

Haute Ecole
« ICHEC – ECAM – ISFSC »



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

La responsabilité écologique des entreprises concernant la pollution numérique : sélection et étude d'outils et de pratiques

Mémoire présenté par :
Maureen WINAND

Pour l'obtention du diplôme de :
Master en gestion de l'entreprise

Année académique 2022-2023

Promoteur :
Isabelle CHOQUET

Boulevard Brand Whitlock 6 - 1150 Bruxelles

Haute Ecole
« ICHEC – ECAM – ISFSC »



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

La responsabilité écologique des entreprises concernant la pollution numérique : sélection et étude d'outils et de pratiques

Mémoire présenté par :
Maureen WINAND

Pour l'obtention du diplôme de :
Master en gestion de l'entreprise

Année académique 2022-2023

Promoteur :
Isabelle CHOQUET

Boulevard Brand Whitlock 6 - 1150 Bruxelles

Je souhaite adresser mes remerciements aux personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Avant tout, je souhaite remercier le personnel de l'ICHEC et son corps professoral pour leur entrain à instruire, leur écoute et leurs conseils tout au long de mes années d'études.

Je souhaite particulièrement remercier ma promotrice Isabelle Choquet pour son soutien, ses recommandations et son assistance tout au long de l'écriture de ce mémoire.

Je remercie ensuite toutes les personnes que j'ai contacté pour un entretien et qui se sont rendues disponibles pour répondre à mes questions.

Finalement, je souhaite chaleureusement remercier mon compagnon Noé Antoine et ma famille pour leur soutien, leurs encouragements et leur positivité.

Engagement Anti-Plagiat du Mémoire

« Je soussigné, WINAND, Maureen, 2022-2023, déclare par la présente que le Mémoire ci-joint est exempt de tout plagiat et respecte en tous points le règlement des études en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses signé lors de mon inscription à l'ICHEC, ainsi que les instructions et consignes concernant le référencement dans le texte respectant la norme APA, la bibliographie respectant la norme APA, etc. mises à ma disposition sur Moodle.

Sur l'honneur, je certifie avoir pris connaissance des documents précités et je confirme que le Mémoire présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement. »

Dans le cadre de ce dépôt en ligne, la signature consiste en l'introduction du mémoire via la plateforme ICHEC-Student.

Table des matières

Introduction	1
Partie 1 : Les entreprises et la responsabilisation écologique numérique	2
1. Prise de conscience	2
1.1. Urgence climatique et transition numérique	2
1.1.1. Transition écologique et transition numérique	3
1.2. Transition écologique et pollution numérique	4
2. Durabilité	6
2.1. Développement durable	6
2.2. Dimensions	6
2.3. Approches	8
2.3.1. Systémique	8
2.3.2. Temporelle	9
2.3.3. Transformationnelle	9
2.4. Responsabilité écologique	10
2.4.1. Définition	10
2.4.2. Acteurs	11
2.4.3. Sélection des acteurs étudiés	13
2.5. RSA des acteurs	13
2.5.1. Les individus	13
2.5.2. Les entreprises	16
2.5.3. La société	19
3. Évaluation de la responsabilité écologique en entreprise : questionnement par rapport à la prise de conscience, évaluation et impact des entreprises	21
3.1. Évaluation durable	21
3.2. Identité entreprise	24
3.2.1. Chaîne de valeur: baisse des émissions de GES	24
3.2.2. Business models durables	26
3.2.3. Triple layered business model canvas	26
4. Mise en place de stratégies et actions	27
4.1. Théorie du paradoxe	27
4.2. Industrie des machines et servicisation	29
5. Système économique	31
5.1. Le coût social du carbone	32
5.2. Économie circulaire	33
5.3. Décroissance	34
5.4. Transdisciplinarité	34
5.5. La socio-économie écologique	35

6. Conclusion	36
Partie 2 : pollution numérique en entreprise	37
1. Transition numérique.....	37
1.1. Culture numérique	37
1.2. Écosystème digital.....	38
2. Facteurs de pollution numérique des entreprises	38
2.1. Définition pollution numérique.....	38
2.2. l'industrie 4.0.....	40
2.3. Face cachée du numérique	42
2.3.1. Le numérique n'est pas immatériel	42
2.3.2. Numérique au service de l'environnement.....	43
2.4. Étapes du cycle de vie	43
2.4.1. Fabrication et chaîne d'approvisionnement	44
2.4.2. Utilisation	46
2.4.3. Fin de cycle	47
3. Numérique responsable.....	49
4. Stratégies d'Innovation Environnementale	49
5. Conclusion	50
Partie 3 : Méthodologie	51
1. Typologie	51
2. Question de recherche	51
3. Hypothèse	52
4. Recherche appliquée.....	52
4.1. Données interviews.....	53
4.2. Limites rencontrées.....	54
Partie 4 : expertise	55
1. Prise de conscience et responsabilité écologique.....	55
1.1. Prise de conscience	55
2. Le questionnement et l'évaluation	56
2.1. Motivations	56
3. Outils	57
3.1. Outils de mesure	57
3.2. Incitations.....	59
3.3. Acteurs	60
4. Systèmes et stratégies.....	61
4.1. Cycle de vie.....	62
4.2. Économie circulaire pour le numérique.....	63
4.3. Transdisciplinarité	64

4.4.	Sobriété numérique	64
4.5.	Les technologies pour le climat.....	66
4.6.	Collaboration.....	68
5.	Résultats.....	70
6.	limites et perspectives de l'étude	72
	Conclusion générale	74
	Bibliographie	76
	Annexe.....	Erreur ! Signet non défini.
	ANNEXE A. Structure de l'évaluation de durabilité.....	Erreur ! Signet non défini.
	ANNEXE B. Triple Layered Business Model Canvas	Erreur ! Signet non défini.
	ANNEXE C. Evaluation et transdisciplinarité	Erreur ! Signet non défini.
	Annexe D. Guide d'entretien.	Erreur ! Signet non défini.
	Annexe E. Interview Jules Delcon	Erreur ! Signet non défini.
	Interview Floriane de Kerchove	Erreur ! Signet non défini.
	Interview Francis Somers	Erreur ! Signet non défini.

Table des figures et tableaux

Figure 1. Les 3 dimensions du développement durable.....	8
Figure 2. Part de l'effort des individus et de l'action collective.....	17
Figure 3. Comparaison d'empreinte carbone moyenne d'un Français du niveau actuel à celui de l'Accord de Paris.....	18
Figure 4. Les impacts selon les contributeurs.....	42
Figure 5. Les impacts selon les étapes du cycle de vie : fabrication et utilisation.....	46
Figure 6. Résultats des parts de TICs dans la production et dans le recyclage.....	47
Tableau 1 - Résumé des interviewés et type d'entretien.....	55
Figure 7. REN des équipements en phase d'utilisation.....	60
Figure 8. REN des actions numériques en phase d'utilisation.....	61
Figure 9. Résultat cinquième levier.....	68

Introduction

Dans le monde actuel, on assiste à une véritable effervescence du milieu numérique. En effet, le smartphone est devenu un véritable assistant personnel, les données sont maintenant disponibles presque partout et en tout temps, et l'information est accessible d'un simple tapotement du doigt. Les appareils et technologies digitales sont des outils indispensables aux différentes industries, organisations publiques et entreprises, qu'elles aident à monitorer, à approvisionner, à conseiller et à informer. Nous sommes plongés dans une véritable transition numérique, profitant des nombreux bienfaits que ces technologies offrent.

La société elle-même a été bouleversée dans son ensemble, tant au niveau de son économie et de ses nouveaux modèles dématérialisés, que dans le paradigme social et ses interactions qui passent maintenant par les réseaux sociaux, même pour la communication des entreprises ou des politiques.

Dans le même temps, la société traverse une crise environnementale et une situation d'urgence climatique extrême qui requiert un changement de société et des prises d'action concrètes, afin de protéger la planète et les générations futures des effets néfastes définitifs qui sont inévitables si celle-ci ne change pas de cap. Le monde est donc également soumis à un contexte de transition climatique.

Les technologies numériques peuvent offrir leurs avantages à cette transition et répondre, grâce à leurs qualités propres, à une partie des défis qui doivent être relevés, en permettant par exemple le contrôle des flux de production et d'approvisionnement en temps réel, mais aussi via des optimisations complexes de systèmes de production, ou encore en offrant un moyen efficace de communication et d'accès à l'information.

Cependant, malgré une nature qui peut sembler, de prime abord, immatérielle, ces technologies s'accompagnent d'une dette environnementale. Il y a donc un paradoxe entre ces deux transitions. En effet, leur production et leur utilisation participent à l'épuisement de ressources rares, la consommation d'eau (pour les centres de données par exemple) et la dépense d'énergie. Ainsi, les effets sont bien concrets même si l'utilisateur ne les perçoit pas directement. La durabilité des technologies semble être la piste la plus évidente pour limiter ces effets.

Pour les entreprises et autres acteurs, la pollution numérique est un problème jeune, souvent ignoré complètement ou relégué au second plan derrière d'autres priorités. Il est alors intéressant de se demander quel rôle les différents acteurs jouent dans cette situation, et quelle est leur responsabilité face à cette problématique.

La sensibilisation à ce problème doit être implémentée pour espérer toucher les différents acteurs, dans un premier temps, et encourager la discussion et la mise en place d'actions. Plus concrètement, **nous nous intéresserons aux trois phases du processus de responsabilité numérique écologique, principalement pour les entreprises: la prise de conscience du problème, l'évaluation de l'empreinte numérique sur l'environnement et ses outils et, pour conclure, les différentes voies stratégiques qui peuvent être empruntées.**

Pour parvenir à cet objectif, nous avons procédé par un rassemblement d'expertises et d'une situation concrète. Ainsi, deux experts ont été interviewés et ont répondu aux questions de la problématique de la pollution numérique et de responsabilité des acteurs ainsi que des stratégies concrètes. D'autre part, un vaste rapport d'expertise est utilisé comme source principale, pour confirmer et compléter les points théoriques dressés précédemment.

Partie 1 : Les entreprises et la responsabilisation écologique numérique

Dans un premier temps, il est important de dresser le contexte d'urgence climatique et les grandes transitions écologique et numérique dans lequel nous nous trouvons. En effet, cela permet d'apporter une perspective aux concepts étudiés dans ce travail. Ensuite, cette première partie définit l'ensemble des concepts clés nécessaire à l'analyse de la problématique de pollution numérique et de responsabilisation en entreprise.

En particulier, la définition du concept de durabilité et ses dimensions seront explorées, suivies par la notion de responsabilité écologique, en étudiant comment elle touche les différents acteurs en jeu. Pour poursuivre l'analyse des acteurs, l'idée de Responsabilité Sociétale des Acteurs (RSA) sera mise en évidence, avant de s'intéresser aux dimensions qui touchent les entreprises : la prise de conscience, puis l'impact et l'évaluation des entreprises et leur responsabilité. Enfin, un aperçu est donné des stratégies qui peuvent être mises en place et de la place du système économique dans ces problématiques.

1. Prise de conscience

1.1. Urgence climatique et transition numérique

En mars 2023, le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a publié son sixième rapport de synthèse sur l'évolution du climat. Les progrès faits jusqu'à présent en ce qui concerne les mesures de réduction d'émission et d'adaptation sont mitigés et les risques liés au changement climatique s'accentuent et peuvent déjà être observés. Parmi les changements, on peut constater la disparition de certaines d'espèces, des répercussions négatives sur la santé humaine et le réchauffement des océans (Climat.be, 2023).

De plus, le financement reste à présent insuffisant pour lutter contre le changement climatique et les effets néfastes sur le climat demandent des dédommages et contribuent à la baisse du budget. Les mesures de réduction d'émission carbone pouvaient autrefois se prévoir sur le long terme. A présent, l'urgence pour limiter le réchauffement à 1,5°C (en 2023, il est calculé que la terre s'est réchauffée de 1,1°C) force les acteurs du changement climatique à prendre conscience de l'urgence climatique et de prendre des mesures immédiates pour réduire les émissions carbonées à zéro (Climat.be, 2023). Néanmoins, il reste de l'espoir de limiter les répercussions d'ici 2100 et plusieurs scénarios sont envisageables pour atteindre les objectifs de réduction des gaz à effet de serre tant que les acteurs acceptent la situation actuelle et les risques liés au futur et mettent en place les mesures nécessaires.

Tous acteurs confondus émettent, à leur propre échelle, du gaz à effet de serre et chaque secteur a la possibilité de participer à la neutralité carbone. Cependant, certains secteurs sont responsables de plus d'émissions carbone que d'autres dont le secteur de l'énergie (avec 6 autres secteurs, ils étaient responsables en 2019 de 79% des émissions GES) (Climat.be, 2023). Avec l'ère du digital, la consommation d'énergie et la production d'appareils numériques et d'objets connectés n'ont cessé d'augmenter et contribuent de plus en plus au réchauffement climatique (Agence Giboulées et Barreau, 2019). Il serait alors intéressant d'analyser la part de responsabilité du secteur numérique sur la consommation énergétique et d'étudier les scénarios et mesures pouvant être entrepris permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

1.1.1. *Transition écologique et transition numérique*

Un concept essentiel pour étudier la responsabilisation écologique et numérique est celui de transition. Une transition amène une multitude de transformations systémiques et organisationnelles ainsi que dans les actions et comportements des acteurs (Monnoyer-Smith, 2017). Deux transitions seront principalement analysées dans le cadre de ce travail : la transition écologique et la transition numérique. Il est donc indispensable de fournir une définition de chacun de ces concepts. Celles qui seront retenues dans ce mémoire seront celles proposées par Laurence Monnoyer-Smith (2017), directrice du développement durable au Centre national d'étude spatiale.

“La transition écologique repose sur la double prise de conscience de la finitude des ressources sur lesquelles repose la croissance économique mondiale et de l’empreinte environnementale issue de notre consommation énergétique” (Monnoyer-Smith, 2017, para.1).

“La transition numérique résulte, quant à elle, d’innovations techniques, dont l’une des conséquences essentielles est de fonder la création de la valeur davantage sur la production et sur l’analyse des données que sur la production de biens et de services” (Monnoyer-Smith, 2017, para.1).

Lorsqu’on observe ces deux définitions, on peut constater deux changements de nature différente. Cependant, ils ne sont pas mutuellement exclusifs et peuvent se répercuter sur des sujets et domaines communs. Ces transitions coexistent dans notre société actuelle et génèrent chacune des bénéfices et des évolutions mais aussi des limites et des contraintes (Demainly, Francou, Kaplan et Saujot, 2017). Cette coexistence se construit actuellement dans un processus complexe de transformation, d’évolution et présente aujourd’hui des résultats intermédiaires et partiels.

Les innovations, limites et exigences de la transition numérique amènent des défis en termes de conciliation avec la transition écologique, et inversement. On peut citer l’accentuation de la consommation énergétique due à l’accès et le partage de l’information grandissants et simultanément celle de la prise de conscience des limites de production de (Demainly et al., 2017). Cette conciliation devrait, en autres, se focaliser sur les “communs”. Ce sont des biens communs, à l’accès universel aujourd’hui, mais dont la disparition pourrait nuire à l’écosystème (Monnoyer-Smith, 2017). Il est donc essentiel lors de chaque étape de ces transitions d’intégrer les aspects et les enjeux de l’autre.

Évolution numérique, bienfaits et enjeux

En ce qui concerne la transition numérique, Monnoyer-Smith (2017) explique l’amplification de la culture numérique et le changement dans le modèle socio-économique par l’intégration de la numérisation dans de multiples domaines humains. Dans ce contexte de numérisation et d’une culture qui en découle, Monnoyer-Smith (2017) souligne l’importance de la transition économique et de la prise en compte de ce changement dans le modèle économique.

On peut retrouver le numérique à travers un ensemble de disciplines dont la robotique, l’informatique, les télécommunications et l’électronique. La recherche de connectivité suscite des réactions entre ces disciplines. La recherche conduit à l’utilisation d’outils numériques qui reposent sur la production, la collecte et le traitement des données. La forte évolution des disciplines et le progrès technologique sur les vingt dernières années ont fortement accéléré cette production et utilisation des données et donc l’appel aux outils numériques (Jacq et Fauconneau, 2017).

Les outils numériques offrent de nombreux avantages, parmi lesquels une meilleure observation ou approche d’observation de l’écosystème, une connaissance plus détaillée de l’environnement, une

amélioration de l'exploitation et du traitement des données, et un éclaircissement des prises de décision (Jacq et Fauconneau, 2017). De multiples domaines et industries bénéficient de cette accélération de la production de données et de ces avantages en termes d'efficacité, de connaissances, de processus, etc.

La transition numérique est omniprésente dans notre société actuelle. Les relations entre acteurs et de multiples domaines de la société sont à présent touchées par cette dernière. Cet impact apporte de nouveaux enjeux :

- Échanges d'information, cybersécurité, responsabilité
- Processus de décision, innovation
- Globalisation de l'information
- Bouleversement des habitudes humaines : sociétales, communication, mœurs
- Juridiques
- Politiques
- Économiques
- Organisationnels
- Pollution, efficacité énergétique, responsabilité écologique
- etc.

Devant la multitude de ces enjeux, il est nécessaire de restreindre l'étude de ceux-ci. Cette étude s'axera principalement, dans ce contexte de transition numérique, sur celui de pollution ainsi que de responsabilité écologique. Ces axes principaux seront définis et étudiés en détails dans les sections suivantes de ce travail.

1.2. Transition écologique et pollution numérique

Comme expliqué précédemment, le numérique présente plusieurs enjeux dont celui de l'environnement. Il semble donc intéressant de développer la notion de transition écologique et d'explorer les perspectives numériques dans une stratégie de transition écologique et énergétique et inversement (Demain et al., 2017). Le terme de pollution numérique sera défini dans la deuxième partie de ce mémoire. En attendant, on peut se poser quelques questions concernant le numérique : peut-il se rendre au service d'une stratégie de durabilité ou aggrave-t-il la pollution numérique et donc croit les impacts négatifs sur l'environnement ou encore est-il neutre aux impacts écologiques ?

Demain et al. soutiennent que "le monde du numérique doit mieux intégrer l'enjeu écologique à la fois dans la conception de ses services et dans sa contribution à la société" (2017, para.8). La technologie numérique et sa croissance amènent de nombreuses critiques et méfiance concernant l'innovation technologique au profit (ou de façon neutre) de l'environnement. En effet le numérique demande une forte production d'équipements, génère une forte consommation énergétique et peut encourager à la croissance ou surconsommation des produits numériques ayant une forte empreinte écologique. "Dans notre système actuel, le risque demeure que les gains d'efficience apportés par le numérique soient réinvestis dans toujours plus de consommation et de croissance matérielle, un phénomène que nous constatons depuis des décennies" (Demain et al., 2017, para.9).

A la suite de la crise sanitaire due à la pandémie Covid-19, de nombreux travailleurs se sont vus proposés d'augmenter leurs jours de télétravail. Le télétravail a ses avantages tels que d'éviter des trajets supplémentaires jusqu'au lieu de travail, ce qui évite d'employer un véhicule de transport et donc d'émettre du GES. Toutefois, ce gain écologique ne compense pas l'émission de GES des équipements supplémentaires nécessaires au travail à domicile (écran, ordinateur, imprimante, etc.) et le chauffage en journée des maisons et appartements (Longaretti et Berthoud, 2021). Par cet exemple, on peut constater qu'une diminution de pollution d'un côté peut provoquer une augmentation de celle-ci d'un autre côté.

Les médias et rapports concernant les règlements climatiques présentent de manière récurrente le sujet de la mobilité et l'encouragement à éviter certains transports plus polluants que d'autres, dont l'aviation. Pourtant, selon Françoise Berthoud (2017), les TICs (Technologies de l'information et de la communication) sont responsables de 2 à 5% de l'ensemble des GES émis sur la planète, et sont donc supérieures à l'ensemble des GES émis par l'aviation civile. La consommation électrique des TICs correspond à 10% de la consommation globale et une augmentation de 7% par an de celle-ci est à prévoir. Si l'aviation est un point d'attention des autorités et médias aujourd'hui, l'empreinte carbone des TICs présente aussi un sujet d'importance et ce particulièrement dans les prochaines années au vu de l'accélération de la consommation énergétique.

L'exemple précédent présente que le numérique est responsable de 2 à 5% des GES en 2017, en comparaison au minima de 2%, en 2018 The Shift Project (2018) assure que le numérique est responsable de 4% des GES et que sa consommation énergétique augmente de 9% par année. The Shift Project insiste pour "rendre la transition numérique compatible avec les impératifs climatiques et les contraintes sur les ressources naturelles et énergétiques" (The Shift Project, 2019, para.3).

