspillage digital) car ils n'ont pas connaissance de ses effets indésirables sur l'environnement.
- H3. Les individus actifs sur le terrain de l'environnement, ne sont pas pour autant actifs sur le terrain de la pollution digitale, car ils n'ont pas connaissance de ses effets indésirables sur l'environnement.

Nous avons mené une série d'analyse en régression linéaire autour de ces hypothèses, mais m'avons pas pu valider les liens de causalité induits ici. Il serait erroné, non seulement avec les données mais aussi avec les modèles méthodologiques dont nous disposons, de pouvoir conclure envers ces affirmations. En revanche, nous avons bien mis en évidence dans la section précédente le lien entre la connaissance, la préoccupation, la responsabilité individuelle et l'action dans le domaine de la pollution numérique – nous nous en tiendrons là.

Enfin pour aller encore plus loin dans l'exploitation de nos données, voici quelques autres liens intéressants que nous avons pu déceler :

- **Lien entre *binge-watching* (Attitude de gaspillage) et volonté de réduire sa consommation de vidéo en streaming** : Nos analyses ont démontré que plus un



individu fait de *binge watching*, moins il est prêt à réduire sa consommation de vidéos.

- **Lien entre conservation de ses emails (Attitude de gaspillage) et volonté de nettoyer son compte de messagerie (Action)** : Nos analyses ont démontré que plus un individu stocke ses emails comme moyen d'archivage, moins il est prêt à faire le tri et nettoyer sa messagerie électronique.

2.4 CONCLUSION D'ÉTUDE

2.4.1 Synthèse des résultats

Nous avons réalisé un grand nombre de manipulations sur notre échantillon afin de répondre à nos questions d'étude, de valider nos modèles de recherche, afin de confirmer ou infirmer nos hypothèses de départ, mais aussi dans l'espoir d'en tirer de nouveaux enseignements intéressants. Nos conclusions d'étude peuvent se résumer de la manière suivante :

1/ Quelle conscience les consommateurs ont-ils de l'impact écologique de leurs activités numériques ?

Notre échantillon témoigne d'une connaissance plutôt bonne sur le sujet de la pollution digitale, puisque près de la moitié déclare avoir conscience de l'impact environnemental du numérique de manière générale. Toutefois, leurs connaissances ne sont pas très pointues, puisque seulement 35 à 45% a connaissance de son ampleur réelle, que ce soit pour ce qui est de la consommation énergétique, du poids des vidéos en ligne ou des requêtes sur moteurs de recherche. Par ailleurs, notre échantillon est en grande majorité féminin et éduqué, avec possiblement une sensibilité accrue sur la thématique environnementale (de par notre méthode d'échantillonnage à priori), ce qui induit un biais. **Aussi, nous en concluons, conformément à nos hypothèses de départ et aux théories d'auteurs comme Flipo ou Berthoud, que la prise de conscience des consommateurs face à l'impact environnemental du numérique reste relativement faible, et sujette à amélioration.**

Nos répondants semblent faire une consommation plutôt raisonnable d'appareils numériques avec 2,5 appareils en moyenne par personne, ce qui est une bonne nouvelle. En revanche, le recyclage n'est pas encore bien ancré dans leurs habitudes, puisqu'une minorité seulement recycle correctement ses appareils et achète des produits reconditionnés. Par ailleurs, la grande majorité d'entre eux répond présent sur les questions de gaspillage numérique que nous leur avons posées. Et notre questionnaire ne mesurait que certains comportements de gaspillage digital (archivage sur email, *binge-watching*, utilisation systématique d'un moteur de recherche pour accéder à une page web, etc). Aussi nous pouvons supposer que l'ampleur réelle du gaspillage digital est encore

bien plus conséquente, et s'étend au-delà des quelques propositions énoncées dans notre enquête. Certains usages, tels que le visionnage de vidéos ou encore le stockage d'emails, semblent particulièrement installés et s'annoncent plus problématiques à résoudre à l'avenir, puisque les individus qui les pratiquent le plus sont ceux qui sont le moins prêts à y renoncer. **De ces différentes observations nous pouvons conclure, conformément à nos hypothèses de départ, que les habitudes de gaspillage numérique sont largement avérées parmi les consommateurs.**

Ce gaspillage est-il dû à un manque d'information et de connaissance sur le sujet ? Notre enquête ne peut en attester, et nous n'avons pas avec nos données pu mettre en évidence de lien entre Connaissance et Attitude - mais nous pouvons le supposer.

Notons enfin que nous n'avons pas décelé de différence singulière entre les prédispositions des *Digital Natives* et les *Non Digital Natives* au sujet de la pollution numérique. **Cela réfute l'une de nos autres hypothèses selon laquelle les *Digital Natives* seraient plus, ou moins, conscient de l'impact environnemental du numérique.**

2/ Quels biais utiliser pour accélérer leur prise de conscience et orienter les consommateurs vers des choix numériques plus vertueux ?

La grande majorité de notre échantillon se dit préoccupée tant par la dégradation environnementale générale ainsi que par la pollution numérique. Or nos analyses ont mis en évidence un lien entre la Préoccupation, la Connaissance, la Responsabilité personnelle et l'Action dans le domaine de la pollution numérique. Cela signifie que plus un individu est conscient de l'impact environnemental du numérique, plus la question le préoccupe, plus il se sent responsable, plus il est prêt à agir afin de diminuer son empreinte (tel que dans le modèle de Teksoz *et al*, 2012). **Nous pouvons donc en conclure que l'éducation et l'information jouent un rôle primordial dans la transformation des habitudes. Elles sont un préalable nécessaire dans le développement de comportements numériques plus hygiéniques.**

De manière générale, les individus de notre échantillon réclament plus d'information, de transparence de la part des pouvoirs publics et des régulateurs sur le sujet, avec par exemple une signalisation de l'impact environnemental des produits (argument de la tangibilité). Les vidéos, réseaux sociaux, les articles de presse ou blog, ressortent comme les vecteurs les plus influents pour pousser nos individus vers des choix numériques plus vertueux (et partager aussi avec eux les rapports des comités scientifiques sur le sujet). **Aussi, mieux éduquer les consommateurs, leur apprendre à prioriser leurs usages en fonction de leurs besoins réels par exemple, et en fonction de leur empreinte carbone, semble être une piste à privilégier pour l'avenir. La problématique des usages, soulevée par l'ADEME notamment, et leurs propositions autour des usages, revêtent ici tout leur sens.**

Notre enquête fait toutefois état de plusieurs contradictions également. Nos individus expriment par exemple une forte volonté de changer leurs habitudes et d'adopter un comportement en ligne plus respectueux ce qui est plutôt encourageant. Mais l'absence de lien entre les variables Action et Attitude, ainsi que l'absence de lien entre les actions réalisées dans l'environnement réel et dans l'environnement digital, peut nous faire douter de la sincérité de leur engagement. **Tout comme le modèle de White *et al* (2019) mettait en doute la corrélation entre les attitudes déclarées d'un côté par les individus et leurs actions ou comportements avérés, nous pouvons légitimement nous poser la question. Nos individus sont-ils réellement prêts à passer à l'action ?** Dans le même temps, nous n'avons pu établir de corrélation entre nos variables Connaissance de la pollution digitale et Attitude (ou gaspillage). **Aussi nous pouvons présupposer que l'éducation et l'information ne suffiront pas à transformer durablement les attitudes des individus. Il faudra actionner d'autres leviers, comme certainement la volonté, tel que le soutient Guillard (2021).**

Le modèle SHIFT de White *et al* (2019) mettait en avant cinq facteurs psychologiques pour encourager l'adoption de comportements plus durables : l'environnement social, le développement d'habitudes, la personnalité individuelle, le ressenti et la cognition, ainsi que la tangibilité. Notre questionnaire d'étude nous a permis uniquement de valider l'importance de la tangibilité chez le consommateur, mais nous pouvons supposer que l'ensemble de ces cinq facteurs peuvent s'appliquer également. **Aussi, afin de transformer durablement les habitudes numériques de nos consommateurs, nous recommandons de construire un modèle d'influence intégrant ces cinq facteurs psychologiques que sont l'environnement social, le développement d'habitudes, la personnalité individuelle, le ressenti et la cognition, et la tangibilité.** Il conviendrait bien entendu de confirmer cette hypothèse à travers une étude ciblée complémentaire.

2.4.2 Limites de l'étude

Les résultats présentés ci-dessus sont livrés sous réserve des différentes limites que comporte cette étude quantitative.

Une première limite tient à la taille de notre échantillon. Notre groupe de 162 individus, bien que suffisant en théorie pour réaliser des analyses statistiques, demeure trop restreint pour pouvoir extrapoler les résultats à plus grande échelle.

Plus problématique encore est la composition de notre échantillon : avec 75% de femmes et 43,8% d'individus de profil Bac+5, nous ne pouvons considérer notre échantillon comme représentatif, ni de la population française, ni de la population européenne. La méthode d'échantillonnage à priori, utilisée ici, nous a involontairement amené à recruter des individus que nous soupçonnons être relativement plus informés sur la question de la pollution digitale, car ayant déjà des prédispositions autour de l'environnement en

général, ou justifiant d'un niveau d'instruction relativement plus élevé. Nous avons toutefois pris ces éléments en compte lors de la formulation de nos conclusions.

Une autre limite de notre étude tient à la difficulté de mesurer des éléments aussi intangibles et imprécis que la conscience environnementale en l'absence d'échelles de mesures existantes dans la littérature. De même, évaluer le niveau de connaissances des répondants autour de l'impact environnemental du numérique s'est révélé une tâche complexe. Il nous a fallu proposer différentes formulations déjà pré-orientées, ce qui peut induire un biais dans les réponses, et donc fausser toute réelle extrapolation des résultats. Enfin, à plusieurs reprises nous avons fait appel à notre propre jugement, afin d'interpréter certains résultats, et trancher en faveur de certaines conclusions. Aussi notre analyse comporte-t-elle une certaine part de subjectivité.

Mais cette approche quantitative malgré ses limites fournit tout de même une série d'indicateurs intéressants et exploitables. Cette étude mériterait vraisemblablement d'être approfondie et complétée à l'avenir, notamment au travers d'un focus groupe, comme l'avait fait Flipo (2016).

2.4.3 Analyses futures

Cette présente étude ne constitue donc au mieux qu'une première étape dans ce travail de recherche autour de la pollution numérique. D'autres travaux supplémentaires pourraient être menés sur cette base à l'avenir.

Par exemple, il pourrait être intéressant d'approfondir certains aspects spécifiques de la pollution digitale. Notre approche du sujet a en effet été volontairement large, et notre questionnaire, basé lui-même sur notre revue de la littérature, aborde le problème de manière également très large. Il pourrait se révéler opportun de se focaliser sur certaines thématiques plus précises comme l'impact des vidéos en ligne ou du e-commerce par exemple, ou certains usages spécifiques des utilisateurs (emailing, recherches en ligne, etc), et d'obtenir peut-être ainsi des résultats plus affinés et plus précis.

En outre, nous pourrions imaginer approfondir encore notre étude en analysant davantage le lien entre attitude et comportement pro-environnementaux ; en analysant plus en détail le déclenchement d'actions environnementales sur la base de la connaissance ; ou encore en creusant davantage les freins et motivations des individus pour assainir leurs pratiques numériques, en ajoutant par exemple d'autres variables comportementales, comme dans le modèle SHIFT de White *et al* (2019).

Par souci de clarté et de facilité pour nos répondants, nous avons par ailleurs, choisi de limiter notre questionnaire à une quarantaine de questions, de manière à rendre celui-ci digeste et administrable, et garantir une participation suffisante. Nous avons proposé certains énoncés ou situations spécifiques au répondant sur la base de nos lectures, et des

travaux des différents organismes publics, *think tank* et organismes de recherche. Sans doute ces propositions mériteraient d'être étayées à l'avenir avec davantage de propositions afin de fournir de plus amples éléments de recherche.

Enfin, tel que mentionné auparavant, il serait judicieux à l'avenir, non seulement d'élargir l'échantillon d'étude - avec une technique d'échantillonnage plus aléatoire cette fois-ci - mais également de compléter cette enquête par une étude qualitative. Un focus groupe serait un format idéal, permettant de récolter des informations plus intimes de la part des utilisateurs sur leurs convictions et attitudes, et permettant ainsi d'approfondir ces premiers résultats. Nous pourrions par exemple imaginer un focus groupe comprenant des *Digital Natives*, des *Non-Digital Natives*, des individus axés sur l'écologie ou non, de milieu urbain et rural, de professions intermédiaires et supérieures.

2.4.4 Recommandations managériales

Sur la base de nos conclusions d'étude nous pouvons formuler une série de recommandations afin d'améliorer la prise de conscience, à la fois collective et individuelle, sur la pollution et le gaspillage numérique. Celles-ci s'inscrivent dans la lignée des propositions énoncées par nos différents auteurs sur la sobriété numérique, et s'adressent à tous les acteurs du secteur.

Aux pouvoirs publics :

Tous les moyens devraient être mis en œuvre pour promouvoir l'information et l'éducation des consommateurs sur l'impact environnemental du numérique et accroître la transparence sur le sujet. Rappelons que seuls 18,5% de notre échantillon fait confiance aux autorités publiques pour réguler l'espace numérique en fonction des impératifs énergie/climat. Il conviendrait évidemment de rehausser ce pourcentage.