Les enjeux climatiques et l'urgence de se diriger vers une transition écologique, avec l'objectif zéro carbone pour certains acteurs, peuvent entrer en conflit avec les enjeux de la transition numérique. Voici une liste de quelques enjeux qui seront étudiés dans ce travail :

- Le manque d'outils : il reste difficile pour un acteur de pouvoir évaluer correctement les impacts environnementaux et d'obtenir des outils permettant de s'attaquer aux défis écologiques de façon éclairée et efficace (Demainly et al., 2017) ;
- Dématérialisation et innovation : l'immatérialité crée une perception écologique par nature et l'innovation génère un optimiste dès fois non-fondé sur ses bienfaits et masque les éventuelles conséquences environnementales long-terme de celui-ci (Demainly et al., 2017) ;
- Transparence : comment les consommateurs peuvent-ils faire des choix de consommation responsable en fonction des informations dont ils disposent (Désaunay, 2022) ? ;
- Inégalités sociales : "La transition écologique constitue donc une opportunité unique de repenser les modes de vie pour les rendre plus durables, à condition de prendre en compte la diversité des situations et des marges de manœuvre des individus" (Désaunay, 2022, para.3).

Dans un cadre de transition écologique nécessaire et urgente, la question de la responsabilisation des acteurs intervient. L'implication des acteurs dans la limitation de la pollution numérique peut s'opérer

à différents niveaux dont la prise de conscience, l'évaluation des impacts environnementaux et l'estimation du bilan carbone ainsi que la mise en place de solutions pratiques et techniques et l'analyse de leurs résultats. Ces différents points seront décrits plus amplement dans les sections suivantes.

2. Durabilité

2.1. Développement durable

Une notion essentielle lorsqu'on parle de responsabilité écologique est celle de durabilité. Il semble donc important de la définir, ainsi que le développement durable, et d'identifier quels sont les points d'attention qu'une entreprise et d'autres acteurs doivent inclure lorsqu'ils désirent ajouter la durabilité à leur chaîne de valeurs, leur identité et leur image.

On peut définir le développement durable comme étant la possibilité de répondre aux besoins actuels sans compromettre la possibilité aux générations futures de répondre à leurs propres besoins (Ness, 2017).

Lorsqu'on analyse un sujet dans une perspective de durabilité, nous pouvons nous poser ces 3 questions (Ness, 2007) :

1. Qu'est-ce qui doit être durable ?
2. Qu'est-ce qui doit être développé ?
3. Quelle ligne du temps doit être considérée pour atteindre les objectifs posés ?

Que ce soit en termes de personnes, de société ou d'économie, on considère qu'il y a des manquements aux aspects mentionnés précédemment et qu'il faut poursuivre un objectif de développement afin d'améliorer durablement ceux-ci.

2.2. Dimensions

Un concept illustrant la multi-dimensionnalité de la durabilité est celui de la "triple bottom line" qui comporte trois dimensions : économique, sociale et écologique. On les désigne aussi sous le nom des "3 P's" : "Personnes, Planète et Prospérité".

Utilisée comme mesure de performance pour les entreprises, la triple bottom line peut également s'opérer comme objectif de durabilité en atteignant simultanément la durabilité économique, sociale et écologique. Ces trois dimensions peuvent également donner un cadre d'objectifs et de contributions

à toute organisation et doit être repensé plus largement que juste un outil de performance et de profit, mais aussi comme un outil pour pousser les organisations à revoir leurs stratégies et comportements en incluant plus le bien-être social et la santé de la planète (Elkington, 2018). Par exemple, les Nations Unies ont établi les 17 “sustainable development goals” basées sur l'intégration et le balancement des trois dimensions (Nations Unies, n.d.).

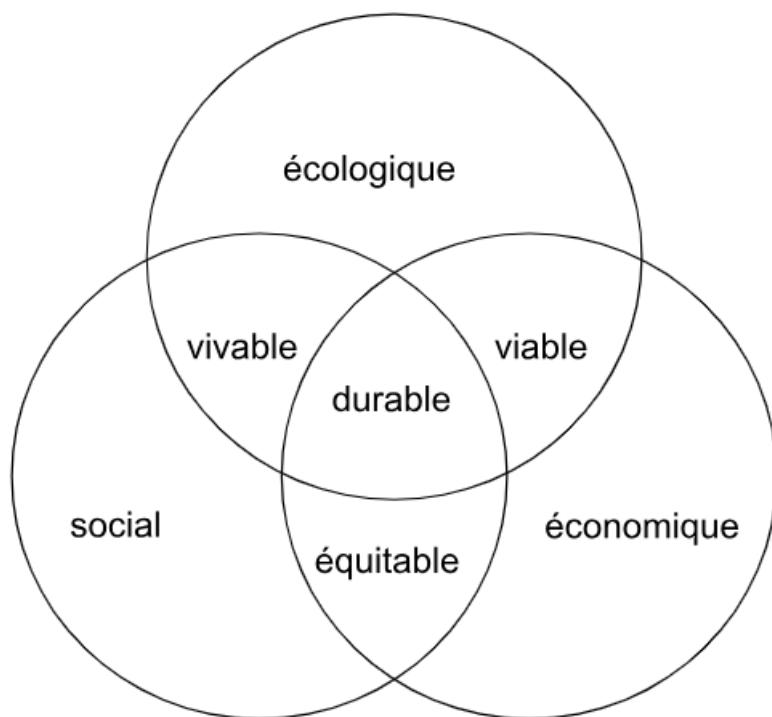


Figure 1. Les 3 dimensions du développement durable

Source: Rogers, K. et Hudson, B. (2011). The Triple Bottom Line: The Synergies of Transformative Perceptions and Practices for Sustainability. *OD Practitioner*, 43(4). Récupéré de https://www.researchgate.net/profile/Katrina-Rogers-4/publication/283710434_The_Triple_Bottom_Line_The_Synergies_of_Transformative_Perceptions_and_Practices_for_Sustainability_with_Barclay_Hudson_OD_Practitioner_Fall_2011/links/56438ef108ae451880a34ac7/The-Triple-Bottom-Line-The-Synergies-of-Transformative-Perceptions-and-Practices-for-Sustainability-with-Barclay-Hudson-OD-Practitioner-Fall-2011.pdf

Katrina Rogers et Barclay Hudson (2011) expliquent que la structure de la triple bottom line amène principalement deux points de discussion aux organisations :

1. Les trois dimensions permettent aux organisations de pouvoir se focaliser sur des critères de progrès spécifiques liés à ces domaines et permet de pouvoir mesurer les objectifs de durabilité
2. Cette structure met en évidence les relations entre les dimensions et les bénéfices et synergies potentiels lorsqu'on croise les éléments entre eux.

Cependant cela signifie également que certains compromis et une vue plus large et long-terme des stratégies sont nécessaires pour aboutir à une synergies des trois dimensions.

Par exemple, un programme de gestion durable des ressources naturelles, de bonnes pratiques hygiéniques, d'accès à l'eau potable et de planification nationale comprenant les aspects environnementaux en Mauritanie de 2008 à 2012 a permis la régénération de 800 hectares de terrains d'arbres locaux, la stabilisation de 742 hectares de dunes, la protection de 5800 hectares de terrains agricoles, un accord entre 155 villages pour une meilleure gestion de l'eau, l'accès à 28 000 nouveaux utilisateurs d'eau potable et enfin, un renforcement de stratégies sociales et environnementales à niveau national (MDG Achievement Fund, n.d.).

2.3. Approches

2.3.1. *Systémique*

Le changement climatique, la rareté de certaines ressources, les conséquences inter et intragénérationnelles amènent des enjeux ayant des impacts et conséquences variables pour les individus, entreprises et la société. Un acteur doit faire face à des défis dont les autres n'ont pas particulièrement conscience car ces derniers ne les rencontrent pas ou d'une manière indirecte (Everard, Reed et Kenter, 2016). Pourtant, il serait intéressant de déterminer si les causes de ces problèmes sont intrinsèquement liées et pourraient être résolues sur un plan plus large en faisant participer et agir les acteurs dans une même démarche de résolution.

Une approche systémique de la durabilité admet une connexion entre les dimensions économiques, sociales et environnementales et que ces dimensions doivent être considérées simultanément pour poursuivre un objectif de développement durable. En effet les éléments de chacune des dimensions sont intrinsèquement liés dans un système complexe et dynamique (Fischer et al., 2015).

Puisque les actions d'une dimension peuvent avoir des impacts sur les autres dimensions, l'approche systémique est inévitable pour parvenir à une solution englobant les impacts et conséquences sur toutes les dimensions ainsi qu'à adresser les changements et contraintes de cette planète. On peut citer l'avantage économique et environnemental de la voiture électrique qui aggrave des conflits et guerres en République Démocratique du Congo pour l'extraction du cobalt, utile pour la production des voitures (Amnesty International, 2017).

Avec cette approche systémique, Monnoyer-Smith (2017) propose une gouvernance des ressources. Se basant sur un concept de biens communs, Monnoyer-Smith (2017) suggère d'inciter les acteurs du numérique (et donc sujets à la transition numérique) à se considérer comme acteurs à part entière de

la transition écologique. Les biens communs aux deux transitions (exemple : l'eau et l'énergie utilisée pour abreuver la faune et la flore ainsi que pour refroidir les centres de données) doivent être utilisés de façon harmonieuse et articulée. Les différents modèles économiques et sociaux doivent être appliqués de manière à ne pas nuire aux deux transitions.

2.3.2. *Temporelle*

L'approche temporelle consiste à ne pas compromettre les générations futures tout en répondant aux besoins de la génération actuelle. Elle se concentre sur la récolte de bénéfices à long-terme des prises de décision et actions contemporaines, parfois au détriment de ceux obtenus à court-terme.

Les ressources de notre planète n'étant pas infinies, l'approche temporelle de la durabilité assure que celles-ci soient utilisées de manière à assurer un même accès aux ressources et opportunités pour les générations futures. Pour parvenir à cette fin, il faut prendre en compte les conséquences de nos actions, de notre économie et de la société d'aujourd'hui sur l'environnement dans une perspective à long-terme (Ness, 2007).

Un principe fondamental de l'approche temporelle est l'équité intergénérationnelle. Celle-ci vise à ce que les générations présentes et futures aient accès aux mêmes opportunités et ressources. Pour atteindre cet objectif, un intérêt et une préoccupation pour la génération future doivent être prises en considération lors de nos prises de décisions et actions actuelles (Wiek, 2015). Un équilibre entre les intérêts personnels et actuels et les intérêts futurs des générations à venir doit être atteint de façon à maintenir l'équité intergénérationnelle.

L'utilisation et l'exploitation des ressources actuelles doivent donc assurer que l'environnement aura le temps de se régénérer ou il faut parvenir à fournir de nouveaux produits ou services qui répondent aux mêmes opportunités et besoins des générations futures (Gibson, 2006).

Enfin, l'approche temporelle est utilisée comme outil pour prévoir les résultats et événements futurs (Ness, 2007). Cette approche aiguille les décisions politiques, légales et managériales pour établir les normes, lois, règles et planifications. De surcroît, des compromis à court-terme peuvent être établis si cela permet d'assurer un futur durable à long-terme (Wiek, 2015).

2.3.3. *Transformationnelle*

L'approche transformationnelle consiste au changement et au développement nécessaires de nos systèmes économiques et sociaux pour pouvoir répondre aux besoins de durabilité. L'approche transformationnelle encourage à entreprendre des changements plus radicaux que les changements progressifs actuels car ces derniers ne répondent pas assez aux défis complexes et systémiques auxquels nous sommes confrontés (Wiek, 2015). Elle consiste en trois étapes : Identifier le problème, établir une stratégie et développer une vision.

Un cadre et une structure d'analyse aident à définir les changements radicaux à mettre en place. L'objectif de cette approche est de déterminer les causes premières des agissements non-durables (Wiek, 2015). Les structures politiques, sociales et économiques actuelles sont ainsi remises en cause. L'interaction entre les éléments et individus du système est revue et remise en question. Cette approche n'adresse pas uniquement les causes et conséquences environnementales mais également tous les piliers de la durabilité déterminés par les Nations Unies (équité, lutte contre pauvreté, etc.) (Nations Unies, n.d.).

Lorsque le problème a été identifié, une stratégie de changement, de restructuration, d'organisation peut être définie. Pour que cette stratégie se réalise, il faut être prêt à prendre des risques et être innovant quant aux solutions proposées. Une conception et présentation d'une vision aident à encourager et engager les parties prenantes de la stratégie (Wiek, 2015). Le projet de développement durable peut alors s'implémenter dans la perspective long-terme de rendre plus durables les comportements.

Dans cette approche, la notion de radicalité est essentielle pour assurer un bon suivi de la stratégie. Le manque de radicalité et de temporalité pourrait mener à une "tragédie des horizons" que Schurmans (2020) décrit comme "qui caractérise l'écart entre l'horizon d'occurrence perçu des risques climatiques et l'horizon de mise en place d'actions visant à réduire les émissions de GES par les gouvernements et les organisations". (Schurmans, 2020, p. 31) Cet écart pourrait nuire aux objectifs durables et ne pas répondre à l'urgence climatique.

2.4. Responsabilité écologique

2.4.1. *Définition*

La définition du mot responsabilité selon le Larousse (2023, para.1) est: "Obligation ou nécessité morale de répondre, de se porter garant de ses actions ou de celles des autres".

La responsabilité écologique ou environnementale transpose cette définition de responsabilité au cadre des impacts et défis environnementaux. Les impératifs environnementaux touchent toutes les sociétés à de multiples échelles. Comme mentionné en début de mémoire, ceux-ci s'accentuent

fortement actuellement et ont des impacts à des échelles de plus en plus grandes. Les défis environnementaux prennent une place d'importance croissante dans la société en termes de prévention, protection, gestion, etc. Cependant, il subsiste une part d'incertitude tant en termes de prise en compte exhaustive des enjeux, que de complexité des interactions directes et indirectes entre les multiples acteurs. En particulier, certaines organisations profitent de cette incertitude pour faire de l'écoblanchiment (ou Greenwashing en anglais) en communiquant des objectifs carbone neutre tout en n'étant pas transparent sur la méthode de neutralité adoptée. Par exemple, Carrefour assure un engagement climatique tout en excluant ses magasins franchisés de ses objectifs climatiques (France24, 2023).

Veyret, Laganier et Scarwell expliquent la complexité de la responsabilité environnementale : "Il s'agit encore de prendre en compte le poids des héritages culturels, économiques, naturels et des représentations sociales, le degré d'articulation entre stratégies et politiques économique, sociale et environnement ou le rôle des inégalités sociales et économiques entre acteurs, entre territoires et entre pays pour comprendre la diversité des réponses que les sociétés humaines peuvent apporter lorsqu'elles sont confrontées à ces défis" (2017, para.1)

2.4.2. *Acteurs*

On retrouve dans cette explication certains éléments centraux aux approches de la durabilité: l'articulation complexe des dimensions économiques, sociales et environnementales, l'importance des héritages et la compréhension et les réponses apportées aux défis. Ces deux concepts coexistent naturellement.

On peut également y souligner le besoin d'une prise de conscience et d'une mise en place d'un questionnement des différents acteurs. Comme mentionné précédemment, de multiples acteurs ont une part de responsabilité environnementale et digitale.

On peut classer les acteurs selon leurs interactions avec le numérique : leur contribution, les bénéfices qu'ils en tirent et surtout les conséquences de leurs actions sur l'environnement. Les principaux acteurs sont (Depret, Le Masne et Merlin-Brogniart, 2009) (Veyret et al., 2017) (Ness, 2007):

1. les individus: ils utilisent des outils digitaux, des plateformes digitales et utilisent les informations fournies par le numérique. Ils impactent et sont impactés par la consommation énergétique, les émissions carbone et la pollution numérique.
2. les communautés: les communautés vivant près d'un site de centre de données ou de fabrication ou élimination de technologies numériques peuvent faire face à de la pollution de l'air ou de l'eau ou autres pollutions dues à ces sites.
3. les entreprises: productrices majeures des produits et services numériques, les entreprises ont un pouvoir d'influence sur les autres acteurs, un pouvoir économique et innovateur. Cependant, celles-ci sont également impactées par les risques en termes de réputation et de rétention de clientèle ainsi que par la pression du marché numérique.

4. les gouvernements: principaux régulateurs des impacts du numérique sur l'environnement, ils peuvent être impactés par les coûts engendrés par la pollution numérique, mais aussi par les bénéfices du numérique.
5. les groupes environnementaux: promouvant la sensibilisation à l'utilisation du numérique et l'impact sur l'environnement, ils sont les défenseurs du respect de l'environnement et encouragent à une utilisation durable des technologies.
6. les générations futures: bien que n'étant pas encore présentes, les générations futures seront les principaux acteurs ressentant les aspects négatifs de la pollution digitale.

Les acteurs identifiés sont ceux que l'on intègre dans les notions de responsabilité sociale et environnementale. Par le passé, on adressait principalement la contribution au développement durable aux entreprises, plus particulièrement celles de grande envergure, à travers le concept de responsabilité sociétale des entreprises. Actuellement, de nombreux acteurs, en addition aux entreprises, prennent en compte ces notions qui influencent leur prise de décision, actions et stratégies.

Le concept de responsabilité sociétale des entreprises s'est étendu au-delà en un concept que l'on nomme "responsabilité sociale des acteurs" ou RSA. Il est défini comme étant "*l'ensemble des initiatives prises par les acteurs économiques, sociaux et environnementaux en vue de promouvoir un développement durable ; ces acteurs sont les entreprises (ainsi que les actionnaires), les pouvoirs publics centraux et locaux, les organisations non gouvernementales, les mouvements de consommateurs, les syndicats et divers mouvements sociaux.*" (Depret et al., 2009). Ces acteurs évoluent dans un ensemble de circonstances importantes décrites ci-après.

Premièrement, chaque acteur a ses propres intérêts à défendre et sera donc engagé à des degrés variés, et ce à différentes échelles (locales et globales). Il est alors possible que des conflits d'intérêts surviennent ou que les acteurs critiquent la responsabilité et les manquements d'autres acteurs de façon à justifier leurs propres démarches (Dugast et Soyeux, 2019). Un exemple serait que des pays européens demandent à la Chine, premier pollueur mondial en CO2 de prendre l'entièr responsabilité de réduction des émissions carbone alors que les autres pays participent également à la pollution globale.

Deuxièmement, il existe un rapport de force entre les acteurs qui dépend de leur situation géographique. Les acteurs jouent un rôle et une importance différente en fonction du pays dans lequel ils se situent. Certains pays accordent plus ou moins de place à l'économie, aux individus et à la société. L'engagement des acteurs dans la RSA dépend aussi de l'histoire, de la culture, de la philosophie et des valeurs qui sont aussi géographiquement définies. Par exemple, en Europe la RSA est considérée collectivement, les individus seront plus facilement perçus comme subordonnés à l'État et donc à la société. Contrairement à L'Amérique du Nord où la RSA se considère d'un point de vue davantage individuel, les valeurs de chaque individu primant. (Depret et al., 2009).

Troisièmement, Hamdouch et Depret (2009) décrivent un phénomène de mondialisation ou universalisation de la RSA et de ses outils. Les outils RSA ont tendance à se "labelliser". C'est-à-dire qu'un certain nombre de normes, de certificats et de labels sont de plus en plus utilisés, et parfois même requis. Cela mène à une uniformisation des outils. La RSA prend également une direction universelle à travers des acteurs tels que les grandes organisations internationales (OCDE, ONU, etc.) qui promeuvent et homogénéisent les méthodes d'application de la RSA.

2.4.3. *Sélection des acteurs étudiés :*

Afin de permettre une analyse détaillée de certains de ces nombreux acteurs, il est nécessaire de se restreindre. En effet, la littérature et ses domaines d'applications étant vastes, la portée de ce travail doit être limitée. Cependant il est possible que les acteurs mentionnés ci-dessus soient cités pour illustrer ou contextualiser certains points.

Dans un premier temps, nous avons opté pour une simplification de la variété des acteurs en trois groupes d'acteurs principaux :

1. Les individus.
2. Les entreprises.
3. La société : celle-ci comprend les organisations et systèmes hors entreprises comme les gouvernements, ONG, etc.

Ensuite, nous avons sélectionné pour objet principal de ce travail les entreprises. L'objectif sera de faire une analyse des problématiques numériques et écologiques des entreprises, mais aussi de leur conscientisation, responsabilisation et enfin de leurs prises de décisions et leurs outils d'évaluation.

Au cours de cette analyse, on retrouvera également les rapports qui peuvent exister entre les entreprises et les deux autres types d'acteurs repris ci-dessus, leur influence mutuelle et les impacts qu'ils ont l'un sur l'autre.

2.5. RSA des acteurs

2.5.1. *Les individus*

On peut considérer les individus comme étant les consommateurs des produits ou services proposés par les entreprises et comme étant les parties prenantes ayant un impact sur celles-ci ou sinon impactés par ces mêmes entreprises.

Les individus sont des acteurs importants pour le développement durable. En effet, ils sont généralement les premiers sensibilisés, mais aussi à changer leur regard sur le développement durable ainsi qu'à lancer des actions pour les objectifs climatiques (Dugast et Soyeux, 2019). Grâce à leur pouvoir d'achat, les consommateurs ont l'opportunité d'influencer la société et les entreprises en achetant des produits respectueux de l'environnement ou au contraire, à en boycotter d'autres (Depret *et al.*, 2009). Leurs agissements promeuvent une démarche de consommation responsable et éthique et font croître le pouvoir économique et social des entreprises responsables.