Sur la base des données recueillies, nous suggérons la création et le développement d'une campagne de communication massive à l'attention des citoyens, et articulée autour de vidéos, textes, articles, blogs, documentaires, conclusion d'études, podcasts, quiz en ligne, etc. Ceux-ci pourront être mis à disposition du public à travers les réseaux sociaux, les médias et autres chaînes d'informations traditionnelles. En parallèle, nous pourrions aussi préconiser l'enseignement de ces nouvelles pratiques de sobriété numérique dans les écoles, et leur insertion dans les programmes d'enseignement secondaire et supérieur.

Aux opérateurs :

Tel que le propose Courboulay, il serait judicieux de mettre en place de nouvelles politiques budgétaires, plus progressives, afin de plafonner le volume de données en circulation et enrayer leur vaine prolifération. Opérateurs et législateurs pourraient travailler à un meilleur encadrement des tarifs, et s'accorder sur les seuils à appliquer dans le cadre d'un forfait mensuel par exemple. Même si la fin de la gratuité d'internet semble difficilement envisageable, et difficilement compatible avec le modèle d'affaire

actuel des opérateurs, les utilisateurs pourraient être favorables à ces changements, puisque 69% de notre échantillon se déclare être prêt à déboursier davantage si cela pouvait avoir un impact environnemental positif, tandis que 57% est prêt à accueillir un meilleur encadrement des tarifs internet. Ces résultats devraient néanmoins être confirmés par d'autres analyses et enquêtes de terrains dédiées, étant donné les limites et la spécificité de notre échantillon. C'est un véritable changement de paradigme qu'il faudrait en réalité instaurer, renversant les logiques de consommation existantes.

Aux concepteurs de sites web :

Limiter le gaspillage est aussi la responsabilité des concepteurs. Cela pourrait passer par exemple par un étiquetage et une signalisation obligatoire des produits, afin de mieux sensibiliser et informer le consommateur à la quantité de données déplacées et leur impact environnemental (c'est ce que propose notamment The Shift Project). L'utilisateur final serait non seulement plus informé, mais aussi davantage responsabilisé. C'est à lui que reviendrait le choix final du mode de consommation qu'il souhaite. Il pourrait par exemple choisir entre regarder une vidéo haute résolution / haute consommation, ou une vidéo plus basse résolution / basse consommation. La signalisation rendrait ainsi plus tangible l'impact environnemental du numérique, et les choix réalisés par le consommateur, le renvoyant ainsi à un système de motivation intrinsèque, apportant récompense et estime de soi.

A l'instar de plusieurs collectifs, nous pourrions aussi suggérer l'instauration de nouvelles normes de conception des sites web, afin de réduire le poids des pages web affichées chez les internautes. L'entreprise Greenspector, éditeur de solutions de mesure d'efficacité énergétique des applications mobiles, avait estimé l'impact du fil d'actualité des 10 applications réseaux sociaux les plus populaires à 60 kg de CO₂ par an et par utilisateur, soit l'équivalent de 535km parcourus en voiture²⁶. Contraindre l'ensemble des éditeurs de sites web à adopter des designs plus sobres (à l'image de Wikipédia, dont la totalité du site tient sur seulement 600 téraoctets ou 50 kg de disque dur²⁷), dépourvus par exemple de vidéos en lecture automatique et autres appareils inutiles, semble un scénario tout à fait réaliste et pertinent.

Aux entreprises :

Après les pouvoirs publics, opérateurs et concepteurs web, les entreprises occupent une place de choix dans la lutte contre le gaspillage et la pollution numérique. Or les données de notre échantillon sur ce point sont sans appel : seuls 14,2% de nos répondants déclarent avoir un employeur qui a mis en place des règles de green I.T. Il serait bien entendu intéressant de vérifier ce constat à travers une autre enquête dédiée. Mais sur la base de cette observation, nous pouvons affirmer que les entreprises doivent faire bien plus en matière de pollution digitale. Chaque entreprise devrait élaborer son propre plan d'action de réduction de son empreinte numérique. Une large panoplie de mesures de Green I.T.

²⁶ Greenspector, Mai 2020 : [Quel impact carbone pour les applications réseaux sociaux?](#)

²⁷ <https://www.franceinter.fr/emissions/l-edito-m/l-edito-m-du-mardi-02-novembre-2021>

existent qui peuvent être mise en place : de l’allongement de la durée de vie des équipements, à l’éducation des employés aux meilleures pratiques, comme la rationalisation de l’usage des e-mails en entreprise, ou la sensibilisation aux économies d’énergie – des pratiques qui pourrait se transmettre facilement des employés aux utilisateurs finaux.

Aux consommateurs :

Quant aux consommateurs eux-mêmes, nous avons évoqué tout au cours de notre étude nombre de bonnes pratiques à mettre en place afin de mieux encadrer leur vie numérique, comme prioriser les usages, arbitrer sur les contenus judicieux à privilégier et les autres à écarter, etc. Nous ne reviendrons pas en détails sur ces propositions.

Ces recommandations ne sont bien entendu pas exhaustives, et ne constituent que quelques-unes des pistes possibles pour faire prendre conscience au consommateur des dangers du numérique. De nombreuses autres propositions circulent auprès des états et autorités publiques, autour de la taxation, des politiques d’investissement et d’approvisionnement du secteur, de la performance énergétique, des réglementations en matière de recyclage ou d’obsolescence programmée. D’autres acteurs aussi sont également appelés au jouer un rôle que nous n’avons pas évoqués ici, comme les collectivités locales ou les établissements d’enseignement.

La loi REEN, adoptée en novembre 2021, et visant à réduire l’empreinte environnementale du numérique en France, reprend plusieurs de nos recommandations formulées ci-dessous. Elle comporte notamment un premier volet de formation, à l’attention de la jeunesse, visant à la sensibiliser à l’impact environnemental du numérique, tout comme nous l’évoquions aussi. Elle contient aussi quatre volets supplémentaires : visant à la limitation du renouvellement des terminaux, à l’émergence d’usages du numérique écologiquement vertueux, au développement de data centers et réseaux moins voraces en énergie, et à la promotion d’une stratégie numérique responsable dans les territoires.

Cette loi constitue une avancée positive et surtout encourageante, après les constats que nous avons dressés tout au cours de cette étude. Elle crée notamment un observatoire des impacts environnementaux du numérique et impose aussi de nouvelles obligations environnementales aux entreprises. Un premier pas vers davantage de transparence.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Sans remettre en cause les multiples apports des technologies numériques, tant dans notre vie de tous les jours que dans l'ensemble des autres secteurs économiques, leurs dégâts climatiques et environnementaux sont indéniables. Notre revue de littérature en première partie s'est attelée à exposer les différentes facettes, l'étendue et la gravité de la pollution numérique – que ce soit à travers la consommation exponentielle d'énergie, la voracité en matières premières non-renouvelables ou encore la production massive de déchets que ces technologies induisent.

Il est d'autant plus vital de prendre conscience de ce phénomène que la digitalisation de nos économies s'accélère - dans les entreprises, les services de l'État, les écoles, les bibliothèques - et que nos usages numériques s'amplifient - avec la généralisation des vidéos haute définition, de la 5G, de l'intelligence artificielle, des objets connectés, le développement des voitures autonomes et des *smart cities*. Notre étude quantitative en deuxième partie visait précisément à mesurer la prise de conscience et le ressenti des consommateurs sur le sujet, en prenant en compte plusieurs variables telles que la connaissance, la préoccupation, l'attitude, la responsabilité, la proactivité.

Notre enquête a fait ressortir un certain nombre de contradictions. Les individus de notre échantillon se disent par exemple relativement conscients et préoccupés par l'impact environnemental du numérique, mais n'affichent pas pour autant des attitudes vertueuses en ligne, puisque beaucoup sont sujets au gaspillage digital. Les gestes environnementaux perpétrés dans le monde réel ne se retrouvent pas forcément dans le monde virtuel, tandis que les attitudes relatées par nos individus ne se matérialisent pas toujours par des actes et comportements concrets. Certaines pratiques néfastes, comme le *binge watching* ou le stockage d'emails, semblent par ailleurs fortement enracinées chez les utilisateurs qui, pour beaucoup, refusent d'y renoncer.

Ces contradictions traduisent bien toute la complexité de notre thématique. Elles reflètent bien à la fois, le manque de clarté et de transparence autour de la pollution numérique, et le manque de sensibilisation autour du gaspillage digital. Elles soulignent par la même occasion l'impérieuse nécessité de mieux informer, éduquer et sensibiliser les utilisateurs face à ce fléau. La connaissance, la préoccupation et la responsabilité individuelle apparaissent justement dans notre enquête comme des facteurs clés susceptibles de transformer les comportements numériques. Ce sont donc ces leviers fondamentaux qu'il convient d'actionner. Mais il en existe bien d'autres. Notre étude se limitait à observer ces cinq facteurs clés : mais il faudrait, vraisemblablement, également faire appel à la volonté des consommateurs, ainsi qu'à une panoplie d'autres facteurs psychologiques et sociaux, afin de changer durablement leurs comportements, et de les convaincre de passer à un mode de vie numérique plus sobre.

Quoi qu'il en soit, et au-delà des résultats de notre recherche qui comporte bien des lacunes, l'« urgence numérique » est là, et la prise de conscience autour de la pollution, de la surconsommation et du gaspillage digital doit impérativement s'accélérer. Cette prise de conscience devra se faire à la fois au niveau individuel et au niveau collectif. Tous les acteurs du numérique - pouvoirs publics, comme opérateurs, concepteurs web, marketeurs ou entreprises - devront se responsabiliser, joindre leurs forces et mettre au point de nouvelles solutions pour éduquer le consommateur et l'inciter à mieux comprendre, mesurer, analyser puis infléchir et rationaliser ses pratiques. De l'étiquetage des services en ligne, en passant par des messages d'information (transmis paradoxalement par les réseaux sociaux ou les vidéos), à l'encadrement des usages et tarifs, les solutions ne manquent pas. La loi REEN, adoptée par le Sénat en novembre 2021, constitue en ce sens un tournant encourageant, puisqu'elle contient notamment un volet éducation, et confirme la volonté des pouvoirs publics d'adresser (enfin) le problème de la pollution numérique en France.

Certes, au vu des milliards de milliards d'octets de données produits dans le monde chaque jour, on peut se questionner sur l'efficacité de nos maigres actions individuelles, de nettoyage de messageries email, de fermeture de nos onglets ou de nos ordinateurs – une goutte bien dérisoire finalement dans cet océan de données. Mais face au poids écrasant du secteur, tous les moyens d'action doivent être mis en œuvre, faute de quoi le numérique ne constituera plus une solution, mais bien un problème supplémentaire, comme nous en avertit l'ADEME. La légende du colibri trouve ici tout son sens : aussi négligeable que semblent nos gestes individuels, leur somme peut contribuer à changer la donne. Ils constituent, en tout état de cause, un pas dans la bonne direction.

Nos nouvelles habitudes numériques devront bien entendu s'accompagner de transformations plus profondes : des modes de consommation, de production, des infrastructures collectives, sociales ou urbaines, de l'écosystème numérique tout entier. Dans une interview donnée en septembre 2021²⁸, Vincent Courboulay, ingénieur et maître de conférences en informatique à l'université de La Rochelle, expliquait qu'il fallait « remettre du bon sens paysan dans le numérique ». La solution pourrait-elle être si simple que cet adage, après tout ?

Le déploiement de politiques de Green I.T. au niveau des entreprises ou bien le développement d'initiatives telles que le *World Digital Clean up Day*²⁹, montrent que l'idée d'un numérique vert progresse, tant bien que mal. Les solutions sont là, alors gardons malgré tout espoir, et en attendant faisons comme le colibri, faisons notre part.

²⁸ <https://www.franceinter.fr/societe/rechauffement-climatique-il-faudrait-remettre-du-bon-sens-paysan-dans-le-numerique>

²⁹ <https://lesjourneesmondiales.fr/Agenda/le-digital-cleanup-day/>

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME (2016), « Potentiel de contribution du numérique à la réduction des impacts environnementaux: Etat des lieux et enjeux pour la prospective ».
- ADEME (2020), « #RESET. Quel numérique voulons-nous pour demain ? » *Questions Numériques*, V01, 2019.
- Aggeri Franck (2020), « Vers une innovation responsable », *Revue Esprit*, 2020/3, p. 40 à 51.
- Andrae Anders (2020), « New perspectives on internet electricity use in 2030 », *Engineering Applied Science Letter*, 2020/6.
- Avgerinou Maria, Paolo Bertoldi and Luca Castellazzi (2017), « Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency», Technical report by the Joint Research Centre (JRC), the European Commission's science and knowledge service.
- Bastianutti Julie et Chamaret Cécile (2017), « Googliser, c'est polluer ? La difficile émergence d'acteurs au service de la transition bas carbone sur le marché des moteurs de recherche », *Entreprises et histoire*, N.86, p. 125 à 139.
- Belkhir Lotfi & Elmeligi Ahmed (2018), « Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendation », *Journal of Cleaner Production*, N.177 (2018) p. 448 à 463.
- Berkhout Frans et Hertin Julia (2001), « Impacts of Information and Communication Technologies on Environmental Sustainability: speculations and evidence », Report to the OECD.
- Berkhout Frans et Hertin Julia (2004), « De-materialising and re-materialising: Digital technologies and the environment », *Futures*, N.36 (2004/10).
- Berthoud Françoise & Roussilhe Gauthier (2021), « Le numérique face à la crise environnementale », *Alternatives Non-Violentes*, 2021/2, N.199, p. 11 à 13.
- Bihanic David (2016), « La pollution numérique en France », *Sciences du Design*, 2016/1 N.3, p. 22 à 25.
- Bordage Frédéric (2021), « Tendre vers la sobriété numérique », Actes Sud Nature.
- Carnino Guillaume & Marquet Clément (2018), « Les datacenters enfoncent le cloud : Enjeux politiques et impacts environnementaux d'internet », *Zilsel*, 2018/1 N.3, p. 19 à 62.
- Court Victor & Sorrell Steven (2020), « Digitalisation of goods: a systematic review of the determinants and magnitude of the impacts on energy consumption », *Environmental Research Letters* N.15.
- Courboulay Vincent (2021), « Vers un numérique responsable : Repensons notre dépendance aux technologies digitales », Actes Sud Nature.
- Dedryver Liliane (2020), « La consommation de métaux du numérique : un secteur loin d'être dématérialisé », *France Stratégie*, 2020/05.
- Defontaine Galaad (2020), « La sobriété : un pilier de la transition écologique », *Regards croisés sur l'économie*.
- Fabre Marine et Winkler Wiebke (2010), « L'obsolescence programmée, symbole de la société du gaspillage. Le cas des produits électriques et électroniques ». *Publication du Cniid et des Amis de la Terre*.
- Ferreboeuf Hugues (2019), « Pour une sobriété numérique », *Futuribles*, N. 429, p. 15 à 31.
- Flipo Fabrice (2014), « Expansion des technologies de l'information et de la communication : vers l'abîme ? » *Mouvements*, 2014/3 N79, pages 115 à 121.
- Flipo Fabrice, Deltour François & Dobré Michelle (2016), « Les Technologies de l'Information à l'épreuve du Développement Durable », *Natures Sciences Sociétés*, 2016/1, Vol. 24, p. 36 à 47.
- Flipo Fabrice, Deltour François & Dobré Michelle, Michot Marion (2017), « Peut-on croire aux TIC vertes ? Technologies numériques et crise environnementale », *Annales des Mines | Responsabilité et environnement*, 2017/3, N87, p. 105 à 107



- Freitag Charlotte, Berners-Lee Mike, Widdicks Kelly, Knowles Bran, Blair Gordon, Friday Adrian (2020), « The climate impact of ICT: A review of estimates, trends and regulations », Lancaster University, Small World Consulting », Small World Consulting, Lancaster University.
- Gomes Marcelo Kokke & Oliveira Marcio Luis (2018), « Digital Pollution: Going beyond the limits of virtual », *Revista Jurídica*, vol. 04, n°. 53, Curitiba, 2018. pp. 55-84.
- Guillard Valérie (2009), « Du gaspillage à la sobriété ».
- Guillard Valérie (2021), « Towards a society of sobriety: conditions for a change in consumer behaviour », *The journal of field actions*, Special Issue 23, 2021.
- Hilty Lorenz & Aebischer Bernard (2015), « ICT for Sustainability: An Emerging Research Field », *Springer international Publishing*.
- Huang Dai Yue, Liu Chao, Puel Gilles (2015), « La politique de transition vers une industrie des TIC sobre en carbone en Chine », *Autre Part*, 2014/1 N. 69, p. 55 à 70.
- Ibanez Lisette, Latourte Jean-Charles, Roussel Sébastien, « Comportements Pro-Environnementaux et exposition à la nature : une étude expérimentale », *Presses de Sciences Po | « Revue économique*, 2019/6 Vol. 70, p. 1139 à 1151.
- Jehel Sophie (2015), « Les pratiques des jeunes sous la pression des industries du numérique », *Le Journal des psychologues* 2015/9 N.331, p. 28 à 33.
- Kuthe Alina, Keller Lars & Oberrauch Anna (2019), « How many young generations are there? – A typology of teenagers’ climate change awareness in Germany and Austria », *The Journal of Environmental Education*.
- Longaretti Pierre-Yves & Berthoud Françoise (2021), « Le Numérique, Espoir pour la Transition Ecologique ? *Alternatives économiques | L'Économie politique*, N. 90, p. 8 à 22.
- Lucivero Federica (2019), « Big Data, Big Waste? A Reflection on the Environmental Sustainability of Big Data Initiatives », *Science and Engineering Ethics* N.26.
- Malmodin Jens & Lundén Dag (2018), « The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015 », *Sustainability*, 2018/10.
- Monnoyer-Smith Laurence (2017), « Transition numérique et transition écologique », *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 2017/3 N.87, pages 5 à 7.
- Morley Janine, Widdicks Kelly & Hazas Mike (2018), « Digitalisation, energy and data demand: The impact of Internet traffic on overall and peak electricity consumption », *Energy Research & Social Science* N38, p. 128–137.
- Moundib Ilian, Jahier Adrien & Bouilloud Romain (2021), « Face au poids croissant du numérique: l'impératif de sobriété », Institut Rousseau.
- Ong Dennis, Moors Tim & Sivaraman Vijay (2012), « Complete life-cycle assessment of the energy/CO2 costs of videoconferencing vs. face-to-face meetings ».
- Pitron Guillaume (2021), « L'Enfer numérique - Voyage au bout d'un like ».
- Pochet Philippe (2021), « Numérique et écologie : comment concilier ces deux récits de l'avenir », *L'Économie politique*, 2017/1 N.73, p. 101 à 112.
- Preist Chris, Schien Dan, Blevis Eli (2016), « Understanding and Mitigating the Effects of Device and Cloud Service Design Decisions on the Environmental Footprint of Digital Infrastructure », *Proceedings of the 34th Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, Association for Computing Machinery, 2016/05, p. 1324-1337.
- Roussilhe Gauthier (2021), « Que peut le numérique pour la transition écologique? ».
- Teksoz Gaye, Sahin Elvan & Tekkaya-Oztekin Ceren, (2012), « Modeling Environmental Literacy of University Students, *Journal of Science Education & Technology*.
- The Shift Project (2019), « L'insoutenable usage de la vidéo en ligne. Un cas pratique pour la sobriété numérique ». Rapport piloté par Maxime Efoui-Hess.
- The Shift Project (2020), « Déployer la sobriété numérique ».
- Van Heddeghem Ward, Lambert Sofie, Lannoo Bart, Colle Didier, Pickavet Mario, Demeester Piet (2014), « Trends in worldwide ICT electricity consumption from 2007 to 2012 », *Computer Communications*.



White Katherine, Habib Rishad & Hardisty David J. (2019), « How to SHIFT Consumer Behaviors to be more sustainable: A Literature Review and Guiding Framework », *Journal of Marketing*, Vol. 83, p. 22 à 49.

Williams Eric (2011), « Environmental effects of information and communications technologies », *Nature*, Vol 479, 2011/11.

Vidéographie :

Les pollutions numériques, Florence Rodhain, France 3

<https://youtu.be/2jllMr75jB4>

Une pollution numérique invisible ? Public Sénat

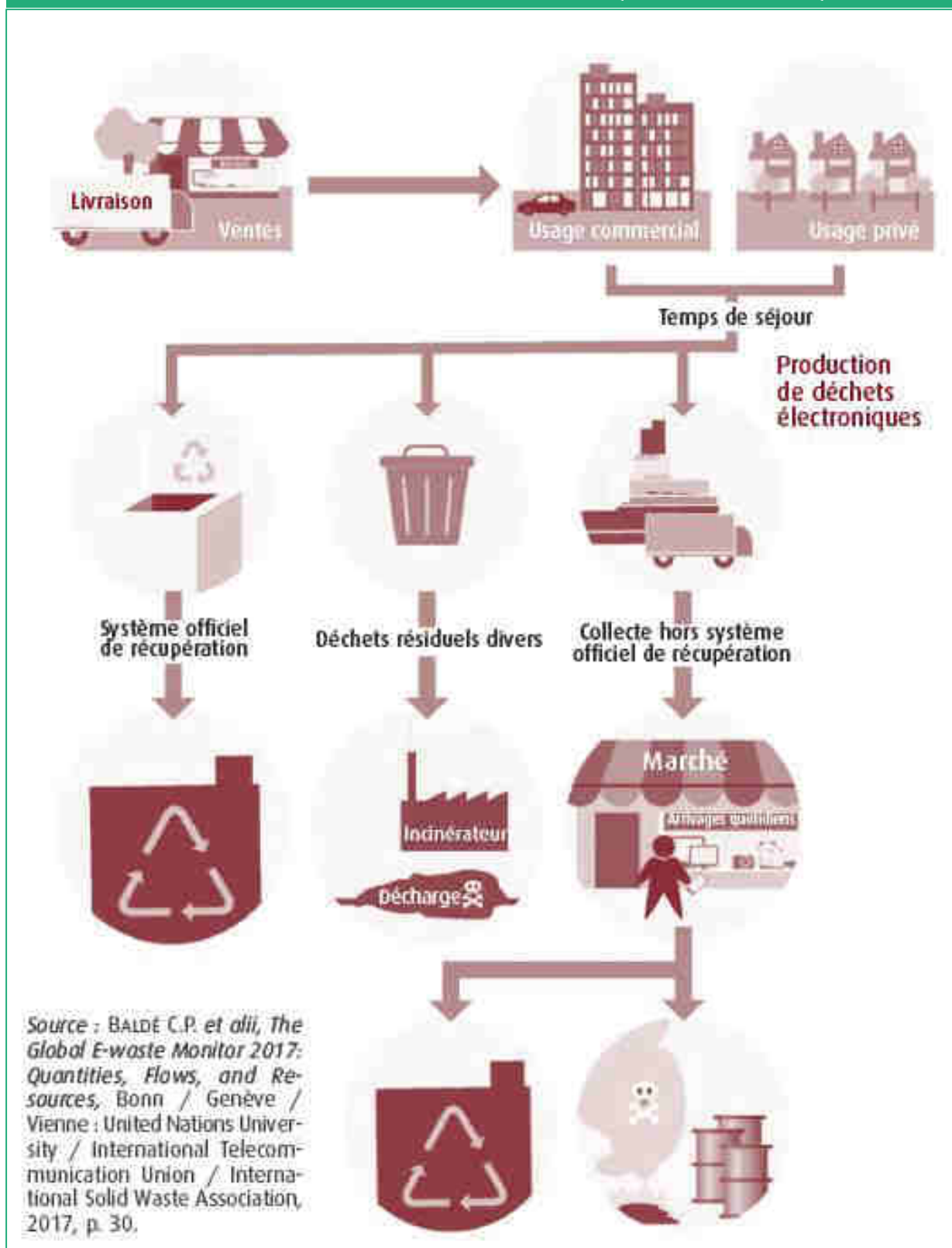
<https://www.youtube.com/watch?v=cUwYCgRY3ZM>

Atelier « le nouvel enjeu du gaspillage digital » - Salon Produrable 2019, Econocom

<https://www.youtube.com/watch?v=OS9Vu48GMzw>

ANNEXES

ANNEXE 1 : SCÉNARIO DE GESTION DES DÉCHETS ÉLECTRIQUES & ÉLECTRONIQUE

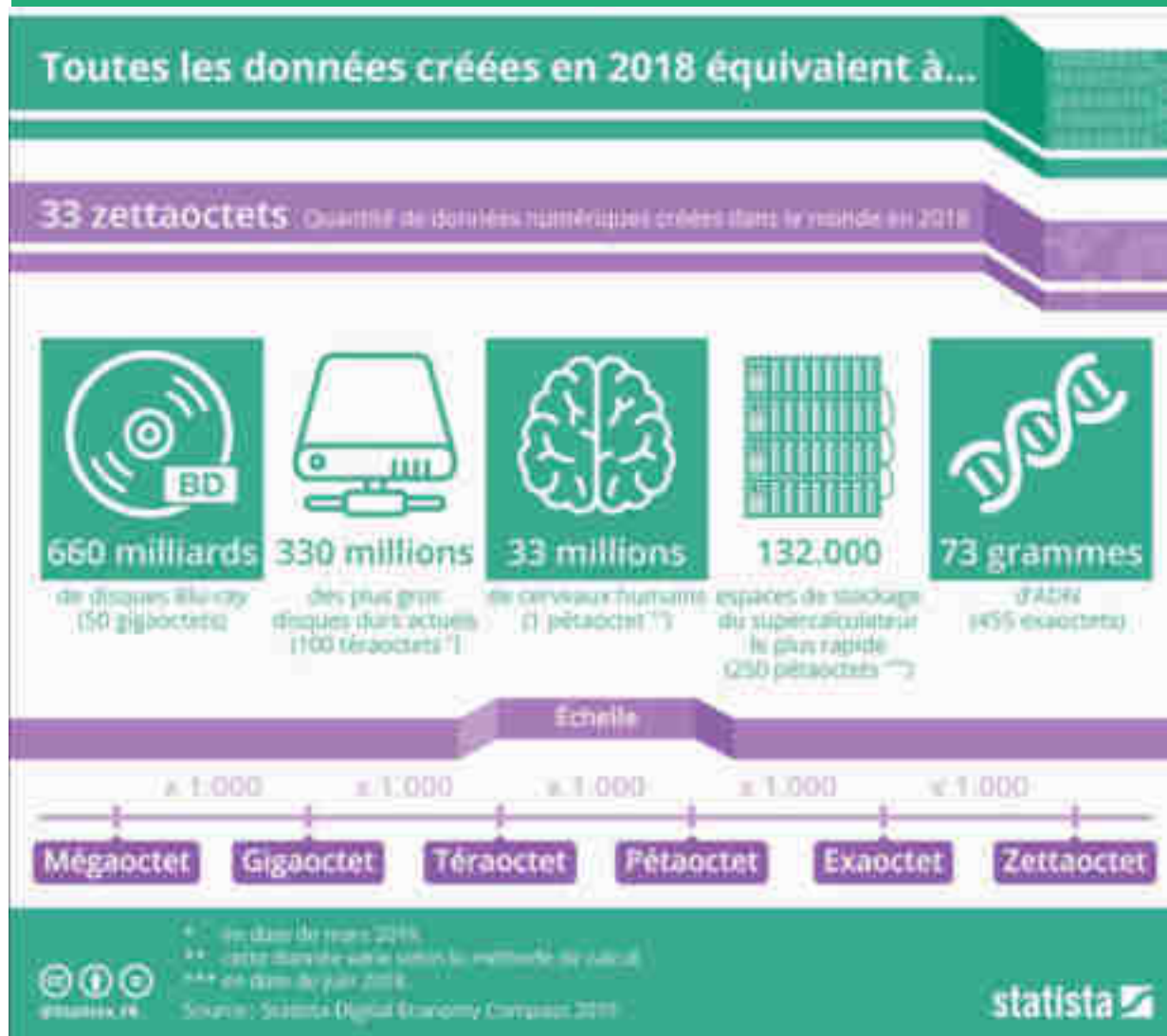


Ferreboeuf

ANNEXE 2 : RAPPORT DE LA MISSION D'INFORMATION DU SÉNAT SUR L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DU NUMÉRIQUE (2020)



ANNEXE 3 : QUANTITÉ ET VOLUME DE TRAFIC DE DONNÉES DANS LE MONDE



Volume de données sur le trafic IP mondial grand public de 2014 à 2019

(en pétaoctets par mois)





ANNEXE 4 : QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE (ADMINISTRÉ DU 21/03/22 AU 19/04/2022)

Bonjour,

Je réalise une étude sur l'utilisation des outils numériques, leur consommation et leur impact sur l'environnement, et souhaiterais connaître votre opinion.