Mais cela est seulement possible s'ils disposent d'informations suffisantes pour faire des choix éthiques et responsables. C'est pourquoi il est essentiel d'encourager la transparence des entreprises et de soutenir les organisations partageant les informations telles que Test-Achats, qui fournit des comparatifs de produits et des suppléments d'indications éthiques, économiques et responsables (Depret *et al.*, 2009).

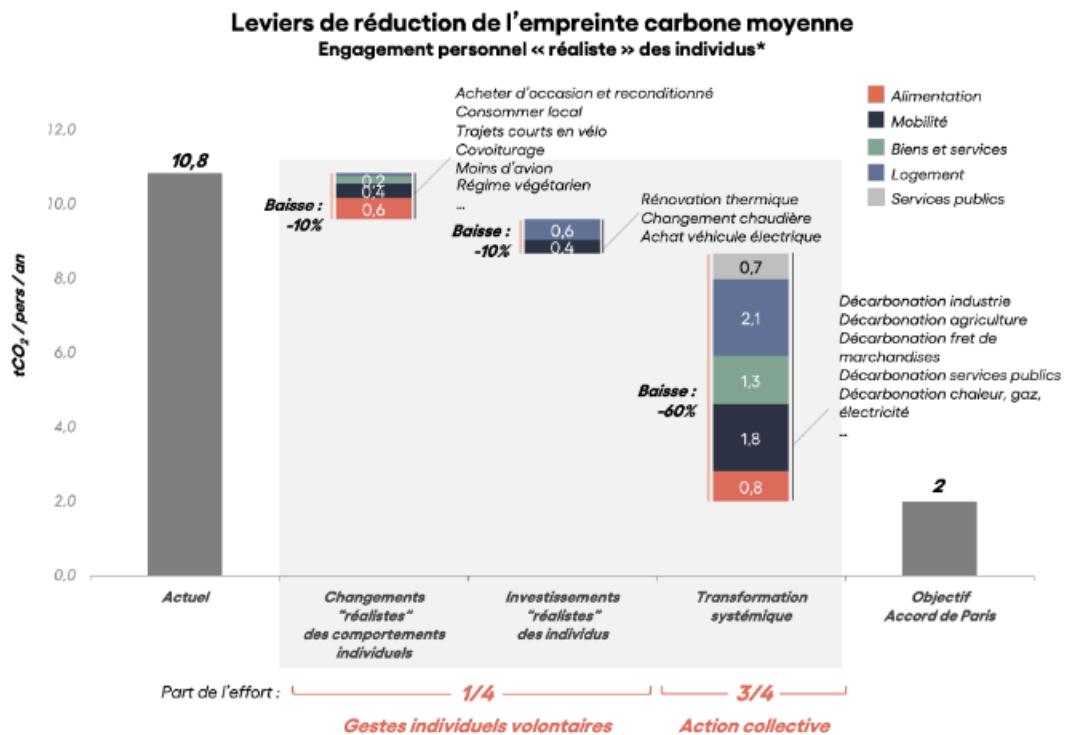
Pour illustrer ces indications, on peut reprendre les comparaisons éclairantes de l'empreinte numérique des utilisateurs de GreenIT: "Les impacts environnementaux associés à l'empreinte numérique d'un utilisateur sont conséquents à l'échelle d'une année :

- 18 000 MJ d'énergie primaire (2 écrans géants de 85 pouces allumés en permanence)
- 460 kg équivalent CO2 de gaz à effet de serre (4 750 kms en voiture thermique récente)
- 4 700 litres d'eau bleue (520 packs d'eau de 9 litres)
- 6 500 kg de terre excavée (5 voitures de 1,3 tonne)" (Bordage, 2021, para.4).

« Pour prendre la mesure de ce que ces chiffres signifient, il faut se rendre compte que les 460 kg équivalent CO2 par an et par utilisateur représentent 27 % de notre "forfait annuel soutenable [1] en termes d'émissions de gaz à effet de serre" » met également en perspective Frédéric Bordage, pilote du projet au sein du collectif GreenIT.fr" (Bordage, 2021, para.5).

L'engagement des individus dans la réduction d'émission de gaz à effet de serre et dans le développement durable n'est pas négligeable. Pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris en 2050, l'empreinte carbone moyenne des Français devrait se réduire de 80% selon Carbone 4. Et la part d'effort des individus pour atteindre cet objectif consiste en plus ou moins un quart des efforts de tous les acteurs confondus (Dugast et Soyeux, 2019).

Figure 2. Part de l'effort des individus et de l'action collective

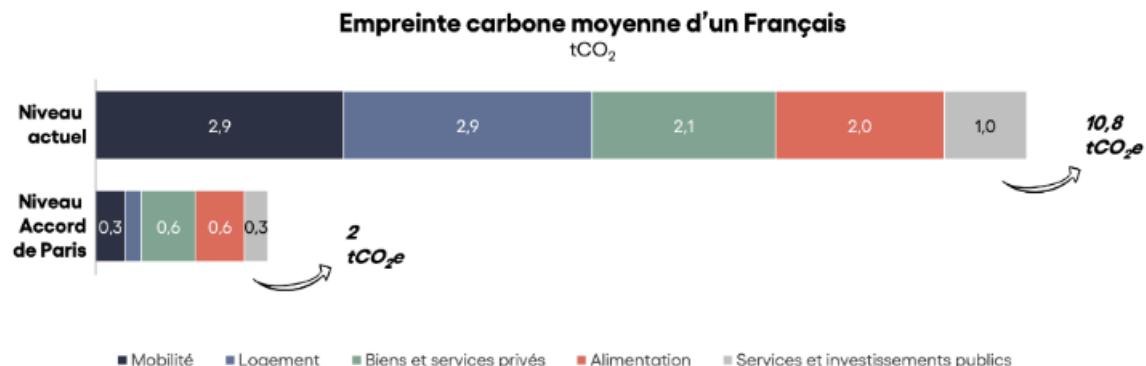


Source : Dugast, C. et Soyeux, A. (2019). *Faire sa part ? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'État face à l'urgence climatique*. Paris: Carbone 4. Récupéré le 5 mai 2022 de carbone4.com/wp-content/uploads/2019/06/Publication-Carbone-4-Faire-sa-part-pouvoir-responsabilite-climat.pdf

Bien que l'effort des individus ne soit pas négligeable et soit nécessaire à l'effort collectif de réduction d'émission carbone, celui-ci n'est pas suffisant étant donné que trois quart des efforts proviennent d'autres acteurs. Mais, comme mentionné précédemment, les individus sont souvent les acteurs porteurs de changement et de responsabilisation. Ils sont donc une part essentielle dans la démarche durable. En termes de responsabilité et de prise d'action, la démarche individuelle s'annonce aussi plus abordable et facile à activer étant donné que les individus peuvent s'activer de manière indépendante et dynamique (Dugast et Soyeux, 2019). Parmi les démarches plus abordables, celles qui requièrent un changement de mode de vie sans grande part d'investissement financier permettraient à elles seules de réduire de 10% l'empreinte carbone moyenne (Figure 2).

Les individus feront tout de même face à certaines difficultés. En 2017, Carbone 4 (Dugast et Soyeux, 2019) faisait part de leur calcul et résultat d'empreinte carbone moyenne d'un Français (Figure 3). En étudiant la section qui inclut le numérique "Bien et services privés", et si on considère un Français comme étant un modèle d'individu, un individu devrait réduire son émission actuelle de 2,1 tCO2e à 0,6 tCO2e pour 2050. Or, l'utilisation du numérique et sa pollution ne font qu'accroître (The Shift Project, 2018). L'individu est confronté à un fort changement de mode de vie et à un bouleversement des ses habitudes dans une perspective d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris. Et ce, à la fois à son échelle, mais aussi pour la plus grande partie dans un contexte d'évolution systémique.

Figure 3. Comparaison d'empreinte carbone moyenne d'un Français du niveau actuel à celui de l'Accord de Paris



Source : Dugast, C. et Soyeux, A. (2019). *Faire sa part ? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'État face à l'urgence climatique*. Paris: Carbone 4. Récupéré le 5 mai 2022 de carbone4.com/wp-content/uploads/2019/06/Publication-Carbone-4-Faire-sa-part-pouvoir-responsabilite-climat.pdf

Une autre contrainte de la démarche durable de l'individu est qu'il fait partie d'un système socio-technique qui détermine la part substantielle de l'émission carbone de l'individu. Les équipements et infrastructures que l'individu utilise jusqu'à présent résultent d'une époque où l'on utilisait les ressources comme si elles étaient illimitées. Ces infrastructures et équipements sont donc fortement énergivores et ne sont pas pensés pour répondre aux besoins de durabilité actuels.

Pour répondre à ces besoins, les individus et autres acteurs devront réagir collectivement pour changer le système socio-technique actuel. "l'enjeu climatique est d'ordre systémique : il dépasse largement la sphère individuelle" (Dugast et Soyeux, 2019, para.12). Les individus, grâce à leur pouvoir d'achat, en addition d'autres acteurs ont le potentiel d'influencer les entreprises et la société, responsables des trois quart des efforts, pour faire changer le système.

2.5.2. *Les entreprises*

Les entreprises ayant un pouvoir d'influence et de production sur le numérique, ont l'opportunité de contrôler les procédures de production, d'élimination et de recyclage des déchets et des équipements numériques. Elles ont l'opportunité de produire des technologies numériques ayant un cycle de vie plus grand, d'utiliser des énergies renouvelables dans les centres de données, d'optimiser les procédures de recyclage.

Elles peuvent promouvoir à leurs consommateurs une utilisation plus durable du numérique et les sensibiliser sur la pollution digitale, leurs habitudes de consommation et de recyclage de leurs produits (Crifo et Forget, 2014).

Le numérique responsable en entreprise

Le numérique faisant partie intégrante de la vie humaine moderne, la notion de responsabilité numérique doit prendre une place plus conséquente dans celle-ci car le numérique amène des opportunités mais également des risques. La responsabilité numérique prend plusieurs formes : protéger les données personnelles des individus, défendre les entités contre la cybercriminalité, promouvoir un environnement digital socialement inclusif, positif et constructif et protéger les propriétés intellectuelles. Grâce au numérique, la population gagne accès à de très nombreuses informations et doit apprendre à utiliser ces informations de façon responsable, sécurisée et éthique.

Les entreprises font partie intégrante de la communauté numérique et ont donc une responsabilité envers elle, notamment numérique. Une caractéristique de la responsabilité est la suivante : plus l'impact d'un individu ou d'une organisation sur son environnement est grand, plus ils seront rendus responsables des conséquences de ces impacts. Les entreprises jouent un rôle majeur sur l'économie, l'emploi, l'innovation, l'approvisionnement en produits et services et sur la culture et les valeurs de la société (Crifo et Forget, 2014).

Prenons comme exemple la mode vestimentaire, l'industrie de la mode dirige une population entière sur la façon de s'habiller pour la saison prochaine. En prenant en considération ces influences, la responsabilité des entreprises est majeure en ce qui concerne les défis sociétaux et environnementaux (Dugast et Soyeux, 2019). Ne pas prendre en considération les employés, clients, fournisseurs, l'empreinte carbone, les valeurs, etc. pourrait mener à des problèmes conséquents concernant les points mentionnés précédemment.

D'un point de vue technologique, une entreprise produisant une technologie digitale doit assurer la sécurité, le respect des données personnelles, les droits numériques de sa clientèle et un cadre pour le partage des données. Une entreprise utilisant de telles technologies a aussi l'obligation de les utiliser d'une manière durable et respectueuse des générations présentes et futures. Ne pas prendre en compte la responsabilité numérique peut être néfaste pour une entreprise en ce qui concerne la confiance de la clientèle, son image, les valeurs qu'elle promeut et ses obligations légales (Delcon, 2020). Les dommages externes à l'entreprise incluent une pollution digitale, inégalité sociétale et épuisement des ressources.

Bien que les entreprises aient une place importante pour la responsabilité environnementale et numérique, d'autres acteurs doivent également intervenir dans la poursuite d'une société digitale et respectueuse de son environnement. La participation des gouvernements, consommateurs et autres parties prenantes facilite l'implémentation des actions et procédures pour atteindre une économie durable et bas carbone.

Cette attention particulière aux entreprises est due à leur échelle d'importance sur les impacts environnementaux et leur influence sur le système, comme mentionné dans le point ci-dessus, mais aussi sur la production des technologies digitales et leur utilisation. Les entreprises sont des producteurs majeurs de technologies numériques. Par leurs influences sur les comportements des consommateurs, sur la production, le recyclage et l'innovation, elles peuvent influencer l'offre et la demande. En faisant ceci, les entreprises montrent une volonté de changer le secteur numérique pour

un secteur plus durable dont les entreprises se sentent responsables et engagées pour un futur digital durable.

Les individus sont parties prenantes des entreprises. En adaptant les chiffres de la section précédente “à l'échelle d'une journée au bureau (220 jours par an) cela correspond, chaque jour, à :

- 80 MJ, soit 44 ampoules de 25 Watts allumées en permanence pendant 8 heures
- 2 kg équivalent CO2 de gaz à effet de serre, soit 20 kilomètres en voiture thermique récente
- 21 litres d'eau bleue, soit 2 packs d'eau minérale de 9 litres
- 30 kg de terre excavée chaque jour” (Bordage, 2021, para.6).

RSE : GE et PME

Cette notion de responsabilité sociale et écologique des entreprises s'inscrit dans la notion de RSE “Responsabilité Sociétale des Entreprises”. Selon la norme ISO 26000, la responsabilité sociétale se définit comme étant : “Responsabilité d'une organisation vis-à-vis des impacts de ses décisions et de ses activités sur la société et sur l'environnement, se traduisant par un comportement transparent et éthique qui :

- contribue au développement durable, y compris à la santé et au bien-être de la société ;
- prend en compte les attentes des parties prenantes ;
- respecte les lois en vigueur et est compatible avec les normes internationales ;
- est intégré dans l'ensemble de l'organisation et mis en œuvre dans ses relations.” (Berger-Douce, 2019, para.6)

Maria Giuseppina Bruna s'inspire de l'ouvrage rédigé par Michel Capron et Françoise Quairel décrivant la RSE comme étant “une « redevabilité » des entreprises envers la société résultant de leurs impacts sur l'environnement (naturel et humain) et des ressources qu'elles s'y procurent” (Giuseppina Bruna, 2015, para.77).

Cette redevabilité, les grandes entreprises (GE) ont été plus souvent premières à en prendre responsabilité et à agir pour contribuer de manière durable à leur environnement. A présent, la RSE concerne principalement les grandes mais aussi les petites et moyennes entreprises (PME). Bien que la RSE soit plus souvent étudiée et engagée chez les GE, les PME gagnent à s'engager dans une stratégie RSE. Des avantages prédominants de l'engagement RSE sont (Berger-Douce, 2019) (ISO, 2010) :

- La compétitivité : les entreprises de toutes tailles récoltent une acceptation et légitimité sur les marchés.
- La création de valeur : les entreprises croient leur performance grâce à une augmentation d'innovation et d'opportunités de développement.
- La réputation.
- La motivation et la productivité des employés.
- La rétention et l'attraction de nouveaux clients.
- Les relations avec les autres entreprises, les pouvoirs publics, les médias, le public.

Outre ces avantages, on observe que les PME ont tendance à être motivées à adopter une stratégie RSE par conviction éthique. A contrario, les GE ont plus tendance à adopter une stratégie RSE pour une motivation de rétention et de bien-être des employés au moyen d'activités sociales (Berger-Douce, 2019).

Malgré une motivation grandissante d'engagement des PME, celles-ci rencontrent des difficultés quant à leur dimension restreinte. Les dirigeants manquant de temps, le peu de ressources financières et le peu de ressources humaines font partie des freins à l'adoption d'une RSE. Bien que celles-ci

peuvent rencontrer plus de difficultés, ces dernières ne sont néanmoins pas négligeables quant à leur potentiel d'impacts sur l'environnement, l'économie et le social. En effet, rien qu'en Belgique, les PME représentent au total 99,4% des employeurs privés et ont par conséquent un potentiel d'influence et de levier de durabilité sur le marché belge (Mathot, 2022).

Dû à leur taille, les PME indiquent une démarche unique pour intégrer la RSE dans leurs pratiques. Premièrement, leur mode de fonctionnement et leur stratégie RSE seront établis de manière informelle. Ensuite, elles auront tendance à privilégier les dimensions sociales et environnementales à la dimension sociétale (exemple). Enfin, les parties prenantes des PME seront hiérarchisées dans cet ordre : "les incontournables (clients, salariés, fournisseurs et actionnaires), les parties intéressées dévoilées (support aux activités de l'entreprise, syndicats, cabinets-conseils, etc.) et les parties intéressées peu connues (territoire et environnement)" (Berger-Douce, 2019, para 7).

2.5.3. *La société*

Etant donné que ce travail se concentre principalement sur les entreprises, la société sera étudiée du point de vue de son influence et de ses impacts sur elles. Deux acteurs appartenant à la société qui seront étudiés ci-dessous sont l'Etat et les ONG.

L'Etat par son rôle de régulateur, d'investisseur et de catalyseur (Dugast et Soyeux, 2019) a la possibilité de réorienter les investissements, d'influencer les autres acteurs, de créer des normes au bénéfice de la durabilité, et de mobiliser les outils et acteurs dans une direction souhaitée. Les auteurs Michel et Meheut (2017) expliquent que l'Etat a un rôle de "plateforme" qui met à disposition des autres acteurs des données afin de faire appel à la créativité et aux compétences de tous. L'Etat peut aussi forcer ou fortement encourager les autres acteurs à mettre ces données à disposition. C'est le cas en France dans le cadre du décret du 18 juillet 2016 concernant les données relatives à l'énergie, le transport, la distribution et production d'électricité, de gaz et de pétrole qui doivent être mises à disposition des pouvoirs publics. Ces données sont partagées et utilisées dans une perspective d'étude et d'action de transition énergétique et de promouvoir l'énergie verte (Michel et Meheut, 2017). Cependant ce partage de données et les bénéfices que l'environnement pourrait en tirer dépendent d'un investissement dans un écosystème digital entièrement performant et disponible, d'un partage de données sans limites et d'une maintenance et mise à jour continue. Ces conditions ajoutent de la complexité quant à la décision d'investissement dans un écosystème digital au bénéfice de l'environnement (Ellen MacArthur Foundation, 2016).

En termes de responsabilité, l'Etat a de nombreuses opportunités pour encourager la transition numérique et écologique. L'idéal de l'énergie dont le numérique dépend, est que cette énergie soit à disposition pour tous, à moindre coûts et si possible fournie de manière écologique. L'Etat peut justement réguler de manière à équilibrer équitablement les bénéfices et charges de l'énergie. De plus, certaines organisations, comme la FEB (Fédération des Entreprises Belges) ont l'opportunité de rassembler les entreprises dans un objectif collectif de partage des "communs", dans ce cas-ci l'énergie (Roosens et Haid, 2017). Dans cette même perspective, la FEB (2021) défend l'idée de plus de production d'énergie climatiquement neutre afin de s'inscrire dans une transition durable de l'énergie et d'encourager à partager équitablement entre les différents acteurs les bénéfices et les charges.

L'Etat a plusieurs niveaux de responsabilités. Le premier niveau de responsabilisation se retrouve dans les institutions publiques qui ont un pouvoir de décision quant à l'investissement dans la recherche et le développement, la décarbonisation des services et les changements de processus tels que l'évolution d'équipements. Par exemple l'investissement des écoles dans des terrains de jeux pour enfants plus écologiques ou dans la décarbonation des modes de transport. Selon Dugast et Soyeux (2019), les institutions publiques ont une compétence "fonctionnaire" sur le sujet du climat.

Le deuxième niveau de responsabilisation consiste à décarboner les entreprises et les ménages. L'Etat agit en tant qu'agent macroéconomique et régulateur afin d'investir dans les filières base carbone au lieu des filières polluantes, d'inviter à des comportements publics adéquats, de réglementer à travers la fiscalité, de renégocier des accords commerciaux, etc. L'Etat incite ou contraint les entreprises et ménages à travers des mécanismes normatifs tels que des réglementations sur les systèmes d'épuration et le tabagisme (Depret *et al.*, 2009). Au-delà de l'objectif de décarbonation, l'Etat vise à une durabilité sur les dimensions sociales et économiques en un système de réglementations portant sur des sujets tels que "l'alcoolisme, la conduite au volant, l'obligation d'embaucher des salariés handicapés, les réglementations sur le bruit, etc." (Depret *et al.*, 2009, para.32). Toutes ces incitations et contraintes encouragent la responsabilité des acteurs sur un plan national et international, comme l'incitation à un marché de voiture électrique mondial (L'Echo, 2023).

Les services publics et les ONG, bien qu'étant des entreprises, se distinguent de ces dernières par la nature de leurs activités souvent liées aux ressources naturelles et à leurs relations avec les parties prenantes. "Dès lors, les services publics confrontent, dès l'origine de leur activité, la sphère « économie » à la sphère « société » du développement durable car la finalité du management public (l'intérêt général et la gestion des biens communs) est différente de celle du management privé (le profit)." (Depret *et al.*, 2009, para.32).

Les ONG exercent une capacité d'influence sur les autres acteurs à travers trois moyens. Premièrement en encourageant une consommation responsable telle que dans le cas de la décroissance. Deuxièmement en incitant les autres acteurs à un comportement responsable et durable dans les trois dimensions. Et enfin, en promouvant les investissements éthiques et durables par des démarches d'activisme actionnarial sociétal (exemple : Amnesty International ou Greenpeace) et en promouvant un partenariat avec les entreprises pour encourager davantage de RSE en leur sein.

Les ONG peuvent mettre la pression sur les autres acteurs par l'utilisation de multiples outils tels que la concertation, les pétitions, le dialogue, le boycott, la sensibilisation, les campagnes de prévention, les partenariats et l'encouragement à la création de labels, normes et réglementations (Depret *et al.*, 2009).

Si l'on étudie la société d'un point de vue systémique, on peut souligner une importante complexité et une grande interaction et intrication entre les différents systèmes qui la composent. De nombreuses décisions sont prises avec des informations limitées et ainsi peuvent avoir des effets secondaires négatifs qui influencent d'autres strates de celle-ci. On peut citer la méthode de la pensée systémique, où on établit une structure regroupant des relations plutôt que des objets (Senge, 1990) Cette

méthode permet d'envisager de nouvelles solutions et décisions ayant un impact davantage contrôlé sur le système.

Néanmoins, la prise de décision est rendue plus complexe et nécessite une plus importante quantité d'informations et de temps d'analyse et de réflexion que ce qui peut s'opérer autrement. Ainsi, le choix et la mise en place de solutions et d'engagements pour pallier les problématiques décrites dans ce travail pourraient être confrontés à une plus grande inertie lorsqu'on aborde les choses sous ce point de vue.

Cela est surtout vrai si nous devons inclure des échelles plus larges que les régions (Fischer et al., 2015). Il est indispensable de prendre en compte l'impact socio-écologique sur d'autres régions, car cela améliorera les institutions et la coopération nationale et internationale. Toutefois, cela signifie que la complexité de la prise de décision augmentera et qu'un nombre beaucoup plus important de parties prenantes et de régions devront être incluses dans le processus. Néanmoins, celle-ci est d'autant plus complexe qu'elle s'opère simultanément à une échelle à court et à long terme (Fischer et al., 2015).

La nécessité d'un cadre commun faciliterait le processus d'identification et d'analyse des relations au sein du système (Ostrom, 2009). Cependant, cet objectif est difficile à réaliser en pratique, car certaines parties prenantes du système pourraient ne pas vouloir prendre part au processus, en particulier à la collecte des données. (Fischer et al., 2015). Certaines parties prenantes du système ne sont pas disposées à partager leurs informations, ou à contribuer positivement à ce cadre commun, car elles pourraient, à court ou long terme, bénéficier des dysfonctionnements du système, malgré leurs inconvénients et les problèmes socio-environnementaux qu'ils peuvent présenter pour une autre partie ou l'ensemble de celui-ci. Par exemple, l'industrie textile qui évacue ses produits chimiques dans la rivière voisine n'a pas besoin d'investir dans le recyclage et profite largement des dysfonctionnements du système. Si l'on transpose cela à la collecte de données, le partage d'informations pourrait engendrer des conséquences négatives sur certains bénéfices tirés par ces parties prenantes.

3. Évaluation de la responsabilité écologique en entreprise : questionnement par rapport à la prise de conscience, évaluation et impact des entreprises

3.1. Évaluation durable

Le potentiel du monde numérique est de nature double, tant il peut offrir de nombreux bénéfices mais aussi présenter de multiples inconvénients. Les entreprises faisant partie intégrante des acteurs du numérique, doivent prendre en compte les multiples aspects du numérique et de sa pollution. Les sections précédentes de ce travail expliquent comment les entreprises ont opéré une prise de conscience ainsi que les raisons qui les motivent à se responsabiliser. Cependant il reste difficile pour une entreprise de pouvoir évaluer correctement ses impacts sur l'environnement et la société ainsi que de savoir quelles actions ou décisions seraient les plus appropriées à sa situation. En effet, les entreprises n'ont pas nécessairement connaissance des outils adéquats pour calculer leur pollution ou les ressources nécessaires pour modifier leur stratégie. C'est pourquoi il est conseillé à une entreprise d'utiliser des outils d'évaluation durable. Ces outils seront précisément décrits dans les sections suivantes de ce mémoire.

L'évaluation de la durabilité peut se diviser en plusieurs catégories de points d'attention. Certaines d'entre elles ont déjà été mentionnées précédemment comme par exemple l'équité intergénérationnelle. Une d'elles, citée par Gibson (2006), qui affecte et est affectée par les entreprises est la catégorie du **maintien et de l'efficacité des ressources**. Dans un objectif d'assurer une vie durable pour tous tout en assurant un maintien d'un système socio-économique à long-terme, les entreprises sont incitées à réduire les dommages liés à l'extraction, réduire les déchets et diminuer l'utilisation globale de matériel et d'énergie par unité de bénéfice. Gibson (2006) dans son article sur l'évaluation durable explique par plusieurs exemples les implications pour les entreprises. Des exemples et applications illustreront ces points dans la suite de ce travail :

- Optimiser la production en diminuant l'utilisation de matériaux et énergies en réduisant les déchets liés à la production par un nouveau design et une nouvelle conceptualisation du produit et de son cycle de vie.
- Repenser la dualité coûts vs bénéfices en termes de finalité et d'utilisation globale des produits et services. En effet, si le produit est rendu plus efficace, cela peut aussi induire à plus d'utilisation et de consommation du produit.

Avant de prendre toute action, Ness (2007) suggère l'évaluation de la durabilité basée sur un certain nombre de critères. Cette évaluation aide les preneurs de décisions des différents acteurs ainsi que les décideurs politiques à sélectionner les actions à court-terme et à long-terme qui semblent être les plus avantageuses pour parvenir à une société durable. Pour cela l'évaluation nécessite un cadre basé sur 3 critères (Ness, 2007), détaillés ci-dessous :

1. l'utilisation d'indicateurs et d'indices ;
2. une attention au produit (ou service) et une analyse de son cycle de vie ;
3. l'inclusion des contraintes temporelles et des changements politiques.

Le premier point d'évaluation concerne l'utilisation d'indicateurs et d'indices. Ceux-ci sont majoritairement quantitatifs et sont utilisés pour étudier la santé économique, sociale et environnementale d'une région ou d'un pays. Voici une liste non-exhaustive des indices et indicateurs de la société :

- L'EPI (en anglais *Environmental Performance Index*) est un ensemble d'indicateurs reflétant la santé environnementale de plusieurs domaines ou actions (qualité de l'air, dégâts forestiers, pression de la pêche, pression du tourisme, etc) permettant de comparer les performances environnementales des pays de l'UE. Ces indices contribuent à l'amélioration des politiques environnementales et sociales nationales.
- L'analyse de flux tel que la EW-MFA (en anglais *Economy-Wide Material Flow Analysis*) permet d'analyser le flux d'extraction des matières premières utilisées pour l'économie et plus précisément les biens consommés par les individus, les entreprises et l'Etat. Une autre sorte d'analyse de flux et celle des flux d'échanges d'énergie entre les différentes industries. Cette analyse peut aider à déterminer où des pertes d'énergies se produisent au niveau des échanges et des industries.
- Le PNB (Produit National Brut) ou le PNN (Produit National Net) indiquent une santé économique du pays. Cependant ces indicateurs incluent rarement les facteurs environnementaux. Depuis, plusieurs indicateurs ou indices ont été créés pour mieux intégrer la dimension environnementale tels que le RND (Revenu National Durable).

- L’Empreinte Écologique est un outil qui estime la consommation des ressources et l’assimilation de déchets d’une population sur une superficie correspondante. Plus précisément on peut penser à l’Empreinte Carbone qui indique l’impact d’une activité sur l’environnement en termes d’émission de gaz à effet de serre.
- L’ESI (en anglais *Environmental Sustainability Index* et en français *l’Indice de Performance Environnementale*) mesure le progrès global pour un environnement durable. Cet indice se base sur des indicateurs tels que l’état du système environnemental (eau, air, terre, écosystème, etc.), la pression sur le système environnemental et humain, etc.

Deuxièmement, des indices et indicateurs peuvent également être employés pour l’évaluation de la consommation de produits et services :

- Le cycle de vie (ou LCA, Life Cycle Assessment en anglais) est une approche axée sur l’étude de l’impact réel ou théorique qu’un produit peut avoir sur l’environnement au cours de son approvisionnement, sa fabrication, son utilisation et son recyclage. L’ISO 14040 : 2006 cadre et met à disposition des outils d’analyse, d’évaluation, d’interprétation et de communication du cycle de vie d’un produit et son domaine d’application. Par exemple, l’industrie portugaise de production de papier à partir de pulpe d’eucalyptus a utilisé le LCA pour déterminer leurs investissements environnementaux nécessaires (Lopes et al., 2003).
- Le coût du cycle de vie (CCV) calcule les coûts de plusieurs investissements et permet de comparer ceux-ci à d’autres alternatives. Cet outil calcule le coût total du produit en addition aux coûts de processus ou d’activité de ce même produit tout au long de sa durée de vie.
- L’analyse de flux de matériel lié à ce produit détermine la perte de matériel et d’énergie lors de la durée de vie du produit et la quantité de matériel et d’énergie nécessaires à la fabrication du produit ou service.

Troisièmement, des outils de support aux décisions politiques ou au développement de projets peuvent également aiguiller certaines pratiques :

- “La modélisation conceptuelle analyse les relations qualitatives (causales) et utilise souvent des diagrammes de stock, de flux, d’organigrammes ou de diagrammes de boucles causales.” (Ness, 2007, p.504). La modélisation conceptuelle est utilisée pour déterminer les changements essentiels à l’augmentation de la durabilité. Un exemple de modèle est IMAGE qui conceptualise et simule informatiquement l’impact d’une activité humaine sur l’environnement sur le long-terme (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, n.d.)
- L’analyse de risques et d’incertitudes. Les risques et incertitudes incluent entre autres une possibilité d’amener des dommages lors d’une décision politique particulière. En analysant ces éventualités, les preneurs de décisions obtiennent une identification de ces risques et incertitudes, une évaluation qualitative et/ou quantitative de ces derniers et peuvent alors prendre une décision plus durable en prenant en compte ces différents paramètres et visant à les minimiser ou à les limiter.
- L’analyse des coûts et bénéfices qui évalue les coûts d’un projet durable comparé aux bénéfices attendus.
- L’évaluation d’impacts est un ensemble d’outils permettant de prévoir les conséquences d’une décision politique ou d’un projet sur le système et son environnement. La SEA (en anglais Strategic Environmental Assessment) ou l’EIA (en anglais Environmental Impact Assessment) sont utilisés pour évaluer les effets d’une politique ou d’un projet sur l’environnement à

différentes échelles. Ces outils sont déjà obligatoires dans le cadre de certains projets comme celui de la construction en Angleterre. Ness (2007) synthétise le communiqué de la Commission européenne : récemment, l'UE a introduit la SIA (en anglais Sustainability Impact Assessment) qui vise à englober plus de paramètres touchant aux trois dimensions afin d'intégrer les impacts dans une vision plus grande et de permettre de prendre une décision mieux éclairée sur les bénéfices et répercussions des différents projets.

Bien que plusieurs des indices et indicateurs cités ci-dessus soient utilisés à un niveau national la plupart du temps, les entreprises et la société étant sous influence mutuelle, elles peuvent tout de même tenir en compte cette variété d'indices car elles font partie des parties prenantes de la pollution et de la recherche de durabilité. D'autres indices et indicateurs, comme vu ci-dessus, peuvent être ajoutés au niveau des entreprises comme l'analyse de flux, le cycle de vie, les coûts et bénéfices, la modélisation conceptuelle, etc.

3.2. Identité entreprise

3.2.1. *Chaîne de valeur: baisse des émissions de GES*

L'apparition du numérique a changé les modes de fonctionnements, d'achat, d'information mais a aussi introduit une nouvelle vision de la chaîne de valeur et de nouvelles procédures managériales, de nouvelles compétences nécessaires aux métiers, ou encore un changement des différentes structures des entreprises. Grâce à ces nouvelles valeurs, les entreprises ont vu leur productivité augmenter (Schurmans, 2020) et de nouveaux termes apparaître comme celui de transition numérique.

De plus, cette nouvelle chaîne de valeur s'enrichit avec la responsabilité écologique, l'éthique que le numérique soulève dans la société, et l'environnement. Une entreprise est en conflit constant entre la logique économique et la logique sociale et écologique. Plus précisément, les possibilités de développement et d'agrandissement du marché ont fortement augmenté sur les dernières décennies mais cela a également augmenté les contraintes de responsabilité sociale et écologique sur le fonctionnement de l'entreprise. Hoffmann et Saulquin (2009, para.17), nous explique "Pourtant, il existe une imbrication forte entre l'économique et le social. D'une part les formes sociales sont modelées par les schémas d'efficacité économique, et d'autre part, le monde de la production fait partie intégrante du tissu social."

"Cela [l'imbrication] permet d'apporter de la créativité, de faciliter l'élaboration et l'analyse d'alternatives innovantes, d'imposer des analyses de risques des choix envisagés, d'élargir les modes d'évaluation économiques, basés non seulement sur la notion de coûts mais aussi de gains d'efficacité à moyen et long terme, de faciliter la concertation" (Hoffmann et Saulquin (2009, para.19).

L'influence de la RSE s'étend donc sur divers maillons de la chaîne de valeur, comme par exemple :

- Le design et le développement : dès la conception du produit, inclure l'aspect éthique de façon à rendre le produit accessible au plus grand nombre. Exemple : les poupées barbies de plusieurs handicaps ou ethnies ou l'achat de vêtement produits localement plutôt qu'en Chine où les conditions de travail ne peuvent pas toujours être vérifiées.
- La chaîne de production et de distribution : produire et distribuer de manière responsable et écologique, s'assurer que les employés soient traités de manière éthique et que les produits soient construits dans une vision durable.
- La vente et le marketing : Promouvoir de manière honnête et transparente.

Une vision claire sur sa chaîne de valeur permet de gagner en efficacité, en transparence et en réduction des émissions et déchets (Microsoft, 2023).

“Chacun de nous est consommateur de biens et services, importés ou non, qui possèdent une empreinte carbone à l'image des processus industriels, logistiques et techniques qui les ont fait naître. Sans un basculement massif de ces processus, aucune transition d'envergure ne pourra être espérée” (Dugast et Soyeux, 2019, p.16). En effet, la transition numérique et les défis de sa pollution amènent à revoir la chaîne de valeur des entreprises pour inclure une transition numérique mais surtout un développement durable. Pour ce faire, Dugast et Soyeux (2019) conseillent 3 étapes, en particulier pour décarboner la chaîne de valeur :

- Identifier la dépendance au carbone tout le long de la chaîne de valeur à travers le calcul du bilan carbone.
- Décarboner les processus de la chaîne de valeur. Pour ce faire, une entreprise a la possibilité de transformer plusieurs éléments de sa chaîne, certains communs à ceux décrits ci-dessus :
 - Le design et le développement : avant la production, les designers et développeurs du produit doivent étudier et comprendre l'impact environnemental du produit ou service. La création, l'amélioration et l'innovation du produit se fera aussi avec un objectif de durabilité et de moindre coût carbone.
 - La fabrication et la distribution : les étapes de fabrication et de distribution doivent se faire d'une manière cohérente avec les réalités environnementales et en fonction des consignes environnementales établies lors du développement.
 - La vente et le marketing : l'entreprise doit viser une transparence sur les capacités et limitations écologiques de ses produits ainsi qu'une priorisation de l'aspect écologique dans son budget.
 - L'utilisation : les utilisateurs sont alors responsables de l'utilisation du produit ou service. Cependant l'entreprise peut sensibiliser ceux-ci à une utilisation durable et écologique du produit.
 - L'élimination et le recyclage : l'entreprise doit s'assurer que le cycle de vie de ses produits soit le plus long possible (ou durable) et qu'une forme de recyclage soit assurée lors de la fin de vie des produits, autant que possible.
- Inclure la question climatique dans la stratégie de l'entreprise et entreprendre des actions de manière responsable et cohérente à cette stratégie tout en répondant aux défis qui en découlent et en agissant à la hauteur des enjeux.

3.2.2. *Business models durables*

Le manque d'inclusion de la notion durable et plus particulièrement de celle-ci dans ses aspects écologiques amène davantage de réflexions des entreprises et de concepts modernes, comme par exemple certains nouveaux business models.

Versluys et Vandenhante (2018) introduisent une méthode pour transformer le business model des entreprises dans le cadre d'une économie circulaire (Cfr infra p. 35) et digitale qui est appelée Lean Startup. Cette méthode s'apprête bien aux entreprises proposant un produit digital mais souhaitant l'inclure dans une dimension circulaire de l'économie, différent du système socio-économique actuel. Pour cela, une startup construira son Business Model Canvas tout en utilisant les outils de réflexion proposés par la méthode Lean Startup :

1. La génération d'idées. Il s'agit d'enquêter et d'établir si le produit digital peut répondre à un problème des clients, et renforcer ses connaissances sur le marché et sur les clients. Pour cela, l'utilisation de la proposition de valeur du Business Model Canvas reste un outil idéal.
2. L'adéquation problème-solution consiste en l'établissement d'un concept théorique d'un produit ou service qui puisse répondre aux besoins du client et que ce dernier veuille payer pour résoudre un problème. Dans un second temps, le Produit Minimum Viable (MVP en anglais) est un outil utilisé pour concevoir le produit le plus minimal, le plus rapide à concevoir et le plus efficace, qui permette de proposer une réponse aux besoins du client tout en incluant une notion circulaire au produit. Grâce à cet outil, le produit gagne une description, un storytelling et une communication marketing qui assurent que le client obtienne une solution à son problème.
3. L'adéquation du produit au marché permet de vérifier la faisabilité économique et circulaire du produit dans un marché plus grand et avec une segmentation plus large de la clientèle. Le principe est de vendre ce produit à un échantillon de clients et que ceux-ci confirment un mécontentement s'ils ne peuvent pas l'utiliser, mais qu'il permette aussi de déterminer combien les clients seraient prêts à payer pour ce produit ou service.
4. La mise à l'échelle (Scaling en anglais) consiste en l'optimisation des processus de l'entreprise (service, communication, relation clientèle, etc.) afin d'attirer un plus grand nombre de clients tout en visant à maintenir les produits le plus longtemps sur le marché.

3.2.3. *Triple layered business model canvas*

Le Triple Layered Business Model Canvas est un outil d'innovation du business model qui ajoute au Business Model Canvas d'Osterwalder et Pigneur (2013) une couche environnementale et une couche sociale. Le niveau environnemental comprend la notion de cycle de vie des produits et le niveau social inclut le point de vue des parties prenantes (Joyce et Paquin, 2016).

Ce business model durable propose d'ajouter au cœur des business models des entreprises les créations de valeurs sociales et environnementales au même niveau que la création de valeur économique. Les entreprises s'engageant dans une innovation durable de leur business model ont l'opportunité de devenir plus compétitives en créant un nouveau moyen de livrer et capturer de la valeur axée sur la durabilité.

Le Triple Layered Business Model Canvas consiste en trois modèles à remplir par les entreprises (voir Annexe B). Chaque modèle correspond à une couche ce qui permet de pouvoir faire une analyse horizontale de chaque dimension. Par après, les trois modèles peuvent être lus de façon verticale afin d'avoir une vue globale de la coexistence des trois dimensions et de comprendre les relations entre chaque couche. Cela permet aux entreprises d'étudier comment un aspect de l'organisation peut avoir

des effets sur les autres dimensions (Joyce et Paquin, 2016). Cette structure de business model offre une nouvelle possibilité de réflexion, d'innovation et de développement durable.

4. Mise en place de stratégies et actions

4.1. Théorie du paradoxe

L'inclusion des trois dimensions (sociale, économique, environnementale) au sein des entreprises présente une certaine complexité. En effet, comme précisé précédemment, la poursuite de plusieurs objectifs stratégiques et les interactions entre plusieurs systèmes peuvent amener des conflits d'intérêts (Liénart et Castiaux, 2012). Par exemple, la dimension écologique peut poursuivre des enjeux et stratégies indépendants et contradictoires aux deux autres dimensions. Ces objectifs stratégiques contradictoires recherchés simultanément peuvent mener à une situation de paradoxe stratégique. Cette section étudie la notion de paradoxe, en lien avec la thématique étudiée.