Ce questionnaire ne vous prendra qu'une dizaine de minutes et me sera très utile dans la réalisation de mon travail. Aussi je vous remercie de bien répondre à chacune de ces questions et ceci jusqu'au bout, pour que votre contribution soit bien validée.

Vos données seront recueillies en toute confidentialité et anonymisées. Il n'y a ni bonne ni mauvaise réponse – seule votre opinion sincère m'intéresse.

Durée estimée: 10 minutes - 40 questions.

Merci d'avance pour votre participation!

1/ ÉVALUATION DE L'UTILISATION ET CONSOMMATION INDIVIDUELLE DES TIC

AMPLEUR DU PARC INFORMATIQUE

Q1. Pour commencer, combien de smartphone(s) possédez-vous au total pour votre usage personnel et professionnel ? (Une seule réponse possible) *Codage : NbPhone*

- 0
- 1
- 2
- Plus de deux

Q2. Combien d'ordinateur(s) fixe ou portable au total possédez-vous pour votre usage personnel ou professionnel ? (Une seule réponse possible) *NbOrdi*

- 0
- 1
- 2
- Plus de deux

Q3. Combien de tablette(s) au total possédez-vous pour votre usage personnel ou professionnel ? (Une seule réponse possible) *NbTabl*

- 0
- 1
- 2
- Plus de deux

Q4. A quelle fréquence renouvelez-vous votre smartphone ? (Une seule réponse possible) *ChgPhone*

- Tous les 12-18 mois
- Tous les 18-36 mois
- Tous les 3 à 4 ans
- Tous les 4 ans ou plus
- Je n'ai pas d'ordinateur portable



AMPLEUR DU PARC INFORMATIQUE	<p>Q5. En général, qu'est-ce qui vous pousse à changer de téléphone mobile ? (Une seule réponse possible) <i>Gaspi1</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> La sortie d'un nouveau modèle. J'aime avoir un appareil dernier cri.<input type="radio"/> Lorsque mon ancien appareil montre des signes de faiblesse. Pas question d'avoir un appareil sous-performant.<input type="radio"/> Quand j'en ai envie, tout simplement.<input type="radio"/> Je change d'appareil uniquement lorsque mon ancien appareil tombe en panne, qu'il est cassé et qu'il est trop compliqué ou trop coûteux de le réparer<input type="radio"/> Vous ne possédez pas de téléphone mobile. <p>Q6. A quelle fréquence renouvelez-vous votre ordinateur portable ? <i>ChgOrdi</i> <i>(Une seule réponse possible)</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Tous les 12-18 mois<input type="radio"/> Tous les 18-36 mois<input type="radio"/> Tous les 3 à 4 ans<input type="radio"/> Tous les 4 ans ou plus<input type="radio"/> Je n'ai pas d'ordinateur portable <p>Q7. Conservez-vous chez vous d'anciens téléphones ou ordinateurs que vous n'utilisez plus, dans l'attente de savoir quoi en faire ? (Une seule réponse possible) <i>Conserve</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Oui<input type="radio"/> Non <p>Q8. Avez-vous déjà acheté un smartphone, tablette ou ordinateur reconditionné ou de seconde main ? (Une seule réponse possible) <i>Recond</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Oui<input type="radio"/> Non
UTILISATION	<p>Q9. Combien de temps passez-vous connecté sur votre smartphone chaque jour ? (Une seule réponse possible) <i>TpsPhone</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> 0 à 60 minutes<input type="radio"/> Une heure à deux heures<input type="radio"/> Deux à trois heures<input type="radio"/> Trois à quatre heures<input type="radio"/> De quatre à cinq heures<input type="radio"/> Cinq heures ou plus <p>Q10. Combien de temps passez-vous connecté sur votre ordinateur chaque jour, en dehors de votre travail et activités professionnelles ? (Une seule réponse possible) <i>TpsOrdi</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> 0 à 60 minutes<input type="radio"/> Une heure à deux heures<input type="radio"/> Deux à trois heures<input type="radio"/> Trois à quatre heures<input type="radio"/> De quatre à cinq heures<input type="radio"/> Cinq heures ou plus



UTILISATION	<p>Q11. Combien de temps passez-vous connecté sur votre tablette chaque jour ? (une seule réponse possible) <i>TpsTablette</i></p> <ul style="list-style-type: none">○ 0 à 60 minutes○ Une heure à deux heures○ Deux à trois heures○ Trois à quatre heures○ De quatre à cinq heures○ Cinq heures ou plus <p>Q12. Combien de temps passez-vous quotidiennement sur ces applications, en dehors de vos activités professionnelles ? (0-1h 1-2h 2-3h 3-4h 4-5h 5h ou plus)</p> <ul style="list-style-type: none">○ Applications email ou bureautiques <i>Tps Appli 1</i>○ Applications vidéo ou streaming (Youtube, Netflix, etc) <i>Tps Appli 2</i>○ Applications de gaming ou jeux en ligne <i>Tps Appli 3</i>○ Applications audio (musique, podcast, radio) <i>Tps Appli 4</i>○ Réseaux sociaux (Facebook, Instagram, TikTok, etc) <i>Tps Appli 5</i>○ Sites d'information, journaux en ligne, blogs, influenceurs, autres lectures <i>Tps Appli 6</i> <p>Q13. Globalement, comment a évolué votre consommation d'internet au cours de cette dernière année ? (une seule réponse possible) <i>Consonet</i></p> <ul style="list-style-type: none">○ Elle a augmenté○ Elle a diminué○ Elle est restée constante
GASPILLAGE NUMÉRIQUE	<p>Q14. Vos habitudes numériques nous intéressent. Parmi les différents gestes listés ci-dessous, lesquels pratiquez-vous le plus ? (1. Jamais, 2 Rarement, 3 Parfois, 4 Souvent, 5 Très Souvent)</p> <ul style="list-style-type: none">○ Je stocke systématiquement mes fichiers/photos dans le cloud (même ceux superflus ou que je ne consulte plus) <i>Gaspi2</i>○ Je laisse généralement mon ordinateur en veille pendant la nuit, plutôt que de l'éteindre <i>Gaspi3</i>○ Il m'arrive de télécharger du contenu sur le net que je ne consulte jamais <i>Gaspi4</i>○ Je conserve tous mes messages dans ma boîte mail comme moyen d'archivage <i>Gaspi5</i>○ Je passe systématiquement par un moteur de recherche (Google, Bing...) pour me rendre sur un site Internet <i>Gaspi6</i>○ Je laisse ouvert les onglets dans mon navigateur internet, même lorsque que je ne les utilise plus <i>Gaspi7</i>○ Il m'arrive de faire du «binge-watching», c'est à dire regarder plusieurs épisodes à la suite d'une même série sur une plateforme de vidéo à la demande <i>Gaspi8</i>



2/ POSITIONNEMENT SUR LA POLLUTION ENVIRONNEMENTALE

CONNAISSANCE/ INTÉRÊT	<p>Q15. Dans quelle mesure vous intéressez-vous aux problématiques environnementales ? ConnaisEnvir</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Pas du tout intéressé(e)<input type="radio"/> Peu intéressé(e)<input type="radio"/> Indifférent(e)<input type="radio"/> Intéressé(e)<input type="radio"/> Très intéressé(e) <p>Q16. Dans quelle mesure êtes-vous sensible à la question du changement climatique ? SensiEnvir</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Pas du tout sensible<input type="radio"/> Peu sensible<input type="radio"/> Indifférent(e)<input type="radio"/> Sensible<input type="radio"/> Très sensible <p>Q17. Parmi les affirmations qui suivent, lesquelles vous correspondent le mieux ? <i>1. Pas du tout d'accord 2. Plutôt pas d'accord 3. Ni d'accord ni pas d'accord 4. Plutôt d'accord 5. Tout à fait d'accord</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Le réchauffement climatique constitue une menace pour l'humanité et il est urgent d'agir Interenvir1<input type="radio"/> Le gaspillage des ressources naturelles (eau, énergie, aliments) m'agace profondément Interenvir2<input type="radio"/> Je parle souvent d'écologie et environnement dans mon entourage Interenvir3
ATTITUDE	<p>Q18. Lesquels parmi ces gestes pratiquez-vous le plus afin de réduire votre consommation énergétique et votre empreinte environnementale ? <i>1 Jamais, 2 Rarement, 3 Parfois, 4 Souvent, 5 Très Souvent</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> J'éteins / baisse le chauffage dès que possible AttEnvir1<input type="radio"/> Je trie et recycle mes déchets AttEnvir2<input type="radio"/> Je privilégie les produits bio ou écologiques dans mes achats AttEnvir3<input type="radio"/> J'évite d'acheter des vêtements ou objets dont je n'ai pas réellement besoin AttEnvir4<input type="radio"/> J'évite les emballages plastiques lors de mes achats AttEnvir5<input type="radio"/> Je limite mes déplacements en voiture autant que possible AttEnvir6
PRÉOCCUPATION	<p>Q19. Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les déclarations ci-dessous ? <i>1. Pas du tout d'accord 2. Plutôt pas d'accord 3. Ni d'accord ni pas d'accord 4. Plutôt d'accord 5. Tout à fait d'accord</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Le réchauffement climatique est le problème le plus grave de notre époque PreocEnvir1<input type="radio"/> Je suis personnellement affecté(e) par le changement climatique PreocEnvir2<input type="radio"/> Je trouve que l'on parle beaucoup trop des questions d'écologie PreocEnvir3
RESPONSABILITÉ	<p>Q20. Parmi ces affirmations, lesquelles vous correspondent le mieux ? <i>1. Pas du tout d'accord 2. Plutôt pas d'accord 3. Ni d'accord ni pas d'accord 4. Plutôt d'accord 5. Tout à fait d'accord</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Je suis très impliqué(e) dans la lutte contre le réchauffement climatique RespEnvir1<input type="radio"/> Les actions individuelles sont inutiles en matière d'environnement, il s'agit d'un problème global RespEnvir2<input type="radio"/> Je pense qu'il est trop tard pour agir en matière de réchauffement climatique. RespEnvir3



PROACTIVITÉ	<p>Q21. Etes-vous impliqué(e) dans une association environnementale (type WWF, Greenpeace ou autre) ? <i>ActionEnvir1</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <p>Q22. Avez-vous déjà participé ou participez-vous à des évènements autour de la protection de l'environnement (type nettoyage d'une plage, ramassage de déchets, etc) ? <i>ActionEnvir2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <p>Q23. En matière de lutte contre le réchauffement climatique, vous pensez que: <i>1. Pas du tout d'accord 2. Plutôt pas d'accord 3. Ni d'accord ni pas d'accord 4. Plutôt d'accord 5. Tout à fait d'accord</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> C'est avant tout à l'état et/ou aux pouvoirs publics d'agir en matière d'environnement <i>ActionEnvir3</i> <input type="radio"/> C'est avant tout aux entreprises et/ou aux industriels d'agir en matière d'environnement <i>ActionEnvir4</i> <input type="radio"/> C'est avant tout aux individus d'agir, avec des petits gestes, tous les jours <i>ActionEnvir5</i> <p>Q24. Seriez-vous prêt(e) à payer plus (prix d'achat, impôts, contributions sociales, etc) si cela pouvait avoir un impact positif sur l'environnement ? <i>PayerPlus</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
FACTEURS D' INFLUENCE	<p>Q25. Parmi les éléments ci-dessous, lesquels expliquent ou influencent le plus vos choix écologiques ? <i>1. Pas du tout d'accord 2. Plutôt pas d'accord 3. Ni d'accord ni pas d'accord 4. Plutôt d'accord 5. Tout à fait d'accord</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Vos lectures dans la presse, blogs ou newsletters <i>InflEnvir1</i> <input type="radio"/> Vos lectures sur les réseaux sociaux <i>InflEnvir2</i> <input type="radio"/> Les rapports des comités scientifiques ou grands évènements (type COP) <i>InflEnvir3</i> <input type="radio"/> Des personnalités ou influenceurs sur le sujet (ex: Greta Thunberg, Yann Arthus-Bertrand, etc) <i>InflEnvir4</i> <input type="radio"/> Les documentaires, films ou vidéos sur le sujet <i>InflEnvir5</i> <input type="radio"/> Les recommandations ou obligations dictées par les pouvoirs publics <i>InflEnvir6</i> <input type="radio"/> Les recommandations ou obligations mises en place par mon employeur <i>InflEnvir7</i> <input type="radio"/> Les incitations financières (prix plus ou moins élevés) <i>InflEnvir8</i>

3/ POSITIONNEMENT SUR LA POLLUTION ENVIRONNEMENTALE NUMÉRIQUE

ATTITUDE	<p>(Pour mesurer l'attitude, nous nous baserons sur la question 15 autour du gaspillage)</p>
PRÉOCCUPATION	<p>Q26. Pour ce qui est du numérique, que pensez-vous des déclarations suivantes ? <i>1. Pas du tout d'accord 2. Plutôt pas d'accord 3. Ni d'Accord ni Pas d'Accord 4. Plutôt d'accord 5. Tout à fait d'accord</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Le numérique est sans danger pour l'environnement et permet de réduire drastiquement la pollution d'autres secteurs <i>PreocEnvDig1</i> <input type="radio"/> Les appareils informatiques (ordinateurs, smartphones) ont une consommation très faible en énergie <i>PreocEnvDig2</i> <input type="radio"/> Le recyclage des appareils électroniques dans mon pays est très efficace et permet de réduire les déchets de manière significative <i>PreocEnvDig3</i> <input type="radio"/> Le déploiement de la 5G est sans conséquences sur le plan sanitaire et environnemental <i>PreocEnvDig4</i> <input type="radio"/> La très forte augmentation des données numériques dans le monde n'a aucune conséquence à court terme <i>PreocEnvDig5</i>



RESPONSABILITÉ	<p>Q27. Encore un tout petit effort, nous y sommes presque. Voici encore une série d'affirmations sur le numérique. Qu'en pensez-vous ? <i>1. Pas du tout d'accord 2. Plutôt pas d'accord 3. Ni d'accord ni Pas d'accord 4. Plutôt d'accord 5. Tout à fait d'accord</i></p> <ul style="list-style-type: none">○ Il appartient à moi, utilisateur, de contrôler la consommation que je fais des outils numériques RespEnvDig1○ C'est aux opérateurs de mettre en place les règles adéquates pour encadrer l'utilisation des outils numériques RespEnvDig2○ C'est aux entreprises de mettre en place les règles adéquates pour encadrer l'utilisation des outils numériques RespEnvDig3○ Je fais confiance aux pouvoirs publics de mon pays pour réguler l'espace informatique et numérique et prendre en compte les impératifs énergie/climat RespEnvDig4○ Je fais confiance aux filières de recyclage de mon pays pour bien gérer les déchets informatiques RespEnvDig5
	<p>Q28. Votre employeur a-t-il mis en place des règles internes (type nettoyage boîte mail, extinction des PCs, limitation des téléchargements, etc) afin de réduire l'empreinte environnementale numérique de votre entreprise ? EmployDig</p> <ul style="list-style-type: none">○ Oui○ Non○ Je ne sais pas○ Je n'ai pas d'employeur
PROACTIVITÉ	<p>Q29. Pour limiter l'impact de vos activités numériques vous seriez prêt(e) à : <i>1. Pas du tout d'accord 2. Plutôt pas d'accord 3. Ni d'accord ni Pas d'accord 4. Plutôt d'accord 5. Tout à fait d'accord</i></p> <ul style="list-style-type: none">○ Réduire votre consommation d'internet de 30 minutes par jour ? ActionEnvDig1○ Limiter votre utilisation des réseaux sociaux de 30 minutes par jour ? ActionEnvDig2○ Limiter votre utilisation des applications de musique en ligne (type Spotify, Deezer, etc) ? ActionEnvDig3○ Réduire votre consommation de vidéos en streaming en ligne (sur Youtube, Netflix, Amazon Prime, etc) ? ActionEnvDig4○ Prendre le temps de nettoyer votre boîte mail chaque semaine/mois? ActionEnvDig5
FACTEURS D' INFLUENCE <small>(transmissibilité)</small>	<p>Q30. Parmi ces éléments, lesquels sont le plus susceptibles de vous convaincre d'adopter des habitudes digitales plus éco-responsables ? <i>1. Pas du tout d'accord 2. Plutôt pas d'accord 3. Ni d'accord ni Pas d'accord 4. Plutôt d'accord 5. Tout à fait d'accord</i></p> <ul style="list-style-type: none">○ Une meilleure information de la part des pouvoirs publics ou bien des régulateurs sur le sujet InflEnvDig1○ Une plus grande transparence de la part des pouvoirs publics ou bien des régulateurs sur le sujet InflEnvDig2○ Une visualisation concrète de l'impact environnemental du digital (étiquetage ou signalement sur les produits/services consommés) InflEnvDig3○ Un meilleur encadrement des tarifs, non plus illimités mais indexés sur la consommation réelle InflEnvDig4○ Des actions d'éducation pour apprendre à prioriser les usages du net InflEnvDig5



CONNAISSANCE

Q31. Le secteur numérique, les technologies de l'information et de la communication (5G, cloud, etc), ont un impact conséquent sur l'environnement. A quel point en avez-vous conscience ? *ConnaisEnvDig1*

- Pas du tout
- Très peu
- Indifférent
- Un peu
- Tout à fait

Q32. Près de 4 % des émissions de CO2 dans le monde sont dues à la production et à l'utilisation de systèmes numériques. En avez-vous conscience ? *ConnaisEnvDig2*

- Pas du tout
- Très peu
- Indifférent
- Un peu
- Tout à fait

Q33. D'ici 2030, près de 10% de la production d'électricité dans le monde pourrait être engloutie par les data centers. En avez-vous conscience ? *ConnaisEnvDig3*

- Pas du tout
- Très peu
- Indifférent
- Un peu
- Tout à fait

Q34. Le visionnage de vidéos en ligne a généré plus de 300 millions de tonnes de CO2 en 2018, soit près de 1% des émissions de gaz à effet de serre - l'équivalent des émissions d'un pays comme l'Espagne. En avez-vous conscience ? *ConnaisEnvDig4*

- Pas du tout
- Très peu
- Indifférent
- Un peu
- Tout à fait

Q35. Une simple requête sur un moteur de recherche (Google, Bing ou autre) produit environ 7 grammes de CO2 en raison des immenses quantités d'énergie consommée par les nombreux serveurs associés. En avez-vous conscience ? *ConnaisEnvDig5*

- Pas du tout
- Très peu
- Indifférent
- Un peu
- Tout à fait



4/ FICHE SIGNALÉTIQUE

ÂGE	Q37. Pourriez-vous indiquer votre âge ? (Saisir simplement le nombre d'années) <i>Age</i> _____
SEXE	Q36. Merci pour vos réponses jusqu'ici. Maintenant dites-moi si vous êtes: <i>Sexe</i> <input type="radio"/> Un homme <input type="radio"/> Une femme
CSP	Q38. Quelle est votre catégorie socio-professionnelle ? (Un seul choix possible) <i>Csp</i> <input type="radio"/> Agriculteur(trice) exploitante <input type="radio"/> Artisan / commerçant(e) / chef d'entreprise <input type="radio"/> Cadre et profession intellectuelle supérieure <input type="radio"/> Profession intermédiaire <input type="radio"/> Profession libérale / travailleur indépendant(e) <input type="radio"/> Employé(e) <input type="radio"/> Ouvrier/ère <input type="radio"/> Retraité(e) <input type="radio"/> Étudiant(e) <input type="radio"/> Sans activité professionnelle Q39. Quel est votre niveau d'études (Un seul choix possible) <i>Etude</i> <input type="radio"/> Niveau inférieur au bac <input type="radio"/> Niveau bac ou équivalent <input type="radio"/> Bac +2 (DUT, BTS,...) <input type="radio"/> Licence (bac +3) <input type="radio"/> Master (bac +5) <input type="radio"/> Doctorat (bac +8)
SITUATION PROFESSIONNELLE	Q40. Etes-vous : <i>Statut</i> <input type="radio"/> Célibataire sans enfant <input type="radio"/> Célibataire avec enfant(s) <input type="radio"/> En couple/marié(e)/PACsé(e) sans enfants <input type="radio"/> En couple/marié(e)/PACsé(e) avec enfant(s) <input type="radio"/> Veuf(ve)
LOCALISATION	Q41. Dans quel pays résidez-vous ? <i>Pays</i> _____

ANNEXE 5 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE

Nombre de smartphone	0 : 1,2% 1 : 74,7% 2 : 21% 2+ : 3,1%	Les $\frac{3}{4}$ de notre échantillon n'ont qu'un seul téléphone
Nombre d'ordinateurs	0 : 3,1% 1 : 48,8% 2 : 42,6% 2+ : 5,6%	La majorité a un ou deux ordinateurs
Nombre de tablettes	0 : 52,5% 1 : 43,2% 2 : 3,1% 3 : 1,2%	52,5% n'ont pas de tablette
Renouvellement du smartphone	12-18 mois : 4,3% 18-36 mois : 27,8% 3-4ans : 37% 4 ans+ : 29%	
Renouvellement de l'ordinateur	12-18 mois : 0,6% 18-36 mois : 6,8% 3-4ans : 15,4% 4ans+ : 66,7% N/A : 10,5%	
Nombre d'heures quotidiennes sur Smartphone	0-1h : 13,2% 1-2h : 25,8% 2-3h : 21,4% 3-4h : 22,76% 4-5h : 5,7% 5h+ : 11,13%	
Nombre d'heures quotidiennes sur Ordinateur	0-1h : 54,3% 1-2h : 21% 2-3h : 11,1% 3-4h : 3,7% 4-5h : 4,3% 5h+ : 5,6%	
Nombre d'heures quotidiennes sur Tablette	0-1h : 68,8% 1-2h : 15,6% 2-3h : 8,5% 3-4h : 3,9% 4-5h : 5,2%	
Achat d'appareil reconditionné ?	Non : 63% Oui : 37%	Plus de 60% n'ont jamais acheté d'appareils reconditionnés.
Conservation d'anciens appareils ?	Non : 21,6% Oui : 78,14%	Plus des $\frac{3}{4}$ de notre échantillon conserve ses anciens appareils en attendant de savoir quoi en faire.
Evolution de la consommation d'internet	Augmente : 53,7% Stagne : 38,9% Diminue : 7,4%	En majorité la consommation augmente.
Règles de Green I.T. chez l'employeur	Oui : 14,2% Non : 37,7% N/A : 32,1% Ne sait pas : 16%	



Prêt à payer plus pour l'environnement ?	Non : 30,9% Oui : 69,1%	
Sexe	Femme : 75,2% Homme : 24,8%	Les $\frac{3}{4}$ de notre échantillon sont des femmes.
Niveau d'étude	Inf. au Bac : 8,1% Bac: 11,8% Bac+2: 11,8% Bac+3: 17,4% Bac+5: 43,8% Bac +8: 6,8% :	68,2% niveau Bac+3 ou plus. La moitié de notre échantillon est de niveau Bac +5 ou plus.
Pays de résidence	France : 61.5% USA : 9,2% Israel : 2,5% Others : 26,8%	La grande majorité de nos répondants résident en France. Une trop faible quantité de répondants résident dans le reste du monde, c'est pourquoi nous ne ferons pas d'analyse de segmentation géographiques.

ANNEXE 6 : PRÉSENTATION DES TESTS D'ANALYSE

1/ TEST DE CORRÉLATION DE PEARSON – ÂGE

Nous avons effectué une série de tests afin de tester la relation entre la variable quantitative Âge et les autres variables quantitatives de notre questionnaire, liées à l'environnement/environnement digital, afin de voir s'il existait un lien entre l'âge et le positionnement du consommateur sur l'environnement / environnement digital.

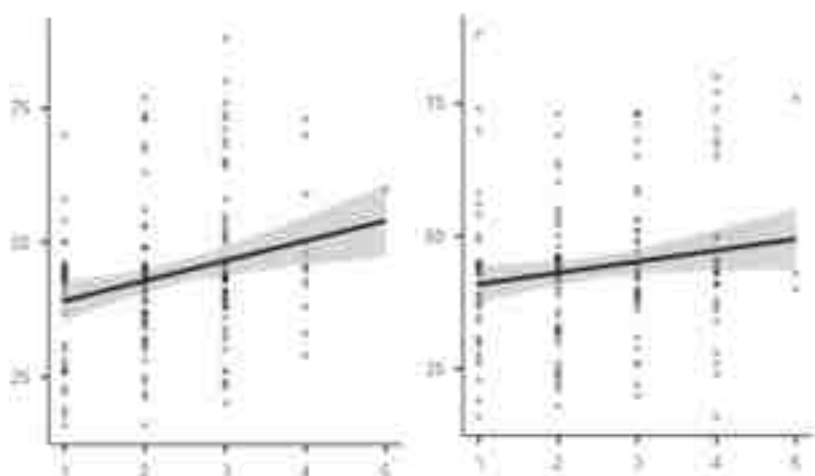
Nous posons pour chacune de ces variables, $H_0 : r(\text{âge} ; \text{variable}) = 0$

Nous indiquons ci-dessous les différentes variables pour lesquelles nous avons rencontré un p-value < 0.05, qui indique qu'on ne rejette pas H_0 et donc qu'il y a un lien linéaire entre la variable âge et l'autre variable concernée.