Berger-Douce (2019) analyse 4 types de paradoxes :

- “Belonging” : relatif à l'appartenance, le type belonging décrit les tensions entre identité individuelle et collective.
- “Organizing” : relatif à l'organisation qui crée des processus concurrents afin d'atteindre l'objectif souhaité.
- “Performing” : relatif à la performance, concerne l'atteinte de plusieurs objectifs concurrents. Cela résulte d'une vision conflictuelle de performance des parties prenantes.
- “Learning” : relatif à l'apprentissage, ce type de paradoxe décrit les tensions qu'il peut y avoir entre l'objectif de stabilité et celui de changement, de passé et de futur.

Le paradoxe stratégique expliqué dans le premier paragraphe correspond au paradoxe de type performing. Cela peut être une source de tension dans une entreprise. “Un paradoxe stratégique est alors défini par Livonen (2018) et Smith (2015) comme correspondant à la situation dans laquelle les exigences des parties prenantes internes et externes concurrentes, mais interdépendantes, sont intégrées dans les objectifs stratégiques de l'entreprise. Autrement dit, les paradoxes stratégiques sont aujourd’hui légions dans les organisations en raison de la complexité croissante des environnements” (Berger-Douce, 2019, para.13).

Cependant l'existence de tensions et de conflits ne résultent pas spécialement en une impossibilité d'atteinte des objectifs stratégiques conflictuels. Les organisations, dont les entreprises, peuvent bénéficier d'une pratique de gestion des paradoxes. L'idée est d'identifier la nature des conflits et d'identifier les pratiques organisationnelles favorisant la gestion des paradoxes.

Les paradoxes s'identifient dans une nature saillante ou latente. Les tensions saillantes sont perçues par les acteurs et parties prenantes tandis que les tensions latentes sont inaperçues ou ignorées par

les acteurs. La nature des tensions peut aussi changer suite à la raréfaction de ressources temporelles, financières ou humaines. Un exemple de paradoxe serait de considérer la voiture du point de vue de la dimension environnementale. Dans ce cas, la voiture serait considérée comme étant polluante et il faudrait dans cette logique la bannir. Cependant si on analyse le point de vue des dimensions économiques et sociales, la voiture est bénéfique en termes de profit économique et de bien-être social.

“Dans le modèle d'équilibre dynamique de Smith et Lewis (2011), les tensions saillantes peuvent évoluer soit négativement vers un cercle vicieux pour cause d'inertie organisationnelle ou d'anxiété émotionnelle des individus, soit positivement vers un cercle vertueux grâce à une stratégie d'acceptation des tensions paradoxales, autrement dit une volonté managériale de « faire avec » et de sortir d'une logique stratégique purement défensive.” (Berger-Douce, 2019, para.14)

La gestion des paradoxes dans les entreprises peut s'entreprendre de plusieurs façons et celles-ci peuvent se distinguer en trois grandes logiques :

1. la différenciation: “vise à parcelliser le paradoxe par des pratiques de compartimentage ou séquentielles.” (Berger-Douce, 2019, para.15)
2. le dialogue: “a pour objectif de concilier les tensions paradoxales en créant des échanges mutuellement gagnants par des pratiques de stratification, d'oscillation ou de construction locale.” (Berger-Douce, 2019, para.15)
3. La disparition: “gère le paradoxe en cherchant à le faire disparaître par des pratiques de recadrage.” (Berger-Douce, 2019, para.15)

Dans le cadre de conflits entre la stratégie numérique et écologique, il est important de définir les objectifs de chaque stratégie. La stratégie de transition numérique repose sur la capacité de l'entreprise à consolider l'émergent, c'est-à-dire les nouvelles pratiques et phénomènes qui naissent de la transition numérique. L'entreprise doit alors structurer cet émergent, l'analyser et le synthétiser, identifier les parties prenantes et enfin partager les informations. Lorsque ces aspects ont été identifiés, l'entreprise doit alors les consolider au sein de son organisation (Berger-Douce, 2019) en incluant la stratégie numérique comme priorité dans la transformation de l'entreprise ; en définissant de nouvelles méthodes de travail et en gérant la transformation auprès des parties prenantes (par exemple fournir un soutien aux managers face à la résistance au changement).

Ces mêmes méthodes peuvent s'appliquer à la transition écologique. Cependant la transition écologique a un objectif stratégique appuyé par “l'exigence écologique” qui impose aux entreprises de s'adapter aux urgences écologiques et pénuries de ressources à venir si ces dernières veulent perdurer. Les dirigeants ont le choix entre 3 grandes logiques : le déni, l'accommodement ou le retournement (Gomez, 2022).

Le déni approche l'exigence écologique comme une contrainte ne concernant pas les affaires économiques, imposées par des parties externes à l'organisation. L'exigence écologique vient alors perturber les logiques et pratiques entrepreneuriales. Dans ce cadre, les dirigeants font confiance à leur routine et au fonctionnement jusqu'à présent des bonnes pratiques d'entreprise. L'exigence écologique est alors niée et peut être considérée comme élément perturbateur à la pérennité des entreprises. Le lobbying est un exemple d'entreprises résistant aux contraintes qui leur sont imposées. La stratégie des entreprises dans ce déni est alors de trouver une façon de maintenir leur pratique comme auparavant. Cette stratégie repose sur l'ignorance des urgences climatiques, sur la minimisation des données, sur le gain de temps, la résistance au changement et sur les biais des dirigeants.

L'accommodelement approche l'exigence écologique comme un avertissement de changement et de perturbation des modèles d'affaires. Les dirigeants considèrent les exigences écologiques comme une nécessité à inclure dans leurs activités afin que les entreprises perdurent. La stratégie des entreprises dans l'objectif d'accommodelement est de continuer à créer de la valeur économique tout en améliorant la dimension écologique. Ici, les dirigeants cherchent à répondre aux demandes sociétales de l'entreprise tout en ne changeant pas trop leur processus de production et économique actuels. La production en masse de véhicules électriques est un exemple d'accommodelement entre les activités de l'entreprise et la prise en compte de l'exigence écologique. De plus, les pratiques durables au sein de l'entreprise produisent de nouvelles normes qui imposent un nouveau standard dans les marchés et a pour effet d'évoluer l'économie.

Le retournement approche l'exigence écologique comme une "*opportunité économique*" (Gomez, 2022, para 9). L'exigence écologique traduit des nouveaux besoins de la société où les entreprises ont l'opportunité de répondre et de produire une nouvelle valeur économique. Gomez (2022) donne l'exemple d'un constructeur de voitures qui identifie de nouveaux besoins quant à l'excès de véhicules et aux usages individuels, qui présentent une réalité néfaste pour l'environnement. Le constructeur peut alors produire moins de voitures mais proposer des services de gestion de flottes de voitures dans les entreprises, des systèmes de covoiturage, etc. Les dirigeants sont alors ouverts à de nouvelles pratiques et à des nouveaux modèles d'affaires afin de répondre à l'exigence écologique.

4.2. Industrie des machines et servicisation

L'apparition du numérique et la transition numérique poussent certaines industries à revoir leurs produits et services ainsi que leurs business models. L'industrie des machines en fait partie, ce qui est dû à la forte concurrence et à la décroissance d'innovations centrées sur la mécanique des appareils et machines. La performance mécanique ne suffit plus pour accroître les parts de marché ; il est d'ailleurs prévu une baisse de profit de 23% en moyenne pour ces entreprises. Bain et Company (2022) présente des nouvelles possibilités d'accroissement du profit qui résident dans les dimensions externes à la mécanique de l'industrie des machines :

- La capacité pour les machines d'opérer avec d'autres équipements grâce à des logiciels ou des automations.

- L'adaptation aux besoins du clients grâce aux nouvelles applications des machines et à une expertise des procédés.
- La capacité pour les entreprises de monétiser le tout.

Bien que la mécanique des machines reste une force dans l'industrie des machines, cette dernière a vu dans les dernières décennies des améliorations dans leur "intelligence" par l'ajout de software ou d'automatisations. Par exemple, les investissements actuels dans les robots se situent principalement dans la gestion d'un réseau contrôlant le mouvement coordonné d'une flotte de robots autonomes agissant au côté des humains ou dans l'analyse de données et le cloud.

L'investissement dans les logiciels et les technologies et dans l'intégration verticale (c'est-à-dire l'intégration de nouvelles activités) permettent aussi de diversifier les capacités opérationnelles et de répondre aux demandes croissantes des clients en termes de spécialisation des machines et ainsi d'atteindre des nouvelles parts de marché. Le business model se focalise alors sur la "solution".

Finalement, l'innovation repose aussi dans une transformation des business models classiques vers un business model de services ou d'équipements et par la création de nouvelles conditions de contrat de service. Les services sont proposés sous plusieurs formules telles que le paiement en fonction de l'utilisation des clients ou des résultats obtenus après services ou la formule de paiement conditionnel selon certains indicateurs de performance (Bain & Company, 2022). Les conditions et accords de services pourraient s'illustrer comme un échange entre entreprises où l'une emballer les boissons de l'autre et en échange obtient une part du profit des ventes de cette dernière.

Ces changements risquent de fortement changer l'industrie des machines en termes de produits, de services, de business models, d'organisation, de collaboration et de concurrence. Les entreprises qui auront su adapter leurs fonctionnements actuels en adéquation avec les transitions évoquées ci-dessus auraient donc plus de chance de survivre à la disruption.

Le digital fait partie inhérente de cette transformation et constitue un outil qui permettra aux entreprises de passer d'un business model centré sur la mécanique à un business model basé sur la solution et le service, tels que l'optimisation de l'utilisation des outils par l'analyse des données ou encore la programmation de la maintenance. Ainsi, ces nouveaux business models seront obtenus par une combinaison de hardware, software et de services qui sera composée spécifiquement pour les besoins des clients.

La transformation digitale de l'industrie des machines se produit pourtant lentement malgré les promesses de nouveaux marchés et d'innovation que celle-ci présente. En effet, selon Bain et Company (2022), seulement 5% des entreprises dans les secteurs industriels ont entrepris une transformation digitale complète. Cela serait dû à deux causes principales. D'une part, la vitesse de la

transformation qui serait sous-estimée par la direction. De l'autre, les premiers investissements que les entreprises ont déjà faits dans la transformation digitale, qui peuvent procurer une impression d'accomplissement ralentissant les investissements futurs.

Bain et Company (2022) estime pourtant que les entreprises entreprenant une transformation digitale ont quatre fois plus de chance de surpasser la concurrence. La transformation digitale et le business model “x-as-a-service” sont donc cruciaux pour le futur de l'industrie des machines ainsi que pour d'autres industries.

Cela peut se produire de multiples façons comme par exemple investir dans les équipements connectés et les plateformes cloud qui permettent d'améliorer le support clientèle à distance, réduire les coûts et améliorer l'efficacité. Un exemple concret est le contrôle du thermostat à distance à travers un smartphone, un client peut maintenant contrôler le thermostat à distance afin de s'adapter au mieux à son planning, la météo, et réduire et optimiser les coûts grâce au contrôle en temps réel de la consommation (Netatmo, n.d.).

Par l'exemple de la servicisation (business model basé sur le service), on peut constater que la digitalisation, les nouveaux besoins des clients, la concurrence et les ressources ont un potentiel d'innovation qui se répercute aussi sur la création de nouveaux business models. On peut noter par exemple :

- La possibilité au producteur de rester propriétaire de son produit tout en offrant l'utilisation ou la fonctionnalité de ce produit à ses clients (Versluys, n.d.).
- Inclure l'aptitude au service du produit dans le design de ce produit (Verlsuys et Vandenhante, 2018).
- Faire payer au client l'utilisation, l'accès ou la fonctionnalité du produit au lieu de faire payer le produit (Ellen MacArthur Foundation, 2016).
- L'open innovation qui permet un échange interne et externe des données et idées dans un réseau ou un écosystème. L'open source, par exemple, permet aux entreprises créatrices d'un logiciel de partager le code de son produit et de permettre à ses utilisateurs d'améliorer et innover le produit. Les entreprises peuvent bénéficier fortement de l'open source. Un logiciel “open source est plus facile à maîtriser techniquement par les équipes internes et les données qu'il gère appartiennent de facto à l'utilisateur ou l'entreprise. Il est aussi possible de mieux l'adapter au contexte de l'entreprise, de le maintenir à un coût plus faible et de libérer du temps pour des tâches à plus forte valeur ajoutée” (Lemaire, 2021, para.15) contrairement aux logiciels propriétaires.

5. Système économique

Un des piliers centraux de l'évaluation écologique numérique des entreprises et qui propose des outils permettant aux entreprises de prendre des décisions est la dimension économique. Bien que certains aspects économiques aient déjà été mentionnés précédemment dans ce travail, certains points n'ont pas encore été abordés jusqu'à présent. Ces points concernent principalement l'emploi

supplémentaire d'outils économiques dans un environnement économique impacté par la transition écologique et la transition numérique.

5.1. Le coût social du carbone

Le coût social du carbone (CSC) est un outil de mesure économique estimant le coût socio-économique et/ou les dommages de l'émission de dioxyde de carbone CO₂. Cet outil estime l'impact monétaire des dommages d'une émission d'une tonne supplémentaire de CO₂. Les dommages sont estimés au long-terme en s'appuyant sur les paramètres du changement climatique tels que la température, les précipitations et la biodiversité.

Les économistes et politiciens utilisent le CSC pour analyser les coûts et bénéfices des décisions politiques et des investissements. Le CS peut être utilisé comme coût pour les projets qui émettent du CO₂ ou comme bénéfice pour les projets qui réduisent les émissions carbonées. Cela permet aussi de comparer les stratégies possibles et de décider lesquelles entreprendre en maximisant l'efficacité économique et les effets positifs sur la durabilité. Les économistes du climat l'utilisent pour déterminer :

- Dans une finalité de planification sociale : s'il faut ou non réduire les émissions de GES et à quel rythme.
- Dans la planification des investissements : un investissement vaut la peine d'être réalisé si son bilan coût / bénéfices est positif une fois pris en compte le coût des émissions de GES.
- Dans l'objectif de la tarification fictive pour servir de référence pour la réglementation : le niveau auquel les taxes sur le carbone devraient être fixées.
- Dans l'objectif de la régulation pigouvienne : niveau auquel les taxes sur le carbone devraient être fixées, en considérant les coûts sociaux des externalités négatives.

La tarification du carbone, quant à elle, est une mesure résultant du CSC et peut prendre deux formes.

Premièrement il y a la forme du marché de quotas d'émission qui consiste à "plafonner la quantité maximale de carbone pouvant être émise au cours d'une période donnée (quotas) et de laisser les acteurs échanger ces quotas sur des marchés primaires et secondaires afin de couvrir leurs émissions, faisait apparaître un prix d'échange par unité de carbone (il s'agit de l'instrument qui couvre actuellement, au niveau européen, les producteurs d'électricité et les plus grandes entreprises)" (Climat.be, 2019, para.5).

La taxe carbone est la deuxième forme de tarification qui est "une taxe ajoutée au prix de vente de produits ou de services en fonction de la quantité de gaz à effet de serre émis lors de leur utilisation" (Climat.be, 2019, para.5).

Bien des pays ont déjà instauré certaines mesures de tarification. En Belgique, Climat.be (2019) participe à la mesure de tarification de marché européen d'échange de quotas d'émissions et déclare que 308 entreprises couvrent plus de 80% des émissions industrielles belges. De plus, le prix carbone (c'est-à-dire le prix incluant la taxe carbone) semble avoir un impact prometteur sur les prises de décisions et le changement de stratégie. En effet selon une interview de la RTBF l'idée de la tarification carbone est efficace. Selon Damien Ernst et Francesco Contino, ingénieur en électromécanique et professeur à l'UCLouvain. "Rendre un produit qui émet du CO₂ plus cher favorise le recours aux alternatives", affirme Damien Ernst. Et "on a bien vu lors de la crise énergétique que le signal prix faisait davantage pencher la balance que les rapports multiples et détaillés du GIEC", confirme Francesco Contino." (Wilquin, 2023, para.11).

5.2. Économie circulaire

L'urgence climatique et le manque de ressources matérielles, énergétiques, de travail et de capital génèrent de nouveaux besoins. Toutefois l'approche néoclassique de l'économie présente des limites qui empêcheraient de relever pleinement les défis cités ci-dessus. Par exemple, les ressources dans l'économie néoclassique sont considérées comme infinies et conduisent à la surconsommation des ressources. Or, la réalité est que les ressources sont finies et que certaines se raréfient (Climat.be, 2023).

Présentée par la Fondation Ellen MacArthur, l'économie circulaire cherche à concevoir de manière à éviter la pollution et les déchets, à maintenir l'utilisation et l'utilité des produits et des matériaux, et à améliorer les systèmes naturels dans le monde entier (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

L'idée de base de l'économie circulaire est de conserver la valeur ajoutée initiale d'un produit aussi complet et aussi longtemps que possible. (Versluys et Vandenhante, 2018). Ainsi, moins le produit usagé doit être transformé pour être remis en circulation, plus il conserve sa valeur et plus l'impact sur l'environnement est limité.

Les principes de l'économie circulaire sont (Ellen MacArthur Foundation, 2017):

- la conception des produits pour avoir une longue durée de vie comme par exemple comprendre la facilité de réparation des produits et assurer une plus longue durée d'utilisation des produits.
- le recyclage des produits et un système de boucle où les produits en fin de vie puissent être réutilisés, transformés ou recyclés afin d'intégrer une nouvelle boucle de vie.
- l'encouragement à la réparation ou à la réutilisation des produits
- l'engagement et la collaboration de toutes les parties prenantes (gouvernement, entreprises, individus, etc.).

Un nouveau format d'économie comme l'économie circulaire, répondrait alors aux besoins climatiques, réduirait les émissions de GES, éviterait la surconsommation des ressources et augmenterait la collaboration avec pour objectif la durabilité. L'économie circulaire, n'est pas la seule forme de système économique mais elle pourrait être source d'inspiration pour les économistes et décideurs politiques.

5.3. Décroissance

Notre modèle économique capitaliste actuel présente de nombreux défauts. En effet, la croissance a longtemps été promue mais, aujourd'hui, nous réalisons l'impact négatif qu'elle a sur la durabilité. Même si le concept de développement durable s'est développé, cela ne réduira pas suffisamment l'impact environnemental par rapport aux exigences actuelles (Martinez et al., 2010). Le modèle de décroissance peut donc être envisagé, en opposition au modèle actuel, qui ne s'avère pas pouvoir perdurer de manière durable. Néanmoins, malgré l'avancement des recherches et le développement des concepts liés à ce modèle, un cadre unique n'a pas été établi. Il est donc plus difficile de considérer concrètement cette nouvelle théorie et de la développer.

Dans la littérature et dans les parcours universitaires, on retrouve largement, dans les cours d'économie, un point de vue basé sur le capital et le modèle du PIB. Cet article montre que d'autres modèles sont pris en compte et peuvent inclure de nombreuses variables absentes du modèle du PIB. Par exemple, l'une des variables prises en compte (Victor et Gideon, 2007) est la réduction de la semaine de travail. Cette variable n'est pas du tout prise en compte dans le modèle classique, car elle réduirait la croissance par individu. Cependant il est notable qu'en considérant une autre perspective, le bien-être de la population pourrait finalement être plus élevé qu'il ne l'est en réalité. Bien sûr l'économie actuelle a un long historique centré autour du modèle du PIB et le système économique présente une vaste complexité jumelée à une très grande inertie.

5.4. Transdisciplinarité

L'intégration de la dimension écologique et la sollicitation à la durabilité demandent de nouvelles connaissances, recherches et mises en application. L'interdisciplinarité permet à juste titre d'amener les connaissances de multiples disciplines académiques ou domaines et d'échanger et de résoudre dans un objectif commun les défis environnementaux et durables.

Dans l'article de Kates et al. (2001), les questions fondamentales sont abordées. Par exemple, la question des limites et des frontières de notre système a été approfondie depuis lors (On peut ici citer la limite de 1,5°C) mais doit encore être rendue davantage transparente et communiquée plus largement pour garantir que le fossé des connaissances se réduise entre les parties prenantes (Au bout du spectre, on peut rappeler la persistance du climato-scepticisme). Internet a facilité le partage d'informations, mais cela s'accompagne inexorablement d'une nécessité de pouvoir filtrer et chercher de manière éclairée les données. Kates et al. (2001) ont remarqué que la démocratisation de l'internet allait réduire la *fracture numérique*. En réalité, elle a effectivement réduit le fossé, mais l'inconvénient supplémentaire est qu'il faut faire un effort supplémentaire pour trouver la connaissance spécifique dans cette immensité d'informations. Par conséquent, la recherche transdisciplinaire sur la durabilité peut faciliter cet effort en rassemblant de nombreuses parties prenantes différentes avec des connaissances nouvelles et diverses, additionnant les expertises pour un problème aux nombreuses dimensions.