- **Variable Âge & Préoccupation Environnement Digital 1** (p-value = 0.002)
- **Variable Âge & Préoccupation Environnement Digital 3** (p-value = 0.040)

Tel qu'indiqué dans le tableau Correlation Matrix ci-dessous, le R de Pearson est de 0,245 et 0.163 pour ces deux variables respectivement, indiquant une corrélation positive mais très faible – comme en témoigne aussi le graphique ci-dessous. La préoccupation sur l'environnement digital étant notée de manière inversée (un score de 1 à 2 démontrant une forte préoccupation), on en déduit que la préoccupation sur l'environnement digital diminue en fait avec l'Âge. Elle est donc plus forte dans les populations jeunes.

		Age	PreocEnvDig1	PreocEnvDig3
Age	Pearson's r	—		
	p-value	—		
PreocEnvDig1	Pearson's r	0.245**	—	
	p-value	0.002	—	
PreocEnvDig3	Pearson's r	0.163*	0.385***	—
	p-value	0.040	< .001	—



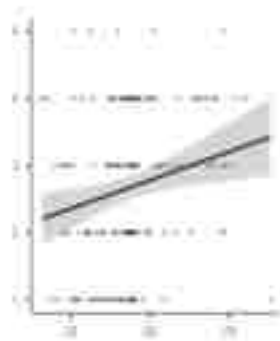
- **Âge - preocc envir Digital 1**

- **Âge - Preocc envir Digital 3**

- **Lien entre l'âge et la confiance aux filiales du recyclage** (p-value = 0.009)

Tel qu'indiqué dans le tableau Correlation Matrix ci-dessous, $p = 0.009$, donc on rejette H_0 , et il y a bien un lien entre ces deux variables. Le R de Pearson est de 0,207, indiquant une corrélation positive mais très faible – comme en témoigne aussi le graphique ci-dessous. On en déduit que la confiance dans les filières du recyclage augmente avec l'Âge. Les jeunes ont moins confiance dans le recyclage que les populations plus âgées..

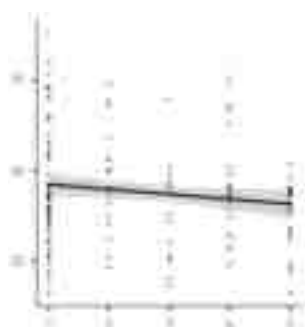
		Age	RespEinvDig5
Age	Pearson's r	---	---
	p-value	---	---
RespEinvDig5	Pearson's r	0.207**	---
	p-value	0.009	---



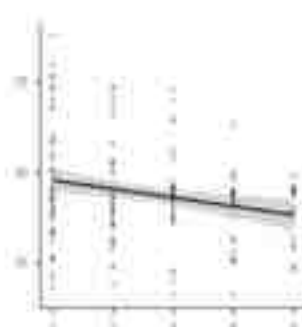
- **Variable Âge & Gaspillage Digital 2** (ordinateur laissé en veille) (p-value = 0.049)
- **Variable Âge & Gaspillage Digital 7** (onglets laissés ouverts) (p-value = 0.004)
- **Variable Âge & Gaspillage Digital 8** (binge watching) (p-value < 0.001)

Le R de Pearson est négatif pour ces trois variables, et indique une corrélation relativement faible – comme le montrent les graphiques ci-dessous. Cela signifie que plus l'âge augmente, moins ces comportements de gaspillage digital sont fréquents – plus l'âge diminue, plus ces comportements de gaspillage sont fréquents. Ces comportements sont donc plus fréquents dans les populations jeunes.

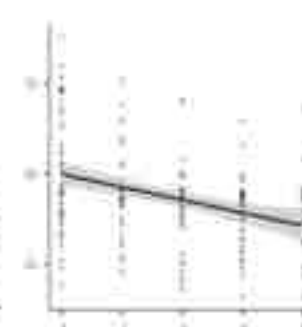
		Age	GaspD2	GaspD7	GaspD8
Age	Pearson's r	---	---	---	---
	p-value	---	---	---	---
GaspD2	Pearson's r	-0.156*	---	---	---
	p-value	0.049	---	---	---
GaspD7	Pearson's r	-0.230**	0.379***	---	---
	p-value	0.004	< .001	---	---
GaspD8	Pearson's r	-0.335***	0.132	0.233**	---
	p-value	< .001	0.093	0.003	---



Corrélation Âge & Gaspillage Digital 2



Corrélation Âge & Gaspillage Digital 7



Corrélation Âge & Gaspillage Digital 8

2/ TEST T DE COMPARAISON DE MOYENNE – SEXE

Nous avons effectué ce test afin de tester la relation entre la variable qualitative Sexe (à deux modalités) et une série d'autres variables quantitatives liées à l'environnement, afin de voir s'il existait un lien entre le sexe et le positionnement au regard de l'environnement, et donc une différence entre hommes et femmes. Voici le détail des tests effectués, qui se sont révélés positifs :

- Variable Sexe & InterEnv1
- Variable Sexe & AttEnv3
- Variable Sexe & AttEnv5

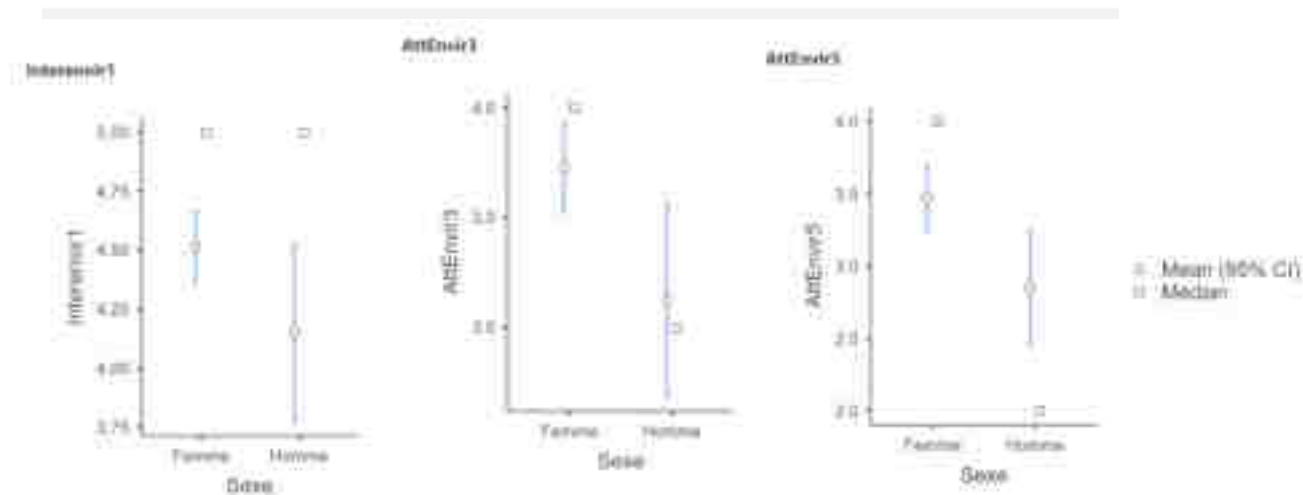
Nous posons H_0 : la moyenne de femme = la moyenne de homme sur ces trois variables

Pour chacune de ces trois variables, le tableau Independent Samples-T-Test de Jamovi ci-dessous montre que : $p\text{-value} < 0.05$, donc on rejette H_0 . **Les moyennes sont différentes et il y a bien un lien entre le sexe et l'intérêt pour l'environnement, le sexe et l'attitude 2 et l'attitude 3 face à l'environnement (soit les achats de produits biologiques et le contournement du plastique).**

Mean Difference est positif, aussi comme l'indique les trois graphiques ci-dessous, cette différence est au bénéfice des femmes : celles-ci montrent plus d'intérêt que les hommes à l'environnement et affichent des attitudes plus pro-environnementales.

		Statistic	df	p	Mean difference	SE difference
InterEnv1	Student's t	2.09*	159	0.038	0.362	0.173
AttEnv3	Student's t	2.70*	159	0.008	0.602	0.223
AttEnv5	Student's t	2.66	159	0.009	0.621	0.234

* Levene's test is significant ($p < .05$), suggesting a violation of the assumption of equal variances.



Nous avons ensuite testé la relation entre la variable qualitative Sexe et une série d'autres variables liées à l'environnement digital afin de voir s'il existait un lien entre le sexe et le positionnement au regard de l'environnement digital. Les tests qui se sont révélés positifs sont :

- Variable Sexe & Préoccupation Environnement Digital2
- Variable Sexe & Préoccupation Environnement Digital4

- Variable Sexe & Préoccupation Environnement Digital5
- Variable Sexe & Action Environnement Digital4
- Variable Sexe & Action Environnement Digital5

Nous posons H_0 : la moyenne de femme = la moyenne de homme sur ces cinq variables

Pour chacune de ces trois variables, le tableau Independent Samples-T-Test de Jamovi ci-dessous montre que : p -value < 0.05, donc on rejette H_0 . **Les moyennes sont différentes et il y a bien un lien entre le sexe et la préoccupation de l'environnement digital (#3, 4 et 5), et le sexe et la proactivité en matière d'environnement digital.**

Mean Difference est négatif pour les trois variables de préoccupation environnement digital, donc cette différence est au bénéfice des hommes. Toutefois comme les questions étaient posées de manière inversée (une réponse défavorable quantifiée 1 ou 2 exprimant une préoccupation), cette différence signifie bien que les femmes montrent plus de préoccupation au sujet de l'environnement digital (ici en particulier la consommation énergétique des appareils, la 5G et le volume de données) que les hommes.

Mean Difference est positif pour les deux variables de proactivité, donc cette différence est au service des femmes, ce qui signifie que les femmes sont plus proactives que les hommes pour ce qui est de l'environnement digital, soit ici davantage prêtes à limiter leur consommation de vidéo, et nettoyer leur boîte mail.

		Statistic	df	p	Mean difference	SE difference
PreocEnvDig2	Student's t	-4.10	159	< .001	-0.676	0.165
PreocEnvDig4	Student's t	-4.25	159	< .001	-0.716	0.168
PreocEnvDig5	Student's t	-3.22	159	0.002	-0.506	0.157
ActionEnvDig4	Student's t	2.42	159	0.017	0.527	0.218
ActionEnvDig5	Student's t	2.34	159	0.021	0.431	0.185

3/ ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE

Nous avons effectué plusieurs analyses en composante principale, sur chacune de nos 5 variables (Connaissance, Préoccupation, Responsabilité, Attitude et Proactivité) afin de voir s'il nous était possible de regrouper les diverses variables qui les composent en facteurs d'analyse plus puissants, de manière à simplifier la structure factorielle et réduire les ambiguïtés d'interprétation.

Seules les variables sous la variable Responsabilité Envir Dig. remplissent à la fois le critère de Kaiser et le critère du pourcentage de variance expliquée. Nous avons retenu dans le tableau Eigenvalue sur Jamovi, 3 composantes principales qui remplissent ces deux critères. Le tableau Component Loading ci-dessous indique aussi que toutes les variables ont une contribution factorielle supérieure à 0.5 et respectent le critère de l'écart de contribution factorielle qui doit être supérieur à 0,4. Nous retenons donc trois nouveaux facteurs :

- RespEnvDig 1 = Responsabilité Individuelle
- RespEnvDig 2 + RespEnvDig 3 = Responsabilité Corporative
- RespEnvDig 4 + RespEnvDig 5 = Responsabilité Publique

Component	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %
1	1.755	35.11	35.1
2	1.384	27.69	62.8
3	1.021	20.41	83.2
4	0.542	10.84	94.0
5	0.298	5.96	100.0

	Component			Unrotated
	1	2	3	
ResponEnv1			0.982	0.9340
SensiEnv1	0.802			0.7480
InterEnv1	0.876			0.8100
ResponEnv2		0.886		0.8140
SensiEnv2		0.847		0.7880

Ainsi que l'indiquent les deux tableaux reliability analysis, ces deux nouveaux facteurs ont un Alpha de Cronbach > 0.7, et peuvent donc être validés.

Reliability Analysis

Cronbach's α	
scale	0.820

4/ ANALYSE EN REGRESSION LINÉAIRE – INTERCONNECTIVITÉ DES VARIABLES

Nous avons effectué une série de régressions linéaires afin de démontrer les liens entre nos différentes variables. Nous ne présenterons ici que celles qui se sont révélées pertinentes et exploitables.

A. Étude de l'influence de la Connaissance et de la Responsabilité sur la Préoccupation

Nous posons l'équation de ce modèle de régression :

H_0 : $PreoccEnvir1(i) = \beta_0 + \beta_1 SensiEnvir(i) + \beta_2 InterEnvir1(i) + \beta_3 RespEnvir1(i)$ avec $i = 1, 2, \dots, 162$ (car 0 missing) ; tous les paramètres sont nuls sauf la constante.

Nous posons H_0 : Il y a indépendance entre PreoccEnvir1, SensiEnvir, InterEnvir1 et RespEnvir1, soit H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ (tous les paramètres sont nuls sauf la constante).

Dans le tableau Linear Regression ci-dessous, $P < 0,5\%$ donc on ne rejette pas H_0 , le modèle est globalement significatif et il y a bien un lien de dépendance entre les quatre variables.