Les lignes directrices et les principes spécifiés de Lang et al. (2012) constituent un avantage considérable (notamment en termes de légitimité et d'appropriation) pour faciliter le partage des connaissances et tirer parti des origines diverses des parties prenantes. Quelques exemples de lignes directrices sont la création d'une équipe regroupant toutes les expertises nécessaires et ensuite répartir les rôles de recherches entre les membres de l'équipe (voir Annexe C). Un défi que présente

la transdisciplinarité est de penser et d'agir en tant qu'équipe et non en tant qu'individus, car chaque partie prenante peut exercer une influence et des objectifs différents, mais l'équipe doit agir dans un objectif commun de durabilité.

Fischer *et al.* (2012) soulignent précisément que la participation offre davantage de possibilités d'influer sur le système en termes de durabilité. Les décisions prises dans le cadre d'un processus de participation semblent être plus généralement acceptées. En outre, les institutions de la société civile sont plus enclines à accélérer la transition et à mettre en place de nouvelles réformes. Cependant, les institutions de cette dernière et la collaboration participative peuvent se retrouver en biais des codes du capitalisme. La coexistence des deux systèmes semble possible dans une moindre échelle mais tirer profit des avantages de ceux-ci présente un défi immense à l'échelle institutionnelle.

Une partie de la solution réside dans les croyances et les systèmes de valeurs. En effet, un changement à ce niveau pourrait être engendré par le partage des connaissances et l'interdisciplinarité. Celle-ci peut donc être considérée comme une force motrice dans la transition durable. Elle peut aussi être partagée par le biais de l'éducation. En effet, l'éducation et la connaissance ont apporté de nombreux avantages à la population (Lutz et Samir, 2011) et forment un outil fiable pour faire évoluer les croyances et les valeurs et, par conséquent, améliorer la durabilité.

5.5. La socio-économie écologique

La socio-économie écologique est une étude de recherche transdisciplinaire combinant l'économie avec l'écologie afin de rechercher les interactions entre ces dernières. L'économie est alors étudiée dans l'écosystème comprenant l'activité humaine et ses impacts sur l'environnement plutôt que dans une structure néoclassique oubliant les limites de l'environnement et ses ressources.

Au sens large, ce mouvement vise à fournir une alternative à la conceptualisation traditionnelle. Les répercussions des activités économiques sur des objets "extra-économiques", la nature en particulier, et les rétroactions, ne sont plus traitées comme des exceptions, qui seraient extérieures au système de marché. L'économie s'inscrit dans un réseau d'exactions et de flux de matières, de transformations et de rejets. Derrière les flux monétaires se cachent les flux énergétiques et matériels qui ancrent l'économie dans l'écosystème (Bartkowski, 2016).

Plus globalement, l'économie écologique cherche à combler le fossé entre les sciences naturelles et les sciences sociales afin de développer une compréhension plus holistique de la relation entre l'économie et l'environnement dans une approche systémique. Elle fournit des informations précieuses aux décideurs politiques, aux entreprises et à la société qui sont confrontés aux défis de la dégradation de l'environnement et du développement durable.

6. Conclusion

Dans cette partie nous avons fait un tour d'horizon des concepts centraux à la responsabilisation écologique numérique des entreprises, comme la notion de durabilité, celle de responsabilité, de RSA et de RSE. De plus, il est important de relever que le numérique se trouve au cœur d'une double transition en tension, à la fois numérique et écologique.

Le monde numérique apporte de très nombreux bénéfices et est au centre d'enjeux innombrables et de grande importance. C'est une révolution qui bouleverse, dans un contexte d'urgence climatique, les différents systèmes qui composent notre société, comme l'économie ou les industries. Il est également un outil dont la durabilité est essentielle, à la fois au niveau social, économique et écologique, à sa conception comme dans ses utilisations. La coexistence des deux transitions amène inévitablement la question de la part de responsabilité liée au numérique des différents acteurs, en particulier des sociétés, au sein de leur responsabilité écologique. Pour cela, il faut maintenant s'intéresser plus en détail au concept central de pollution numérique.

Partie 2 : pollution numérique en entreprise

Cette seconde partie couvre le concept de pollution numérique. Elle se consacre également à l'approfondissement de la transition et de la culture numérique avant de dresser une liste des principaux facteurs de pollution numérique, comme le cycle de vie des produits et comment ils y contribuent. L'aspect immatériel de certains outils numériques sera abordé, ainsi que les manières dont ces outils peuvent contribuer à une certaine durabilité.

1. Transition numérique

1.1. Culture numérique

La transition numérique ou la transformation digitale, introduite au début de la première partie a été décrite comme étant en particulier créatrice de nouvelles chaînes de valeurs, de nouvelle culture et comme disruptive sur le plan de son écosystème. Celle-ci offre aux entreprises l'opportunité aux entreprises d'explorer et d'exploiter de nouvelles technologies, possibilités et informations ainsi que de transformer leur niveau organisationnel (Berger-Douce, 2019).

La nouvelle chaîne de valeurs implique le besoin de nouvelles compétences ainsi que l'apparition de nouveaux métiers tels que "data analyst". Les entreprises transforment leur organisation et pratiques managériales afin d'intégrer un soutien informatique et technologique. Les valeurs, comportements et pratiques sont bouleversés par la culture numérique. Elle peut se reconnaître à travers trois dimensions (Monnoyer-Smith, 2017).

- 1) la dimension de bricolage: c'est-à-dire la capacité de mélanger et de manipuler des contenus numériques divers pour les assembler "selon des logiques empruntées aux différents médias. La production expressive des générations du millénaire sur tous les réseaux sociaux en constitue un exemple frappant" (Monnoyer-Smith, 2017, para.4).
- 2) la dimension de remédiation: "décrit le processus d'évolution des objets numériques comme un mélange intégrant anciens et nouveaux médias avant que ne se déploie une sémiotique spécifique au nouveau média"(Monnoyer-Smith, 2017, para.4). Par exemple, avant que les supports d'édition digitaux n'existent, il y a d'abord eu un passage de la numérisation du papier.
- 3) la dimension de participation: c'est-à-dire la construction d'un environnement socio-technique où les utilisateurs vont activement s'engager et participer à la création et au partage de contenus dans une perspective de création de valeur.

A travers ces dimensions, on peut retrouver et analyser des difficultés pour composer avec la culture numérique, tant en termes de contraintes technologiques que de contraintes sociales, en particulier dans un contexte écologique. Monnoyer-Smith (2017, para.6) illustre un défi et ces trois dimensions par l'exemple suivant: le défi écologique du recyclage aurait été mieux reçu par la population si les dimensions culturelles avaient été prises en compte "*La mise : en place des procédures de tri sélectif s'est ainsi avérée d'une complexité incommensurable au regard de l'intensité de l'effort demandé aux citoyens. On peut poser l'hypothèse qu'une politique de tri s'appuyant sur des pratiques locales (bricolage), organisées tout d'abord entre professionnels ou entre particuliers (participation) sur une*

aire limitée, puis s'étendant progressivement en ayant recours tant aux bennes traditionnelles qu'à d'autres types de ramassage, avant de développer une vraie filière (remédiation), aurait sans doute permis d'avancer plus vite. Et d'éviter que de grands centres urbains n'aient à ce jour toujours pas de tri sélectif."

La transition numérique bouleverse aussi la performance des entreprises. La productivité des entreprises et les indicateurs de performance sont transformés par l'inclusion de la dimension numérique (Berger-Douce, 2019). Par exemple, le succès d'une campagne marketing peut s'établir en fonction du nombre de vues de la campagne sur les réseaux sociaux, du nombre de notifications ouvertes ou de partages.

1.2. Écosystème digital

Dans le cadre de cette transition numérique, on remarque des effets bénéfiques sur les marchés économiques, les marchés de l'emploi et sur l'optimisation des investissements et prises de décisions. Roosens et Haid (2017) estiment qu'en 2020 7,4 millions de personnes seraient employées et augmenterait 3,17% du PIB de l'Union Européenne (643 milliards EUR) grâce au marché des données sur l'Union Européenne. Un marché unique numérique européen et la digitalisation de ses pays amènent une augmentation du PIB ainsi que du nombre d'emplois. Cependant l'évolution rapide des technologies requiert une bonne adaptation des infrastructures technologiques et donc rapidité de réaction face à l'innovation.

Les résolutions et investissements dans les infrastructures technologiques requièrent des évolutions et une maintenance continue afin d'assurer le suivi de l'évolution technologique et de ses nouveaux besoins, et d'optimiser les bénéfices (Ellen MacArthur Foundation, 2016). Le numérique peut justement être utilisé comme outil d'optimisation temporelle et d'exploitation des données. Pour optimiser à court et long terme, les outils numériques permettent de réaliser des tâches telles que de calculer des investissements dans les infrastructures et de déterminer des structures de réseaux qui sont plus adaptées aux nouvelles problématiques d'énergie renouvelable que celles des réseaux classiques (Michel et Meheut, 2017). Enfin, les outils numériques permettent une exploitation avancée des masses de données afin d'aider à évaluer les enjeux, les conséquences des différentes décisions stratégiques et ainsi à faire un choix optimal parmi les multiples scénarios de transition (Michel et Meheut, 2017).

2. Facteurs de pollution numérique des entreprises

2.1. Définition pollution numérique

Les questionnements de l'impact environnemental que le numérique peut avoir sur l'environnement et particulièrement les impacts négatifs peuvent se regrouper sous le concept de pollution numérique. "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" (Greenpeace, 2022, para.1). Elle regroupe donc les impacts néfastes environnementaux du numérique et ses contributions au dérèglement du climat planétaire.

Selon le rapport Benchmark Green IT (2021), la pollution numérique peut se mesurer sous un ensemble de critères de pollution:

- l'épuisement de l'énergie primaire, et plus précisément sa consommation qui conduit à l'épuisement de la ressource;
- la participation au réchauffement global;
- la consommation d'eau;
- l'épuisement des ressources naturelles non renouvelables (dites abiotiques).

Le rapport mentionne également les principaux contributeurs aux indicateurs environnementaux:

- les utilisateurs (environnement de travail);
- les centres informatiques;
- les réseaux et la téléphonie;
- l'impression et;
- DSi (Direction des Systèmes d'information) et prestataires.

Green IT a organisé en 2021 une étude comparant les données de 25 organisations publiques et privées en France, Belgique et Suisse afin d'obtenir un benchmark permettant à une organisation de se situer à une référence commune. On peut citer pour les plus grands contributeurs pour les indices listés ci-dessus:

- Épuisement de l'énergie primaire : DSi et prestataires (42 %) ;
- Réchauffement global : DSi et prestataires (31 %) et utilisateurs (30 %) ;
- Consommation d'eau : utilisateurs (37 %) ;
- Épuisement des ressources abiotiques : utilisateurs (34 %), réseaux et téléphonie (31%) et centres informatiques (30 %)." (Bordage, 2021)

Figure 4. Les impacts selon les contributeurs

	 Énergie ¹	 Réchauffement ²	 Eau ³	 Ressources ⁴
Environnement utilisateur	16 %	30 %	37 %	34 %
DSi et prestataires	42 %	31 %	14 %	0 %
Réseau + téléphonie	23 %	19 %	25 %	31 %
Impression	6 %	10 %	11 %	5 %
Centre informatique, VM et stockage externe	13 %	9 %	12 %	30 %

Source: Bordage, F. (2021). *Numérique au bureau: 27% de notre forfait GES soutenable*. Récupéré de <https://www.greenit.fr/2021/11/01/numerique-au-bureau-27-de-notre-forfait-ges-soutenable/>

Les impacts de chaque contributeur diffèrent selon les critères de pollution. Les quantités d'équipements sont plus importantes pour les utilisateurs que les infrastructures et réseau cependant ces derniers ont proportionnellement un impact environnemental plus important si on prend en compte les composants plus néfastes des équipements et que les infrastructures sont constamment allumées. Enfin, il ne faut pas négliger l'impact humain dans le domaine informatique. Les déplacements travail-domicile et professionnels des prestataires, la production d'électricité consommée et l'utilisation de papier (et donc consommation d'eau) sont les contributeurs majeurs aux impacts environnementaux du système d'information (GreenIT.fr, 2021).

La pollution digitale consiste donc en une série d'impacts environnementaux du secteur technologique, et plus spécifiquement digital. Cela inclut l'empreinte carbone et la réduction des ressources associées à la production, l'utilisation, l'élimination et le recyclage des technologies électroniques et digitales. Il est intéressant de noter que ce travail emploie le mot "numérique" comme synonyme de "digital".

2.2. l'industrie 4.0

La transition numérique et l'apparition de nouvelles technologies ayant un pouvoir de transformation sur des secteurs variés de l'industrie réfèrent à un concept socio-technique nommé industrie 4.0. L'industrie 4.0 amène des promesses de performance économique et d'efficacité des processus industriels grâce à l'évolution des technologies (Ben Youssef, 2020). Les interactions entre les aspects technologiques, sociaux et organisationnels se renforcent et offrent de nouvelles opportunités d'applications et de produits pour le futur (Ben Youssef, 2020).

L'industrie 4.0 consiste en six principes (Ben Youssef, 2020) :

- L'interopérabilité qui permet à des appareils d'origine de fabrication similaire ou différente de pouvoir opérer ensemble ;
- La virtualisation qui permet de contrôler et monitorer les progrès des appareils ;
- La décentralisation permet de prendre des décisions et opérer de façon indépendante du système informatique centralisé ;
- La capacité en temps réel est la collection de données en temps réel et donc de prendre des décisions en temps réel ;
- L'axe du service où la proposition de solution/service est adapté aux besoins humains et
- La modularité qui permet une flexibilité et une adaptation en ajoutant ou retirant des modules.

Plusieurs de ces points ont déjà été élaborés dans les sections précédentes.

Les infrastructures sont un élément essentiel à l'industrie 4.0 pour soutenir les opérations. Une des infrastructures mentionnées précédemment dans ce travail est le centre de données. Ce sont des installations abritant des serveurs informatiques permettant de stocker et traiter des données numériques (Schurmans, 2020).

Les centres de données consomment des ressources et donc génèrent une pollution numérique. Afin de contrôler et calculer l'émission carbone des centres de données, les entreprises et fournisseurs utilisent un outil de calcul nommé PUE. "l'industrie des centres de données a adopté la mesure PUE (Power Utilization Effectiveness) qui est la mesure la plus fréquemment utilisée et qui représente le ratio entre la consommation d'électricité totale de l'installation entière comme par exemple l'électricité consommée par les systèmes de refroidissement et de distribution du courant et la consommation d'électricité de l'équipement informatique présent dans le centre de données comme les serveurs appelée aussi travail utile" (Schurmans, 2020, p.64).

En addition des centres de données, d'autres infrastructures sont nécessaires au bon fonctionnement des opérations numériques. L'industrie a besoin d'une infrastructure de réseau transmettant les données et donnant accès à la connectivité et aux services et contenus digitaux. Le service cloud (serveurs hébergés par des fournisseurs externes) et son infrastructure fournissent des ressources informatiques virtuelles telles que du stockage. Enfin, d'autres exemples d'infrastructures seraient les hardwares, software, bases de données, infrastructures de cybersécurité et les infrastructures d'énergies et d'électricité. Sans toutes ces infrastructures, l'industrie numérique ne pourrait fonctionner opérationnellement de manière efficace, surtout avec la demande montante en technologies digitales.

Lorsqu'on pense à l'innovation de l'industrie 4.0, on pense aussi à l'IoT (Internet of Things) qui correspond à une combinaison entre intelligence artificielle et indépendance des appareils. L'IoT offre une analyse avancée des données, une amélioration de la productivité et de l'efficacité. Une des technologies majeures du secteur de l'IoT est le RFID (Radio frequency identification) qui permet l'identification d'objet et la collection automatique de données de cet objet. Une autre technologie majeure est le capteur de réseau sans fil qui monitore et contrôle l'environnement (localisation et température) de l'objet (Ben Youssef, 2020). Grâce à ses technologies, les individus bénéficient à présent de pouvoir monitorer la livraison de leur commande en ligne et d'avoir les données exactes de la situation de leur commande.

Enfin, toutes ces infrastructures et équipement requièrent une consommation intensive d'énergie et d'électricité. Il devient intéressant, à ce point du travail de s'interroger sur les différentes origines d'énergies. Les fournisseurs d'énergies ont le choix de produire deux sortes d'énergies : les énergies renouvelables et les énergies non renouvelables. La différence entre les deux sortes repose sur la nature épuisable de la source. Les énergies renouvelables proviennent de sources d'énergies où le renouvellement naturel de ces sources est assez rapide que pour être considéré comme inépuisable.

Cependant la source d'énergie n'est pas le seul facteur de pollution dans le secteur de l'énergie. Ben Youssef (2020) constate une perte d'énergie et donc création de déchets structurels dans la production, la distribution et le surplus de stockage des énergies. Schurmans (2020) propose de remédier à cette problématique par le concept du smart grid "décrit comme un système de distribution d'énergie et d'informations à deux sens permettant à l'industrie électrique de mieux gérer la distribution d'énergie et de permettre aux utilisateurs d'avoir plus de contrôle sur leurs décisions en matière de consommation" (Schurmans, 2020, p.42).

2.3. Face cachée du numérique

2.3.1. *Le numérique n'est pas immatériel*

Malgré la pollution numérique existante et les effets négatifs de la transformation numérique, ce sujet est encore loin d'être mis en évidence dans les discussions liées au réchauffement climatique et de stratégies climatiques. On peut en effet attribuer à cette transformation un caractère "dématérialisé", ce qui peut expliquer une moindre importance dans le débat public. Le monde digital a remplacé les objets tangibles et les interactions physiques par un univers virtuel avec des interactions virtuelles (Longaretti et Berthoud, 2021). La transition numérique au sein des organisations a encouragé à digitaliser toutes les données et les supports d'information au bénéfice d'un support numérique et donc de les dématérialiser. Un utilisateur numérique a alors une impression moindre de contribuer à la pollution, de par l'absence de matière physique ou de volume polluant ou presque-absence à l'exception de l'écran nécessaire à accéder à l'univers virtuel.

Cependant, comme démontré précédemment, l'empreinte environnementale n'est pas définie que par l'utilisation actuelle du numérique et donc sa consommation énergétique. Il faut également prendre en compte d'autres indicateurs tels que les ressources, l'eau, la gestion des déchets en fin de vie, etc. Le manque d'organisation dans les filières de recyclage, l'augmentation exponentielle d'extraction de ressources rares et non renouvelables et le manque de traitement des déchets sont des exemples parmi d'autres d'une pollution systémique du numérique (Monnoyer-Smith, 2017). Et ces pollutions sont, d'un point de vue d'un utilisateur final, invisibles.

La dématérialisation est donc propice à donner l'illusion d'avoir un impact environnemental plus limité dû à la diminution de l'aspect physique alors que cet impact environnemental pourrait être bien plus important mais décentré sur d'autres contributeurs. Il devient également plus difficile pour les individus et les entreprises de tracer et d'évaluer la pollution numérique de leurs actes et de leur utilisation des outils numériques car leurs effets ne se limitent plus à son environnement immédiat.

En effet, une organisation qui utilisait beaucoup de papier pouvait constater, dans le passé, voir ses archives ou poubelles papier se remplir excessivement et prendre des décisions en conséquence. A

présent cette organisation s'est digitalisée et peut scanner ses archives, puis utiliser des applications, logiciels et communications électroniques à la place du papier. Le fait de ne plus voir de papier prendre de la place dans les bureaux et d'utiliser un équipement avec un stockage illimité rend la conscientisation difficile.

Cette perception biaisée par la nature invisible des ressources utilisées rend également difficile l'estimation correcte de la pollution numérique globale à cause de sa diffusion inégale à travers le monde et à cause du gaspillage de certaines ressources minérales irrécupérables dû aux usages dispersifs (Longaretti et Berthoud, 2021).

2.3.2. *Numérique au service de l'environnement*

Bien que le sujet de ce mémoire traite de la pollution digitale et souvent de ses conséquences sur l'environnement, il semble pourtant essentiel de mentionner que le numérique a d'autre part un fort potentiel en tant qu'outil de réduction de la pollution digitale. Le numérique peut devenir une aide majeure pour adresser les défis du changement climatique, mais aussi dans un rôle de promotion et de sensibilisation à la durabilité.

Le numérique a le potentiel de pouvoir réduire l'émission carbone à travers de multiples ensembles d'applications :

- Le management intelligent des énergies : le numérique devient un support de contrôle de l'utilisation de l'énergie. L'utilisation des énergies dans les bâtiments, centres de données, villes et maisons gagne en efficacité grâce au monitoring numérique et à leur analyse, offrant une utilisation optimale ainsi qu'un contrôle à distance.
- L'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux énergétiques. De plus, le numérique favorise le développement des sources d'énergies renouvelables.
- Le suivi des données en temps réel et les analyses des conditions de l'environnement offrent un aperçu réel et précis des informations environnementales afin de prendre des décisions adaptées et éclairées pour protéger l'environnement.
- Le management de la chaîne d'approvisionnement est rendu plus durable grâce au tracking des produits et un suivi à temps réel. La durabilité de celle-ci peut être contrôlée et améliorée sur les opérations et processus de production (Dugast, 2019).
- Le système de transport gagne en durabilité grâce au soutien du numérique dans le développement de transports à carbone neutre et l'amélioration de la mobilité urbaine (Schurmans, 2020).