Le R^2 est de 0.617, ce qui signifie que **61,7% de la préoccupation en matière d'environnement s'explique par la connaissance (plus précisément la sensibilité et l'intérêt) et la responsabilité individuelle face à l'environnement.**

Nous allons à présent tester la significativité de chaque variable exogène, en posant pour chacune comme hypothèse H_0 : $\beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \beta_3 = 0$. Ces trois variables SensiEnvir, InterEnvir1, RespEnvir1 ont une P-value inférieure à 5%, donc nous pouvons rejeter H_0 , ce qui signifie que chacune de ces trois variables est significative.

- Pour la variable SensiEnvir, Estimate = 0,219 – Il s'agit d'une variable quantitative sans unité, donc cette valeur positive signifie que cette variable a une influence positive sur la

Connaissance des enjeux environnementaux. Plus le consommateur est sensible à la thématique de l'environnement, plus il/elle en est préoccupé(e).

- Pour la variable InterEnvir1, Estimate = 0,574 – Il s'agit d'une variable quantitative sans unité, donc cette valeur positive signifie que cette variable a une influence positive sur la Connaissance des enjeux environnementaux. Plus le consommateur s'intéresse à la thématique de l'environnement, plus il/elle en est préoccupé(e).
- Pour la variable RespEnvir1, Estimate = 0,201 – Il s'agit d'une variable quantitative sans unité, donc cette valeur positive signifie que cette variable a une influence positive sur la Connaissance des enjeux environnementaux. Plus le consommateur est impliqué dans la lutte environnementale, plus il/elle en est préoccupé(e).

Linear Regression

Model Summary						
Model	R	R ²	Overall Model Test			
			F	df1	df2	p
1	0,266	0,075	45,2	3	138	< ,001

Model Coefficients - PreocEnv1					
Parameter	Variable	B	SE	t	Signif. (2-tailed)
Intercept		-4,288	0,2627	-16,30	< ,001
InterEnvir1		0,574	0,0805	7,13	< ,001
RespEnvir1		0,201	0,0844	2,38	0,021

B. Etude de l'influence de la Responsabilité individuelle sur la Préoccupation en matière d'Environnement digital

Nous posons l'équation de ce modèle de régression : $H_0 : \text{PréocEnvDig1}(i) = \beta_0 + \beta_1 \text{RespEnvDig4}(i)$ avec $i = 1, 2, \dots, 162$ (car 0 missing) ; tous les paramètres sont nuls sauf la constante.

Nous supposons qu'il y a indépendance entre PréocEnvDig1 et RespEnvDig4, soit $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$ (tous les paramètres sont nuls sauf la constante).

Dans le tableau Linear Regression ci-dessous, on constate que $P < 0,5\%$ donc on ne rejette pas H_0 , le modèle est globalement significatif et il y a bien un lien de dépendance entre les deux variables.

Le R^2 est de 0.0705, ce qui signifie que 7,05% de la dispersion de la variable préoccupation au sujet de la pollution digitale s'explique par la responsabilité individuelle.

Standard Estimate = 0,266 – Cette valeur positive pour cette variable quantitative sans unité. Cela signifie que cette variable a une influence positive sur la Préoccupation face à la pollution digitale. Cependant la Préoccupation est notée de manière inversée (1 et 2 indiquant une forte préoccupation), on en conclut que lorsque la responsabilité individuelle augmente, la préoccupation diminue.

Linear Regression

Model Fit Statistics

Model	R	R ²	Overall Model Test			
			F	df1	df2	p
1	0.486	0.236	12.1	1	162	<.001

Model Coefficients - PreocEnvDig1

Predictor	Estimate	SE	t	p	Stand. Estimate
Intercept	1.212	0.1524	7.958	<.001	
ConnaisEnvDig1	-0.186	0.0546	-3.408	<.001	-0.265

C. Etude de l'influence de la Connaissance sur la Préoccupation en matière de pollution digitale

Nous posons l'équation de ce modèle de régression : $H_0: \text{PréocEnvDig1}(i) = \beta_0 + \beta_1 \text{ConnaisEnvDig1}(i)$ avec $i = 1, 2, \dots, 162$ (car 0 missing) ; tous les paramètres sont nuls sauf la constante.

Nous supposons qu'il y a indépendance entre PréocEnvDig1 et ConnaisEnvDig1, soit $H_0: \beta_1 = 0$ (tous les paramètres sont nuls sauf la constante).

Dans le tableau Linear Regression ci-dessous, on constate que $P < 0,5\%$ donc on rejette H_0 , le modèle est globalement significatif et il y a bien un lien de dépendance entre les deux variables.

Le R² est de 0.236, ce qui signifie que **23,6% de la variation de la Préoccupation au sujet de la pollution digitale s'explique par la Connaissance de la pollution digitale.**

Estimate = -0.186 – Cette variable quantitative étant sans unité, cette valeur négative signifie que cette variable a une influence négative sur la Préoccupation autour de la pollution digitale. Cependant puisque cette variable (la Préoccupation) est mesurée de manière inversée (1 et 2 indiquant une forte préoccupation), on en conclut que lorsque la Connaissance augmente, la Préoccupation augmente.

Linear Regression

Model Fit Statistics

Model	R	R ²	Overall Model Test			
			F	df1	df2	p
1	0.226	0.052	4.4	1	162	0.032

Model Coefficients - PreocEnvDig1

Predictor	Estimate	SE	t	p	Stand. Estimate
Intercept	1.505	0.2485	6.057	<.001	
ConnaisEnvDig1	-0.186	0.0805	-2.307	0.022	-0.231

D. Étude du lien entre Action en matière de pollution digitale, Connaissance et Préoccupation

Nous posons l'équation de ce modèle de régression : $H_0 : \text{ActionEnvDig1}(i) = \beta_0 + \beta_1 \text{ConnaisEnvDig1}(i) + \beta_2 \text{ConnaisEnvDig1}(i) + \beta_3 \text{PréocEnvDig1}(i)$ avec $i = 1, 2, \dots, 162$ (car 0 missing) ; tous les paramètres sont nuls sauf la constante.

Nous présumons qu'il y a indépendance entre ActionEnvDig1, ConnaisEnvDig1, ConnaisEnvDig2 et PréoccEnvDig1, soit $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ (tous les paramètres sont nuls sauf la constante).

Dans le tableau Linear Regression ci-dessous, $P < 0,5\%$ donc on ne rejette pas H_0 , le modèle est globalement significatif et il y a bien un lien de dépendance entre les quatre variables.

Le R^2 est de 0.122, ce qui signifie que **12,2% de la dispersion de l'Action autour de la pollution digitale s'explique par les trois variables ConnaisEnvDig1, ConnaisEnvDig2 et PréoccEnvDig1.**

Nous allons à présent tester la significativité de chaque variable exogène, en posant pour chacune comme hypothèse $H_0 : \beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \beta_3 = 0$. Ces trois variables ConnaisEnvDig1, ConnaisEnvDig2 et PréoccEnvDig1 ont une P-value inférieure à 5%, donc nous pouvons rejeter H_0 , ce qui signifie que chacune de ces trois variables est significative.

- Pour la variable ConnaisEnvDig1, Estimate = 0,376 – Il s'agit d'une variable quantitative sans unité, donc cette valeur positive signifie que cette variable a une influence positive sur l'Action sur la pollution digitale. Plus le consommateur a connaissance du problème de la pollution digitale, plus il est prêt à agir.
- Pour la variable ConnaisEnvDig2, Estimate = -0,182 – Il s'agit d'une variable quantitative sans unité, donc cette valeur négative signifie que cette variable a une influence négative sur l'Action sur la pollution digitale. Plus le consommateur a connaissance du problème de la pollution digitale (ici en particulier les émissions de CO2 liées au secteur), moins il est prêt à agir.
- Pour la variable PréoccEnvDig1, Estimate = -0,243 – Il s'agit d'une variable quantitative sans unité, donc cette valeur négative signifie que cette variable a une influence négative sur l'Action sur la pollution digitale. Or comme notre question sur la préoccupation est phrasée de manière inversée (un score de 1 ou 2 signifiant une forte préoccupation), on en déduit que plus le consommateur est préoccupé par la pollution digitale, plus il est prêt à agir.

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	Overall Model Test			
			F	DF1	DF2	p
1	0.345	0.122	7.52	3	158	< .001

Model Coefficients - ActionEnvDig1

Predictor	Estimate	SE	t	p	Standard Estimate
Intercept	5.382	0.4072	13.21	< .001	
ConnaisEnvDig1	0.376	0.1151	3.27	0.001	0.382
ConnaisEnvDig2	-0.182	0.0602	-3.01	0.004	-0.152
PréoccEnvDig1	-0.243	0.0962	-2.53	0.012	-0.194

De ces deux dernières régressions, nous pouvons conclure que plus un consommateur a connaissance du problème de la pollution digitale, plus il/elle en est préoccupé(e), et plus il/elle a tendance à agir.

5/ TEST DE CORRÉLATION LINEAIRE DE PEARSON – Variables environnement & environnement digital

Nous avons effectué une série de tests afin d'analyser la relation entre chacune des variables quantitatives de la section *environnement* et les variables quantitatives correspondantes de la section *environnement digital*, afin de voir si les prédispositions du consommateur sur l'environnement se traduisait dans l'environnement digital.

Nous posons pour chacune de ces variables, $H_0 : r(\text{variable XEnv} ; \text{variable XEnvdig}) = 0$

Nous indiquons ci-dessous uniquement les différentes variables pour lesquelles nous avons rencontré une p-value < 0.05, qui indique qu'on ne rejette pas H_0 et donc qu'il y a un lien linéaire entre la variable Env et la variable correspondante EnvDig.

Test 1 : Lien entre variable Préoccupation Environnement & Préoccupation Environnement Digital

- P-value = 0.005, donc on rejette H_0 et il y a bien un lien entre ces deux variables.
- Le R de Pearson est de -0,218, indiquant une corrélation négative mais très faible. La Préoccupation sur l'environnement digital étant notée de manière inversée (un score de 1 à 2 démontrant une forte préoccupation), on en déduit que la Préoccupation sur l'environnement digital augmente lorsque la Préoccupation sur l'environnement augmente.

		PreocEnvir3	PreocEnvDig1
PreocEnvir3	Pearson's r	==	==
	p-value	==	==
PreocEnvDig1	Pearson's r	-.21877	==
	p-value	.005	==

Non. * p < .05. ** p < .01. *** p < .001.

Nous avons répété ce même test avec une autre variable de cette catégorie PréocEnvir3 et obtenu un résultat similaire p-value < 0.01, et un R de Pearson de 0,268, confirmant ainsi une relation faiblement positive entre ces deux variables.

		PreocEnvir3	PreocEnvDig1
PreocEnvir3	Pearson's r	==	==
	p-value	==	==
PreocEnvDig1	Pearson's r	.268***	==
	p-value	< .001	==

Non. * p < .05. ** p < .01. *** p < .001.

Nous pouvons donc en conclure qu'il existe bien un lien entre la préoccupation sur l'environnement et la préoccupation sur l'environnement digital chez les consommateurs de notre échantillon.

Test 2 : Lien entre variable Connaissance Environnement & Connaissance Environnement Digital

- P-value = 0.002, donc on rejette H_0 et il y a bien un lien entre ces deux variables.
- Dans le tableau Correlation Mix ci-dessous, le R de Pearson est de -0,241, indiquant une corrélation positive mais très faible entre ces deux variables. On en déduit que la connaissance sur les thématiques environnementales et la connaissance sur les thématiques de la pollution digitales sont liées. Plus un consommateur est conscient des problèmes environnementaux, plus il/elle est conscient aussi du problème de la pollution numérique.

Corrélation Matrice

		ConnaissEnvir	ConnaissEnvirDigt
ConnaissEnvir	Pearson's r	1	
	p-value		
ConnaissEnvirDigt	Pearson's r	0,241**	1
	p-value	0,002	

Note. * p < .05. ** p < .01. *** p < .001.

Nous avons répété ce même test avec deux autres variables de cette catégorie Connaissance Environnement : SensiEnvir qui mesure la sensibilité à la question environnementale, et Interenvir3 qui mesure l'intérêt pour les questions environnementales 3 et obtenu un résultat similaire p-value=0.002/R de Pearson de 0,242 et p-value=0.016/R de Pearson de 0,190, confirmant également une relation faiblement positive entre ces deux variables.

Corrélation Matrice

		SensiEnvir	ConnaissEnvirDigt
SensiEnvir	Pearson's r	1	
	p-value		
ConnaissEnvirDigt	Pearson's r	0,241**	1
	p-value	0,002	

Note. * p < .05. ** p < .01. *** p < .001.

Corrélation Matrice

		Interenvir3	ConnaissEnvirDigt
Interenvir3	Pearson's r	1	
	p-value		
ConnaissEnvirDigt	Pearson's r	0,190*	1
	p-value	0,016	

Note. * p < .05. ** p < .01. *** p < .001.

Nous pouvons donc en conclure qu'il existe bien un lien entre la connaissance en matière d'environnement et la connaissance en matière d'environnement digital chez les consommateurs de notre échantillon.

Test 3 : Lien entre variable Attitude Environnement & Attitude Environnement Digital

Dans un premier temps nous avons tenté de réaliser une analyse en composante principale afin de redimensionner les différentes variables regroupées sous la thématique Attitude Environnement, mais n'avons pas satisfait aux critères méthodologiques pour justifier cela. De même avec les variables Attitudes Environnement Digital (Gaspillage) : nous n'avons pas pu regrouper ces différentes variables. Aussi nous avons procédé à une série d'analyses bivariées entre chacune des variables de cette catégorie, à la fois du côté environnement et environnement digital.