Cependant ce potentiel d'aide à l'environnement dépend lui aussi de la manière dont le numérique est utilisé et développé. Il est donc essentiel de pouvoir équilibrer l'utilisation du numérique avec des pratiques durables tout au long du cycle de vie des technologies numériques.

2.4. Étapes du cycle de vie

Les étapes du cycle de vie des technologies où il est possible de mesurer l'empreinte environnementale à chaque étape. Ces dernières sont, dans l'ordre, la fabrication, l'utilisation et la gestion en fin de vie. Deux étapes vont particulièrement nous intéresser : la fabrication et l'utilisation. Comme on peut le constater dans la figure 5, les deux étapes ont des impacts fortement élevés sur les différentes ressources

Figure 5. Les impacts selon les étapes du cycle de vie : fabrication et utilisation

	Fabrication	Utilisation
 Épuisement énergie (PED)	19 %	81 %
 Réchauffement global (GWP)	44 %	56 %
 Tension sur l'eau douce (WD)	39 %	61 %
 Épuisement ressources (ADP)	98 %	2 %

Source : Bordage, F. (2021). Numérique au bureau: 27% de notre forfait GES soutenable. Récupéré de <https://www.greenit.fr/2021/11/01/numerique-au-bureau-27-de-notre-forfait-ges-soutenable/>

2.4.1. *Fabrication et chaîne d'approvisionnement*

Dans un premier temps, deux des points d'attention de la pollution numérique sont le processus de fabrication et la chaîne d'approvisionnement. En effet, cette partie concerne ces processus qui génèrent des externalités négatives en termes de durabilité et d'écologie, en particulier, au sujet des technologies digitales et de ses équipements.

Les technologies digitales et leurs équipements (serveurs, ordinateurs, smartphones et appareils connectés) requièrent des ressources matérielles dont l'extraction et la transformation de la matière première génèrent de la pollution. Ces procédés polluent par la production de déchets, la pollution de l'eau, des émissions de gaz à effet de serre provoqués par les procédés d'extraction et de transformation. Ces derniers ne sont pas nécessairement menés dans un objectif de durabilité et peuvent avoir un impact à court et long terme néfaste pour les générations futures.

De plus, l'extraction des matières premières pour les technologies demande des ressources humaines dont les droits ne sont pas toujours respectés et des travailleurs qui se voient contraints de mener leurs opérations dans des conditions dangereuses. Par exemple, Amnesty interpelle les producteurs de smartphones sur leur responsabilité quant au travail des enfants dans les mines de cobalt, utilisé pour les batteries lithium-ion des smartphones (Amnesty, 2016). Cette situation se déroule actuellement, et soulève la question, avec l'accroissement du numérique, d'un risque d'une situation qui se dégrade encore davantage.

La fabrication d'infrastructures telles que les centres de données et celle des appareils digitaux requiert aussi une importante quantité d'énergie. Si cette énergie n'est pas produite de façon renouvelable et durable, cette dernière peut alors être génératrice d'une grande quantité d'émission de GES néfastes pour l'environnement.

La consommation d'électricité pour répondre aux besoins numériques ne cesse de croître (Longaretti et Berthoud, 2021). Cependant cette consommation dépend de ressources devenant de plus en plus limitées comme le pétrole. C'est pourquoi il est important de transitionner vers une utilisation d'énergies renouvelables et en particulier que les acteurs les plus demandeurs d'énergie passent le plus rapidement possible dans un mode de production exploitant ces dernières (ex: Apple) afin de relever les défis du changement climatique à grande échelle. Cela doit dans le même temps s'effectuer en maintenant un niveau suffisant d'énergie renouvelable pour permettre la transition durable dans les procédés de recyclage et de récupération (FEB, 2021). "Nos choix en matière d'alimentation des infrastructures numériques conditionnent notre aptitude à respecter les engagements que nous avons pris en adoptant l'Accord de Paris sur le climat" (Monnoyer-Smith, 2017, para.9). L'organisation d'une gouvernance des ressources et la mise en place d'une pratique de bien commun, permettraient d'améliorer les interactions entre les deux transitions ainsi que d'inciter les acteurs du numérique à s'inclure comme parties prenantes de la transition écologique.

Un enjeu majeur pour la fabrication de technologies digitales est la rareté de métaux nécessaires à la fabrication des appareils. Françoise Berthoud, directrice du Groupement de service EcolInfo, illustre la rareté et l'impact sur l'empreinte écologique par un exemple: "un simple smartphone concentre à lui seul quelques dizaines de métaux différents, dont au mieux, en fin de vie, dix-sept d'entre eux feront l'objet d'une valorisation jusqu'au stade de la récupération du métal lui-même. Les autres métaux seront, quant à eux, dispersés et perdus" (Berthoud, 2017, para.2).

Figure 6. Résultats des parts de TICs dans la production et dans le recyclage

Tableau 1 : EXEMPLES DE MÉTAUX UTILISÉS DANS LES TICs ET LES ENJEUX ASSOCIÉS (DREZET, 2012 ; VIDAL, 2016) [1]

	Argent	Cuivre	Indium	Galium	Germanium	Lithium	Tantale	Terres rares
Usage	Contacts	Câbles	Écrans	Leds	Wifi	Batteries	LCD, condensateurs	LCD, aimants
Part de la production mondiale dédiée aux TICs	21 %	42 %	>50 %	40 %	15 %	20 %	66 %	20 %
Réserves (ans)	15-30	40	10-15	10-15	10-15	grandes	150	grandes
Recyclage	>50 %	>50 %	<1 %	<1 %	<1 %	<1 %	<1 %	<1 %

Source : Berthoud, F. (2017). Numérique et écologie. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 2017/3(87), 72-75. doi: [10.3917/re1.087.0072](https://doi.org/10.3917/re1.087.0072)

Les produits chimiques, s'ils ne sont pas recyclés ou utilisés comme ils devraient l'être, peuvent aussi engendrer des effets désastreux sur l'environnement par une contamination du sol et de l'eau. C'est également le cas pour l'eau qui doit être utilisée de façon parcimonieuse, surtout dans un contexte de rareté dans certaines régions. Des gestes individuels peuvent être réalisés dans la population générale. Dans sa production, l'industrie du numérique doit elle aussi veiller à optimiser l'utilisation de l'eau et à ne pas la gaspiller ni la polluer chimiquement. On peut constater que la figure 6 illustre des chiffres alarmants en ce qui concerne la durée d'utilisation de certains métaux ainsi que le manque de recyclage d'une majeure partie des métaux.

La transition digitale implique une demande plus importante en approvisionnement de technologies et équipements. Dans une situation de mondialisation et de complexité grandissante de la chaîne

d'approvisionnement globale, les domaines du transport et de la logistique sollicitent de plus nombreux trajets à longue distance et augmentent ainsi l'émission carbone.

Le risque réside aussi sur la collaboration avec les fournisseurs qui a également un impact et un coût pour les entreprises. Unilever, par exemple, estime avoir une perte de 300 millions d'euros liée à ses fournisseurs dû à la pénurie d'eau et à la baisse de productivité agricole. Cependant, influencer les fournisseurs pour promouvoir des comportements plus écologiques et durables reste un défi de grande taille surtout dans un système de sous-traitance intensif où les entreprises n'ont peut-être pas connaissance de leur chaîne d'approvisionnement complète (Bové et Swartz, 2016). Malgré ce défi, les entreprises gagneraient à influencer et assister leurs fournisseurs à modifier leurs pratiques en termes financier, de qualité de produit, de réputation et de performance de durabilité (Schurmans, 2020).

Enfin, il est important de noter que la fabrication des technologies digitales et ses appareils est la phase du cycle de vie ayant le plus de répercussion sur l'environnement et peut s'estimer en fonction des technologies entre un quart et plus de trois-quart des impacts sur l'écosystème (Berthoud, 2017).

2.4.2. *Utilisation*

Dans un second temps, la pollution numérique est aussi produite lors de l'utilisation du numérique. Toutes les opérations effectuées sur les données, la gestion des centres de données, la diffusion des données dans le réseau et l'alimentation des appareils ont un impact sur l'environnement.

La privatisation des données, c'est-à-dire le fait que les données récoltées par de multiples organisations sont de la propriété de ces organisations, résulte de la culture capitaliste et de la compétitivité entre les organisations. Cependant l'empreinte environnementale des données est agrandie par la privatisation des données, car elle multiplie les données de même type et peut même engendrer de la synthèse de données lors de l'entraînement de modèles complexes. La récolte et l'analyse des données permettent aux entreprises d'adapter leurs stratégies en temps réel, d'être informés plutôt que d'être réactifs, de prendre des décisions proactives et de constituer une gestion basée sur les informations (Ben Youssef, 2020). Le big data, c'est-à-dire la récolte de données en masse, est un pilier de l'industrie 4.0 et est un phénomène montant à la suite de la transition numérique. Cependant la gestion et le stockage de ces données imposent une forte consommation de ressources dans la maintenance des centres de données et leur utilisation efficace, tout comme pour les calculs, opérations et services délocalisés sur le cloud.

Dans cet esprit de compétitivité et d'optimisation, les entreprises tentent les unes après les autres de récolter un maximum de données (Versluys et Vandenhante, 2018). Les entreprises d'une même industrie auront sans doute quelques variantes de format et d'objectifs en termes de données récoltées mais celles-ci peuvent également contenir des données communes de l'industrie. Les centres de données peuvent alors avoir des doublons de données stockées en masse sur leurs serveurs et augmentent simultanément la demande de stockage et d'infrastructure. Sachant que le stockage de ces données émet du gaz à effet de serre, la privatisation des données accroît alors la pollution numérique.

De plus, pour protéger les utilisateurs de toute éventualité de perte de données dû à des défaillances, pannes ou une corruption, les entreprises proposant un stockage de données offrent la possibilité de redondance de stockage. C'est-à-dire une réplication des données existantes sur plusieurs serveurs primaires ou secondaires (Microsoft, 2023). Cette redondance de données contribue bien sûr à la pollution numérique. L'idéal serait alors d'optimiser le stockage de données et d'éviter les doublons. Une recommandation pour diminuer les dommages environnementaux et la surproduction de

données serait d'implémenter plus largement une gestion des données plus adaptée avec un nettoyage des données, une gestion de cycle de vie des données ou d'opter pour une stratégie open source permettant un partage des données et un accès d'une unique base de données regroupant toutes les informations (Lemaire, 2021).

La gestion des données à travers de multiples plateformes peut complexifier l'objectif de diminution des émissions carbone. La disparité de données et d'appareils compliquent la compatibilité entre les plateformes de gestion de données et leur partage et multiplie leur redondance. L'absence de règles pour les big data en ce qui concerne l'uniformité, l'harmonisation et la centralisation des données présente un obstacle pour la compatibilité de celles-ci (Schurmans, 2020). En outre, la pénurie de data scientists ayant les compétences nécessaires pour traiter les données ralentit les efforts de simplification dans le partage des données. (Schurmans, 2020)

Une difficulté supplémentaire à l'utilisation des technologies et des appareils est "l'effet rebond" ou le "paradoxe de Jevons" (Alcott, 2005). L'effet rebond est un paradoxe qui se décrit comme suit: malgré l'amélioration de l'utilisation d'un produit, la consommation globale de ce produit augmente au lieu de diminuer (Alcott, 2005). Schurmans (2020) donne l'exemple du nombre de lignes de code qui ont considérablement augmenté à la suite de l'amélioration de la mémoire des appareils informatiques. A l'époque où la mémoire des appareils était restreinte, les développeurs devaient faire attention à écrire des lignes de code les plus concises et efficaces possibles. Maintenant que la mémoire des appareils est nettement améliorée et n'est plus une contrainte aussi radicale de programmation, les développeurs ont tendance à porter moins d'attention à limiter le nombre de lignes. Cela augmente le nombre de calculs et demande plus d'énergie et d'électricité.

L'effet rebond peut aussi annuler les bénéfices ou aggraver l'empreinte environnementale du numérique. En effet, lorsqu'on cherche à diminuer l'émission carbone du numérique, une tendance de solution est de rendre les ressources du numérique plus efficaces et efficientes. Cependant ces solutions peuvent mener à un paradoxe et des problèmes liés au consumérisme. Il peut y avoir un rebond direct où les gains tels que la diminution de la consommation énergétique et de ressources sont annulés par l'augmentation de la demande des ressources qui est plus rapide que les améliorations apportées à ces ressources (Longaretti et Berthoud, 2021). Et le rebond peut aussi être indirect comme l'efficacité qui diminue les coûts engendrés par le numérique et donc augmente le pouvoir d'achat du public. Ce dernier peut alors investir ces économies ailleurs comme dans l'achat de plus de technologies et appareils (Longaretti et Berthoud, 2021).

2.4.3. *Fin de cycle*

Le cycle de vie des technologies et des appareils contribue donc à la pollution numérique. Depuis la conceptualisation du produit, en passant par son usage pour finir par sa fin de vie et son recyclage, le numérique pollue de manière variée. Après avoir étudié la production et l'utilisation des ressources dans les sections précédentes, cette section se concentrera sur la fin de vie et les liens avec le design des appareils numériques.

Le design ou la conceptualisation des produits a un impact sur tout le cycle de vie des ressources. En effet, une entreprise peut réellement diminuer son émission carbone si celle-ci a pris en compte les contraintes écologiques de ses produits et services dès leur étape de création. "L'éco-design" aussi appelé "design durable" offre de nombreux avantages aux organisations qui cherchent à prendre des résolutions. Les entreprises peuvent bénéficier d'une réduction de consommation de matière première, d'une réduction des coûts au long terme en ce qui concerne les factures énergétiques et les achats de matière première, d'une amélioration de leur image de marque, de l'attraction de nouveaux

clients, de l'ouverture de nouveaux segments de marchés et de revenus, d'une pérennité des produits capables de répondre aux défis environnementaux, d'une limitation des risques liés aux changements climatiques tels que la raréfaction de certaines ressources, etc.

Cependant, actuellement, de nombreuses entreprises ne donnent pas la priorité à l'éco-design pour des facteurs divers. Les avantages de l'éco-design ne suffisent pas à entreprendre une transformation de conception pour des raisons financières, économiques ou même culturelles. Une raison financière est la somme des coûts et des investissements nécessaires pour faire la transition, la recherche et le développement, établir une nouvelle production et mettre en place un changement de système d'opérations de fabrication. Les bénéfices financiers de la transition écologique sont souvent perçus au long-terme, et les coûts à court terme indispensables à la transition peuvent décourager les entreprises à la mettre en place.

Le manque de connaissance et d'expertise dans l'éco-design et la pression de la concurrence peuvent aussi être des éléments décourageants. Cette forme de design requiert une expertise dont les entreprises manquent en interne, où la transition peut sembler trop complexe, car celles-ci souffrent d'un manque d'informations. L'éco-design peut aussi produire des produits plus coûteux, reflétant le coût de production durable plus élevé que celui des alternatives non durables existant dans les entreprises concurrentes, proposées à un prix bon marché. Il peut y avoir un risque alors de perte de clientèle où de restriction du segment de clientèle rendant la concurrence plus difficile. Enfin les entreprises entreprenant la transition peuvent faire face à une forte résistance et une grande inertie au sein de leur propre organisation, ce qui complique le succès du changement.

La rapidité d'évolution des technologies peut aussi raccourcir la durée de vie des produits. Ceux-ci n'ont parfois plus le temps d'arriver à leur obsolescence avant qu'une nouvelle version soit déjà créée et disponible. Dans un système consumériste, certains utilisateurs cherchent à acheter les dernières nouveautés, par fidélité, par besoin ou par envie, et remplacent leurs anciennes versions même si elles sont encore en état de fonctionnement. Si ces produits sont mal éliminés ou recyclés, ils peuvent alors contribuer à la pollution numérique à cause des substances toxiques présentes dans les appareils électroniques, en altérant par exemple les sols.

L'obsolescence des produits, programmée ou non, est également une problématique, en encourageant les utilisateurs à changer de modèle de produits ou de versions de software. Par exemple, certains logiciels ne sont sécurisés et maintenus que pour un certain laps de temps et lorsqu'un client souhaite continuer à l'utiliser après ce laps de temps, ce dernier risque de devenir vulnérable à des problèmes de maintenance, de fonctionnalité ou de sécurité. Le numérique contribue à l'accélération du phénomène d'obsolescence où les réparations des produits ne sont plus envisagées car le coût de remplacement d'une pièce électronique et de sa main d'œuvre est très élevé et peut être équivalent à celui d'un modèle neuf, produit à grande échelle.

L'interdépendance entre les objets tels que les appareils connectés ajoutent une couche à la problématique de l'obsolescence (Longaretti et Berthoud, 2021). Les produits électroniques n'étant pas produits de manière uniforme à travers le monde et changeant rapidement pour de nouveaux modèles, le remplacement des produits ou des pièces est découragé et délicat. Certaines pièces de remplacement uniques à chaque producteur quittent rapidement les chaînes de production pour laisser place à celles nouveaux modèles et les versions antérieures deviennent difficiles à trouver lorsqu'un client cherche à maintenir ses produits actifs.

“Enfin, le modèle économique du secteur numérique reste profondément linéaire, basé sur l'obsolescence technique des matériels sans qu'un travail approfondi sur le cycle de vie des produits n'ait été réalisé” (Monnoyer-Smith, 2017, para.11). Or, l'urgence climatique et la rareté de certaines

ressources rendent ce modèle économique complexe à une échelle de temps plus longue. Un nouveau paradigme économique doit alors être mis en place si les consommateurs et producteurs veulent continuer de bénéficier des avantages du numérique dans le futur. Une suggestion de solution, qui permettrait de prolonger l'utilisation actuelle des produits numériques serait de prolonger la durée d'utilisation des équipements et de quitter la logique consumériste pour une logique de sobriété et/ou de recyclage (Berthoud, 2017).

3. Numérique responsable

Le numérique a le potentiel de promouvoir la durabilité à travers cinq facteurs.

Premièrement, les technologies numériques ont le potentiel d'augmenter l'efficacité des processus, systèmes et organisation, de repérer les inefficacités ou points d'amélioration, de réduire le gaspillage d'énergies ou des déchets en proposant une meilleure utilisation des ressources et équipements.

Deuxièmement, les technologies améliorent les prises de décision. Grâce aux données partagées en temps réel et à l'accès aux informations et données, une prise de décision peut se faire de manière plus informée et comprenant les besoins de durabilité.

Troisièmement, l'accroissement des communications et collaborations est dû grâce aux technologies digitales. Les individus, organisations et systèmes ont accès à de multiples plateformes de communication et de partage d'informations. Les collaborations sur les sujets de durabilité gagnent en qualité et permettent une meilleure coordination et efficacité entre les différentes entités.

Quatrièmement, le numérique encourage au développement de technologies durables. Le numérique devient un support fondamental à la recherche et au développement de technologies et innovations qui répondent aux défis du changement climatique.

Le dernier facteur est l'accroissement de la sensibilisation et l'engagement des consommateurs. Les consommateurs sont mieux informés et éduqués quant aux sujets du numérique durable et peuvent changer leur comportement pour diminuer l'impact sur l'environnement. Ils ont accès à plus d'outils et informations afin de faire des choix plus respectueux de l'environnement. Ils augmentent leur pouvoir d'achat en demandant des produits et services plus durables et ont la possibilité de s'engager et collaborer avec des organisations et pouvoirs décisionnels sur les différents sujets environnementaux.

Le numérique à donc un potentiel d'impact important sur le développement durable. Cependant il faut tenir compte de l'impact environnemental qu'à le numérique et ses outils technologiques, cela peut concerner l'utilisation d'énergies, des centres de données et du cycle de vie des outils technologiques. Le développement et l'utilisation du numérique doivent donc se faire de manière responsable et durable.

4. Stratégies d'Innovation Environnementale

Un concept lié à la responsabilisation du numérique est l'Innovation Environnementale. "l'IE renvoie à la production, adoption ou exploitation d'une nouvelle solution (produit, process, service, organisation ou méthode managériale) dont le résultat, au long de son cycle de vie, consiste en l'absence, l'élimination ou la réduction de l'impact environnemental en comparaison des solutions alternatives disponibles" (Bouvier-Patron, 2020, para.1).

Deux stratégies d'IE avec pour objectif la réduction des émissions de GES liés aux technologies et aux équipement sont:

- la sobriété numérique: La sobriété numérique est une expression forgée par GreenIT.fr pour désigner "la démarche qui consiste à concevoir des services numériques plus sobres et à modérer ses usages numériques quotidiens" (GreenIT.fr, 2008) ;
- et les technologies pour le climat : cette stratégie consiste à déployer des technologies numériques en faveur du climat et que les technologies peuvent se transformer pour inclure l'aspect environnemental (Agoria, 2022).