Sur la trentaine de tests bivariés qui ont été effectués entre les différentes variables de la catégorie Attitude croisés avec les différentes variables de la catégorie Attitude Environnement Digital, seuls trois ont été concluant, ce qui est peu. Nous avons pris le parti de ne pas tirer de conclusion positive de ces résultats, et trancherons pour établir une absence de corrélation entre les attitudes du consommateur envers l'environnement, et ses attitudes envers l'environnement digital.

Une possible explication tient à la composition de nos questions sur l'attitude : questions très situationnelles dans notre enquête, sondant le répondant sur des attitudes et gestes précis. Aussi il nous semble finalement logique qu'il n'y ait pas de lien entre ces différents gestes dans le monde réel (ex : éviter les déplacements en voiture) et le monde virtuel (laisser ouvert ses onglets dans son navigateur web). Mais l'on peut aussi en tirer d'autres conclusions.

Test 4 : Lien entre variable Responsabilité Environnement & Responsabilité Environnement Digital

Nous avons testé la relation entre plusieurs variables de cette catégorie, respectivement dans la section environnement et environnement digital.

Pour commencer entre RespEnvir2 et RespEnvDig1, deux variables qui testent toutes deux la responsabilité individuelle. Dans le tableau Correlation Matrix ci-dessous :

- P-value < 0.01, donc on rejette H0 et il y a bien un lien entre ces deux variables.
- Le R de Pearson est de -0,322 indiquant une corrélation négative mais faible. La question sur la responsabilité individuelle au sujet de l'environnement étant formulée de manière négative (un score de 1 à 2 démontrant un fort niveau de responsabilité individuelle), on en déduit que la responsabilité en matière d'environnement est couplée avec la responsabilité en matière d'environnement digital. Plus un consommateur perçoit sa responsabilité individuelle en matière d'environnement, plus il perçoit également un niveau de responsabilité individuelle dans l'environnement digital.

		RespEnvir2	RespEnvDig1
RespEnvir2	Pearson's r	—	—
	p-value	—	—
RespEnvDig1	Pearson's r	-0,322	—
	p-value	< .001	—

Afin de consolider ces conclusions, nous avons poursuivi en analysant la relation entre d'autres variable de cette catégorie dans les deux sections. Nous avons trouvé un lien également entre RespEnvir3 (qui mesure le fatalisme en matière d'environnement) et RespEnvDig1 (responsabilité en matière d'environnement digital). Dans le tableau Correlation Matrix ci-dessous :

- P-value = 0.005, donc on rejette H0 et il y a bien un lien entre ces deux variables.
- Le R de Pearson est de -0,221 indiquant une corrélation négative mais faible. On en déduit que plus un consommateur rejette toute fatalité en matière d'environnement, plus il/elle perçoit sa responsabilité individuelle au sujet de l'environnement digital.

		RespEnvir3	RespEnvDig1
RespEnvir3	Pearson's r	—	—
	p-value	—	—
RespEnvDig1	Pearson's r	-0,221	—
	p-value	0,005	—

Nous notons donc un lien entre le sens de responsabilité écologique individuelle du consommateur dans l'environnement réel, et sa responsabilité écologique individuelle dans l'environnement digital.

Test 5 : Lien entre variable Action Environnement & Action Environnement Digital

Enfin nous avons testé le lien entre les variables Action de nos deux sections. Tout comme pour la catégorie Attitude, nous n'avons pas trouvé de lien très fort entre les variables Action de nos deux sections. De manière intéressante, la variable ActionEnvir5 (action de faire des petits gestes tous les jours pour l'environnement), n'affiche que peu de lien de corrélation avec les variables Action correspondantes de la section digital. Autrement dit, un consommateur se disant prêt à faire des petits gestes tous les jours pour l'environnement, ne se traduit pas par un niveau d'actions concrètes dans l'environnement digital.

Voici les deux seules corrélations que nous avons relevées dans cette catégorie : elles montrent une relation faiblement positive entre ActionEnvDig5 et ActionEnvDig3; et entre eActionEnvDig5 et ActionEnvDig5. P-value < 0.05 et R de Pearson est de 0,174 et 0,203 respectivement indiquant une corrélation faiblement positive.

		ActionEnv3	ActionEnvDig5
ActionEnv3	Pearson's r	---	---
	p-value	---	---
ActionEnvDig5	Pearson's r	0,174	---
	p-value	0,026	---

		ActionEnv5	ActionEnvDig5
ActionEnv5	Pearson's r	---	---
	p-value	---	---
ActionEnvDig5	Pearson's r	0,203	---
	p-value	0,010	---

Comme pour notre variable Attitude, une possible explication pour cette absence de lien fort entre l'action environnementale & et l'action environnementale dans la sphère digitale, tient peut-être à la composition de nos questions axées sur des propositions situationnelles et des gestes bien précis. En revanche, il est intéressant de noter qu'un consommateur prêt à faire des petits gestes quotidiens pour l'environnement n'est pas forcément prêt à faire des gestes dans la sphère numérique.

6/ ANALYSE EN REGRESSION LINÉAIRE – AUTRES HYPOTHÈSES

Hypothèse # 1

Nous souhaitons vérifier cette hypothèse : les individus préoccupés par l'environnement ne sont pas pour autant préoccupés par la pollution numérique parce qu'ils n'ont pas connaissance de ses effets indésirables sur l'environnement.

Nous posons l'équation de ce modèle de régression : $H_0 : \text{PreocEnvDig1}(i) = \beta_0 + \beta_1 \text{PreocEnvir1}(i) + \beta_2 \text{ConnaisEnvDig1}(i)$ avec $i = 1, 2, \dots, 162$ (car 0 missing) ; tous les paramètres sont nuls sauf la constante.

Nous présumons qu'il y a indépendance entre PreocEnvDig1, PreocEnvir1, ConnaisEnvDig1, soit $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0$ (tous les paramètres sont nuls sauf la constante).

Dans le tableau Linear Regression ci-dessous, $P < 0,5\%$ donc on ne rejette pas H_0 , le modèle est globalement significatif et il y a bien un lien de dépendance entre les trois variables.

Le R^2 est de 0.0826, ce qui signifie que **8,26% de la dispersion de la préoccupation autour de la pollution digitale s'explique par ces deux variables PreocEnvir1 et ConnaisEnvDig1.**

Nous allons à présent tester la significativité de chaque variable exogène, en posant pour chacune comme hypothèse $H_0 : \beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \beta_3 = 0$. Ces deux variables PreocEnvir1 et ConnaisEnvDig1 ont

une P-value inférieure à 5%, donc nous pouvons rejeter H0, ce qui signifie que chacune de ces deux variables est significative.

- Pour la variable PreocEnvir1, Standard Estimate = -0,169 – Il s’agit d’une variable quantitative sans unité, donc cette valeur négative signifie que cette variable a une influence négative sur la préoccupation en matière de la pollution digitale. Cette dernière question étant notée de manière inversée, on en conclut que plus le consommateur est préoccupé par l’environnement, plus il est également préoccupé par le problème de la pollution digitale.
- Pour la variable ConnaisEnvDig1, Standard Estimate = -0,193 – Il s’agit d’une variable quantitative sans unité, donc cette valeur négative signifie que cette variable a une influence négative sur la préoccupation en matière de la pollution digitale. Cette dernière question étant notée de manière inversée, on en conclut que plus le consommateur est conscient du problème de la pollution digitale, plus il est également préoccupé par le problème de la pollution digitale.

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	Overall Model Test			
			F	df1	df2	p
1	0,267	0,0826	7,16	2	199	0,007

Model Coefficients - PreocEnvir1

Predictor	Estimate	SE	t	p	Standard Estimate
(Intercept)	2,409	0,2074	11,61	< .001	
PreocEnvir1	-0,142	0,0664	-2,16	0,032	-0,169
ConnaisEnvDig1	-0,152	0,0816	-2,46	0,015	-0,193

Il y a donc bien un lien entre ces trois variables. Plus les individus sont préoccupés par l’environnement en général et plus ils ont connaissance du problème de la pollution numérique, plus ils sont préoccupés par la pollution numérique. Nous ne pouvons malheureusement pas pour autant valider le lien de causalité induit dans notre hypothèse de départ et affirmer que leur préoccupation tient à leur manque de connaissance à ce sujet. Par ailleurs la préoccupation dans le domaine environnemental général augmente avec la préoccupation dans le domaine numérique, rendant toute dissociation impossible entre ces deux domaines, tel que soutenu dans l’hypothèse de départ.

Hypothèse # 2

Nous souhaitons vérifier cette hypothèse : les individus qui affichent des attitudes pro-environnementale dans leur vie quotidienne, n’affichent pas pour autant des attitudes pro-environnementale dans la sphère digitale (et pratiquent le gaspillage digital) car ils n’ont pas connaissance de ses effets indésirables sur l’environnement.

Etant donné la nature de nos énoncés sur ces questions (très situationnels, sur des gestes et attitudes bien précis), ceux-ci ne permettent pas de croiser véritablement ces variables Attitudes de nos deux sections, tel que nous l’avons souligné précédemment. Par ailleurs, même si un tel lien était mis en évidence entre ces deux catégories Attitude, tout comme pour l’hypothèse #2 il ne nous semble pas méthodologiquement rigoureux de conclure ici à un quelconque lien de causalité entre la connaissance et le gaspillage digital.

Hypothèse # 3

Nous souhaitons vérifier cette hypothèse : Les individus actifs sur le terrain de l'environnement, ne sont pas pour autant actif sur le terrain de la pollution digitale, car ils n'ont pas car ils n'ont pas connaissance de ses effets indésirables sur l'environnement.

Nous posons l'équation de ce modèle de régression : $H_0 : \text{ActionEnvDig1}(i) = \beta_0 + \beta_1 \text{ActionEnv5}(i) + \beta_2 \text{ConnaisEnvDig1}(i)$ avec $i = 1, 2, \dots, 162$ (car 0 missing) ; tous les paramètres sont nuls sauf la constante.

Nous présumons qu'il y a indépendance entre ActionEnvDig1, ActionEnv5 et ConnaisEnvDig1, soit $H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$ (tous les paramètres sont nuls sauf la constante).

Dans le tableau Linear Regression ci-dessous, $P < 0,5\%$ donc on rejette H_0 , le modèle est globalement significatif et il y a bien un lien de dépendance entre les trois variables. Toutefois, pour ActionEnv5, $p > 0,5$, donc nous ne pouvons pas accepter ce modèle.

En outre, tel que démontré auparavant, nous n'avons pu établir de lien de corrélation satisfaisant entre nos variables Action de la section environnement générale, et nos variables Action de la section numérique. D'autre part, le lien entre l'Action au niveau de la pollution digitale et la Connaissance apparaît ici comme positif. Nous en concluons que nous ne pouvons pas valider cette hypothèse.

Linear Regression

Model Diagnostics						
Model	R	R ²	Overall Model Test			
			F	df1	df2	p
1	0.291	0.085	5.25	2	159	0.001

Model Coefficients - ActionEnvDig1						
Predictor	Estimate	SE	t	p	Lower Estimate	Upper Estimate
Intercept	0.270	0.0091	4.25	< 0.001		
ActionEnv5	0.172	0.1034	1.66	0.099	-0.028	0.372
ConnaisEnvDig1	0.246	0.0751	3.27	0.001		

7/ TEST DE CORRÉLATION LINEAIRE DE PEARSON – Autres liens

Test 1 : Lien entre gaspillage (vidéo) & volonté d'action (réduction du visionnage de vidéos)

Nous avons testé la relation entre la variable GaspiDigi8 qui mesure le *binge-watching*, et la variable ActionEnvDig4 qui mesure la volonté de l'individu de réduire sa consommation de vidéo en ligne en streaming.

Ce sont deux variables quantitatives (échelle de mesure), donc nous avons procédé à une corrélation de Pearson. Nous posons $H_0 : r(\text{GaspiDigi8}; \text{ActionEnvDig4}) = 0$ Dans le tableau Correlation Matrix ci-dessous :

- P-value < 0.05, donc on rejette H_0 et il y a bien un lien entre ces deux variables.
- Le R de Pearson est de -0,224 indiquant une corrélation négative mais faible. On en déduit que plus l'individu est sujet au '*binge-watching*', moins il/elle est prêt(e) à réduire sa consommation de vidéo de streaming en ligne.

		Gaspi5	ActionEnvDig5
Gaspi5	Pearson's r	1	-.326**
	p-value	—	0.004
ActionEnvDig5	Pearson's r	-.326**	1
	p-value	0.004	—

Note. **p < .01, *p < .05, ***p < .001

Test 2 : Lien entre gaspillage (email) & volonté d'action (nettoyage de sa boîte email)

Nous avons testé la relation entre la variable Gaspi5 qui mesure le gaspillage au travers de la conservation d'emails, et la variable ActionEnvDig5 qui mesure la volonté de l'individu de nettoyer sa boîte email.

Ce sont deux variables quantitatives (échelle de mesure), donc nous avons procédé à une corrélation de Pearson. Nous posons $H_0 : r(\text{GaspiDig5}; \text{ActionEnvDig5}) = 0$ Dans le tableau Correlation Matrix ci-dessous :

- P-value < 0.01, donc on rejette H_0 et il y a bien un lien entre ces deux variables.
- Le R de Pearson est de -0,326 indiquant une corrélation négative mais faible. On en déduit que plus l'individu est sujet au gaspillage à travers ses emails, moins il/elle est prêt(e) à nettoyer sa messagerie électronique.

		Gaspi5	ActionEnvDig5
Gaspi5	Pearson's r	1	-.326**
	p-value	—	0.004
ActionEnvDig5	Pearson's r	-.326**	1
	p-value	0.004	—

Note. **p < .01, *p < .05, ***p < .001