5. Conclusion

Le numérique a deux facettes : il est simultanément utile à la durabilité en aidant les prises de décision, optimisant l'efficacité des processus, fluidifiant la communication, et en même temps il est source de pollution dans un monde où la consommation de technologies et d'attentes de performance augmente à grande vitesse, dans un contexte de culture numérique. L'utilisation, la production et la fin de vie des produits sont alors des points d'intérêt et de contrôle de la pollution numérique pour les entreprises. On peut aussi noter l'épuisement des ressources rares qui peut être engendré par une production trop peu durable, et l'intérêt du recyclage et de la seconde vie des produits pour limiter les coûts environnementaux.

Une surconsommation de données et d'objets numériques par exemple, que peut engendrer l'industrie 4.0, s'accompagne d'une dette environnementale et soulève la réflexion de la pertinence de certains besoins, même si elle permet de prendre des décisions et d'analyser les situations en temps réel. Les infrastructures doivent être adaptées et les centres de données multipliés, ce qui peut être imperceptible par le consommateur. Ainsi, les concepts de prise de conscience, d'évaluation de la dette écologique numérique des acteurs et des solutions et stratégies permettant de limiter celle-ci seront le cœur de la partie d'analyse de ce travail, dont la méthodologie est présentée ci-dessous.

Partie 3 : Méthodologie

1. Typologie

Nous présentons dans cette partie la typologie de mémoire qui est un mémoire recherche appliquée qui vise à traiter une problématique de transition écologique et numérique sur base d'un cadre théorique et d'une récolte de données et d'apporter des connaissances sur le comportement et les responsabilités des entreprises dans l'industrie du numérique. L'approche exploratoire du mémoire vise à analyser, comprendre et expliquer le comportement des entreprises numériques face à l'urgence climatique et à la pollution numérique.

Nous avons choisi une démarche exploratoire dans le cadre de travail qui introduit le sujet émergent de pollution numérique et étudie la nature des forces agissant sur les entreprises du secteur numérique.

2. Question de recherche

Afin d'établir une question de recherche nous nous sommes posés des questions primaires en ce qui concerne:

- L'importance de la pollution numérique dans le cadre du changement climatique.
- La nature des parties prenantes de la pollution numérique et leur responsabilité.
- Les prises de décisions pouvant être entreprises et les réactions ou les non-réactions.

Dans une première phase, nous avons défini et analysé les concepts de transition écologique et de transition numérique. En partant de ces deux transitions, nous avons expliqué une problématique systémique où les deux transitions coexistent et présentent des défis, limites et paradoxes. Enfin, nous avons déterminé les acteurs de ces transitions et leurs implications dans les transitions dans le cadre d'une urgence climatique et d'un accroissement de la pollution numérique.

Nous avons analysé l'importance du numérique et de la durabilité dans notre société et l'importance d'une responsabilisation des acteurs. L'identification d'un ordre de responsabilisation des acteurs encourage le choix d'analyser les problématiques de transitions, de pollution et de responsabilisation d'un point de vue des entreprises du secteur de l'industrie numérique.

Enfin, sur base d'une recherche théorique, le comportement des entreprises est alors étudié à travers plusieurs étapes de responsabilisations et de questions:

- Qu'est-ce qui pousse les entreprises à se responsabiliser ?
- Comment évaluent-elles leur degré de responsabilisation ?
- Quelles stratégies implémentent-elles à la suite de leur évaluation ?
- Dans quel environnement les entreprises peuvent-elles prendre action ?

Dans une deuxième partie, nous nous sommes concentrés sur le thème de pollution numérique. Nous avons commencé par définir des points thématiques tels que la culture numérique et la pollution numérique. Nous avons après questionné les bienfaits et méfaits du numérique sur la société et leurs paradoxes. Ensuite, nous avons recherché les étapes de pollution d'une entreprise de l'industrie numérique autour du cycle de vie des technologies et de leurs appareils digitaux.

L'étude des deux transitions et l'implication des entreprises dans une ère digitale confrontés à des défis écologiques ont fait évoluer les questions de départ vers la question de recherche suivante: "En quoi le questionnement et/ou l'évaluation de la responsabilité écologique numérique des entreprises a-t-elle un impact sur leur pollution numérique?" L'objectif est donc de se concentrer sur les facteurs de responsabilité écologique qui impactent la pollution numérique

3. Hypothèse

Nous avons émis une hypothèse répondant en termes de prise de conscience et d'impact éventuel sur la pollution numérique: "Lorsque les entreprises sont interrogées ou évaluées sur leur responsabilité écologique numérique, elles peuvent être incitées à adopter des pratiques plus durables. Ce changement de comportement pourrait contribuer à réduire la pollution numérique".

Le choix de cette hypothèse découle de la reconnaissance d'une complexité grandissante entre l'industrie numérique et les contraintes écologiques ainsi que les comportements des entreprises plus sujettes à des pressions internes et externes. Par le sujet du questionnement et de l'évaluation, l'aspect de sensibilisation et de responsabilisation des entreprises est examiné. De plus cette hypothèse aborde le manque de connaissance des entreprises en ce qui concerne leur propre impact environnemental du point de vue de la pollution numérique. Le but serait d'observer si la méthode de questionnement et d'évaluation permet une meilleure connaissance sur la pollution numérique et incite à proactivement agir.

L'objectif serait de comprendre si les entreprises obtiennent une prise de conscience et prennent des actions à partir du moment où elles questionnent leur pollution d'un point de vue numérique. Dans un deuxième temps, l'objectif serait de montrer que les entreprises entreprenant une phase d'évaluation prennent des actions dans le but de réduire leur impact environnemental. Dans ce cas, nous analyserons quels sont les facteurs de responsabilisation qui motivent les entreprises à prendre action et comment les entreprises modifient leurs stratégies d'actions et de comportements. Ou si celles-ci ne prennent pas action, de comprendre les raisons poussant à la non-action.

4. Recherche appliquée

Dans un premier temps un apport théorique a été apporté dans les deux premières parties du travail. Celles-ci ont permis d'aborder des notions essentielles à la problématique de pollution numérique, de responsabilisation, d'évaluation et de paradoxe.

Dans un deuxième temps, une récolte de données pour répondre à l'hypothèse s'est effectuée à l'aide de la méthode qualitative afin de comprendre en profondeur les comportements des entreprises et des parties prenantes. La récolte a été réalisée à travers l'entretien avec deux experts et une entreprise. Nous avons également suivi un colloque abordant les aspects de notre question de recherche et avons entrepris l'analyse de deux rapports de cas pratiques rédigés par des experts en ce milieu.

Le choix d'interroger des experts résulte d'une volonté d'obtenir une compréhension en profondeur de leur expertise et des difficultés d'entreprendre une démarche de responsabilité. Les experts travaillent continuellement avec des entreprises et ont donc une vision claire des méthodes d'évaluation en entreprises et de leurs comportements. En addition, les experts gardent un point de vue externe aux entreprises et une vision globale des problématiques qui pourraient être bénéfique

pour la compréhension générale des enjeux qu'elles rencontrent. Cependant, cela reste une expertise relativement neuve et le nombre d'experts reste également restreint. C'est pourquoi la méthode de récolte de données à travers des entretiens semble le plus approprié dû aux spécialisations variées des experts et de la diversité des entreprises que ces derniers ont rencontrées.

4.1. Données interviews

Nous avons eu l'occasion de contacter trois personnes dont deux expertes en termes de pollution numérique et une troisième personne ayant entrepris une démarche de sobriété numérique pour son entreprise en pleine transition écologique et numérique.

Tableau 1 - Résumé des interviewés et type d'entretien

<u>Nom de la personne</u>	<u>entreprise et rôle</u>	<u>date et heure d'entretien</u>	<u>type d'entretien</u>	<u>durée</u>	<u>moyen de communication</u>
Jules Delcon	Belgian ISIT (Institute for Sustainable IT) - Project Manager	24/06/2022 de 15h à 16h15	qualitatif semi-dirigé principalement sur le sujet de sobriété numérique	1h15	visio-conférence via Teams
Floriane de Kerchove	Agoria - Business Groupe Leader Digital	15/07/2022 de 10h à 11h15	qualitatif semi-dirigé Principalement sur le sujet de la technologie et de la sobriété numérique	1h15	visio-conférence via Teams
Francis Somers	UCL - Urbaniste du système d'information	15/07/2022 de 13h30 à 16h30	qualitatif semi-dirigé Principalement sur le sujet de l'évaluation et de la responsabilisation	1h	visio-conférence via Teams

Source : le tableau a été réalisé par l'auteur sur base des entretiens.

Puisque les entretiens sont de type semi-directifs, un guide d'entretien a été établi (voir Annexe D). Les questions principales utilisées lors des entretiens étaient :

- L'innovation technologique peut-elle être compatible avec la sobriété numérique ?
- Quels acteurs doivent être impactés dans l'évaluation de la responsabilité écologique ?
- Les entreprises ayant évalué leur responsabilité écologique numérique ont-elles changé plusieurs facteurs de l'entreprise afin d'intégrer cette responsabilité ?
- Dans une société de surconsommation, la démarche de sobriété numérique est-elle compatible avec les idéaux de la société ?

En plus des entretiens effectués en 2022, nous avons analysé un rapport de The Shift Project (2018) sur le thème de la sobriété numérique. Ce rapport a fait appel à un groupe transdisciplinaire d'une dizaine de personnes (professionnels, universitaires et experts de secteur) en plus d'avoir effectué des entretiens avec d'autres experts et acteurs du numérique. Plusieurs de nos questions sont conséquemment répondues dans ce rapport et nous considérons que l'ajout de ce rapport dans notre analyse peut enrichir nos connaissances quant au sujet de pollution numérique et de responsabilisation numérique. Bien que le rapport ne se focalise pas uniquement sur les entreprises, nous avons, avec le support de nos entretiens, pu établir des similarités avec certaines conclusions du rapport de The Shift Project.

4.2. Limites rencontrées

En phase de préparation des entretiens et lors des entretiens, nous avons rencontré des difficultés.

La première est que nous n'avions pas trouvé d'entreprises ayant déjà commencé une implémentation de stratégies. Du coup, nous n'avons pas eu l'occasion d'analyser des résultats d'implémentation de stratégies et n'avons pas eu une vision globale de chaque étape de responsabilisation.

La deuxième difficulté était d'obtenir des feedbacks d'entreprises en ce qui concerne leur sensibilisation et évaluation car le sujet est jeune et les entreprises sont encore en phase de réflexion. Une recommandation serait d'obtenir davantage de feedbacks dans quelques années en espérant que la problématique sera plus mûre et après que les entreprises aient eu le temps d'être sensibilisées à plus grande échelle, puis de s'évaluer et d'implémenter une stratégie.

La dernière difficulté était d'obtenir des chiffres exacts en ce qui concerne la pollution numérique et les conséquences de celle-ci sur l'environnement. Les entreprises ont aussi tendance à privatiser leurs données ce qui rend l'étude quantifiée des impacts de la pollution numérique plus complexe.

Partie 4 : expertise

A travers les divers entretiens et la lecture de documents auxquels les interviewés faisaient référence, nous avons pu synthétiser les différentes connaissances et nous avons cherché à dresser la liste de éléments qui poussaient potentiellement une entreprise à se questionner, s'évaluer et aussi les activités qu'elles entreprennent à la suite de cette réflexion. Les experts nous ont également permis de comprendre quels aspects de la pollution numérique étaient susceptibles de sensibiliser les différents acteurs ainsi que d'identifier les outils indispensables à cette étape de réflexion. Enfin, nous étudierons les stratégies que les experts et les documents cités ci-dessus mettent en évidence.

1. Prise de conscience et responsabilité écologique

1.1. Prise de conscience

Le premier effort pour adresser les conséquences de la pollution numérique ainsi que les défis au long-terme sur l'environnement est de prendre conscience qu'il y a un problème. Il faut aussi adresser l'importance du numérique en tant que levier principal du développement économique et social mondial (The Shift Project, 2018). La **prise de conscience** quant à la pollution numérique et la situation des entreprises survient de la constatation qu'**un changement, un impact** est en cours et que ces changements et leurs conséquences deviennent visibles pour les entreprises. Les experts sont d'accord pour les résumer sous un appauvrissement des ressources, une création de déchets ou des externalités négatives. La prise de conscience peut survenir après une sensibilisation interne ou externe. Néanmoins, la jeunesse des campagnes de sensibilisation implique que rares sont les entreprises qui vont activement faire une recherche sur le sujet de la pollution numérique (Delcon, 2022). Les experts n'ont pu le quantifier, mais selon leur opinion, les acteurs ne sont généralement pas conscients qu'ils polluent et sous-estiment l'empreinte matérielle du numérique "Compte tenu de la miniaturisation des équipements et de « l'invisibilité » des infrastructures utilisées. Ce phénomène est renforcé par la généralisation de l'offre de services dans le « Cloud », qui rend d'autant plus imperceptible la réalité physique des usages, et conduit à sous-estimer les impacts environnementaux directs du Numérique" (The Shift Project, 2018, p.10).

La prise de conscience se concrétise à la suite d'un approfondissement de la connaissance par une confrontation aux impacts ou par le partage d'informations et par la conversation. La participation à des programmes ou des sessions de **sensibilisation** expliquant les effets et les sources de pollution numérique ont un effet élevé de sensibilisation et l'ISIT constate une augmentation des inscriptions à leur programme à la suite d'un premier contact avec l'institut. A la suite d'un premier pas vers une prise de conscience, les entreprises peuvent alors considérer prendre des initiatives.

La conscientisation par rapport aux conséquences d'un choix ou d'une prise de décision de l'entreprise est essentielle. Les experts interpellent les entreprises à observer de potentielles **conséquences à leurs décisions et actions**. Jules Delcon (2022) donne l'exemple du choix d'une entreprise décidant d'investir dans le programme Windows 11 qui nécessite un processeur intel de huitième génération. En adoptant ce programme, l'entreprise peut forcer une obsolescence de plus vieilles technologies qui sont compatibles avec un intel d'une génération inférieure à la huitième. L'entreprise va alors, par la suite, investir dans de nouvelles technologies compatibles ou la mise à niveau de programmes de gestion. Par cet exemple, on peut comprendre que l'innovation peut induire de l'obsolescence et introduit un paradoxe nommé "**l'effet rebond**". Les bénéfices obtenus de l'innovation sont perdus par l'augmentation de la consommation de technologies.

Un autre exemple, quantifié cette fois-ci, par Jules Delcon (2022) est la vente de smartphone en Suisse entre 1990 et 2005. L'innovation des smartphones a permis de diviser leur poids par quatre, mais simultanément, cela (entre autres innovations) a provoqué une augmentation de vente totale des smartphones jusqu'à huit fois la masse totale des smartphones. Si on calcule, cela correspond à la vente de trente-deux fois plus de smartphones et donc à plus d'extraction de ressources et d'énergies nécessaire pour une durée de vie de smartphones. En outre, le risque d'effet rebond dans une même approche systémique s'accroît suite à la rareté de coordination entre les transitions écologiques et numériques (The Shift Project, 2018)

Comme mentionné précédemment, les **motivations** pour se questionner quant à la pollution numérique peuvent avoir des **origines internes et externes**. L'UCL (Université catholique de Louvain) a depuis quelques années entrepris une démarche d'information sur leur empreinte carbone. Certains acteurs tels que des étudiants et employés poussent à la réflexion et s'intéressent au sujet du changement climatique et suivent des formations. Cependant, l'université avait peu de connaissance en ce qui concerne spécifiquement la pollution numérique. Celle-ci a pu réellement commencer à faire une démarche de prise de conscience au moment où elle a contacté les experts.

L'UCL avait peu conscience que la pollution numérique touchait l'ensemble du système informatique, que les ressources sont finies et l'importance de leur cycle de vie et que la pollution numérique ne concerne pas uniquement le calcul d'émission de gaz à effet de serre. Finalement, lorsqu'une organisation prend conscience de son impact environnemental, celle-ci doit étudier tous les angles de pollution dont le numérique.

Une limite à la prise de conscience au sein d'une organisation est de motiver l'ensemble des parties prenantes de l'organisation à s'intéresser aux impacts environnementaux et aux interventions possibles pour réduire les émissions carbonées. Le manque de réactions provient généralement d'un manque de conscience de l'urgence climatique, d'un **manque d'informations ou de connaissances** ou d'un choix délibéré de ne pas la mettre en **priorité**. Cette limite peut alors devenir problématique pour poursuivre une démarche de neutralité carbone ou risque de ralentir la mise en place de procédés.

Collectivement, les experts soulignent l'importance d'une prise de conscience globale et locale et encouragent à proactivement analyser et prendre des mesures pour évaluer et atténuer les impacts environnementaux du secteur numérique. Les entreprises et les institutions peuvent alors s'engager dans un objectif commun de sensibilisation, d'information et de pratique durable.

2. Le questionnement et l'évaluation

2.1. Motivations

Le deuxième effort pour adresser les conséquences de la pollution numérique est d'explorer les différentes motivations d'une entreprise à s'évaluer et se questionner mais aussi de parcourir les stratégies et outils proposés par les experts.

A première vue, les entreprises doivent faire l'exercice de l'exploration d'une série de questions primaires (Jules Delcon, 2022) :

- Quels sont leurs impacts environnementaux ?
- Où ces impacts environnementaux se répercutent-ils et comment ?
- Quels sont les bénéfices environnementaux ?
- Quel est l'impact du cycle de vie de leurs produits et/ou services ?
- Quel est l'impact du cycle de vie de leurs technologies et/ou équipements ?
- Comment mesurer leurs impacts environnementaux ?

- etc.

Toutes ces questions tombent sous le domaine de la **RSE** et une démarche de réduction des émissions carbone est une forme de responsabilité sociale des entreprises. Même si le numérique s'est fortement globalisé, certaines entreprises sont plus aptes à évaluer leur impact mais aussi à pouvoir entreprendre une stratégie de réduction des émissions de GES.

Premièrement, il faut faire la distinction entre **grandes et petites entreprises**. Les grandes entreprises auront une plus grande empreinte carbone à cause de leurs activités à plus grande échelle, surtout si celles-ci sont réparties sur plusieurs sites. Le nombre de machines utilisé par les grandes entreprises sera plus important et le nombre d'équipements nécessaires pour chaque site augmentera la consommation globale de ressources. Ayant en général plus de fonds et d'expertise interne, les grandes entreprises ont plus d'accès et d'informations sur leur pollution numérique. Les petites entreprises auront quant à elles plus de difficultés, en ce qui concerne le peu de ressources qui peuvent être allouées à leur information, leur budget souvent plus restreint et les priorités. Consacrer du temps pour s'informer sera en général plus envisageable pour une grande entreprise.

Toutefois, il persiste un **risque** pour les entreprises de ne pas consacrer de l'importance à cet aspect de leur RSE. Elles risquent de perdre leur image d'entreprise responsable ou de perdre l'opportunité de réduire les coûts liés au numérique. Une attention à leur RSE permet aussi d'anticiper les réglementations futures tout en prenant le temps d'implémenter une stratégie efficace. D'ailleurs, en France, des entreprises au-delà d'une certaine taille se voient forcées d'établir un bilan carbone et n'ont donc pas le choix.

Cependant la taille de l'entreprise n'est pas le seul aspect à prendre en compte lors de l'évaluation d'une entreprise. En effet, comme Jules Delcon (2022) l'a expliqué, l'activité numérique de l'entreprise peut influencer l'émission carbone. Ainsi une petite entreprise, faisant usage d'un site web avec une solution informatique utilisée par des milliers d'utilisateurs et de clients peut devenir grande consommatrice d'énergie et aura un impact énergétique et informatique important.

Il rappelle aussi l'importance de la **cohérence entre l'entreprise et son industrie**, lorsqu'on justifie l'urgence et l'importance de l'évaluation mais aussi l'installation de bonnes pratiques. Ainsi, une entreprise informatique sera davantage sujette à ce travail.

3. Outils

Il existe plusieurs outils pour les entreprises pour interroger et évaluer leurs pratiques numériques et impacts environnementaux. Chaque outil apporte de nouvelles pistes sur les priorités, **l'ordre d'impact**, les conséquences à court et long terme, la faisabilité de l'implémentation de nouvelles pratiques, la cohérence avec les activités et valeurs de l'entreprise et la possibilité de collaboration.

Jules Delcon (2022) préconise l'analyse du business model par le triple layered business model canvas. L'entreprise, en faisant l'exercice du **triple layered business model canvas**, a l'opportunité d'analyser l'ensemble de ses activités, son environnement et ses valeurs et de constater les impacts que ces derniers peuvent avoir sur l'écosystème.

3.1. Outils de mesure

Les experts recommandent l'utilisation de certains outils pour mesurer leurs empreintes environnementales, également dans le secteur numérique.

L'ISIT invite ses membres à compléter le **questionnaire** qualitatif et quantitatif WeNR (INR, 2023) qui aide à mesurer l'impact environnemental des entreprises ainsi que de mesurer leur maturité de durabilité numérique. L'ISIT peut donc approximer par nombre d'employés l'effet de l'entreprise sur l'écosystème, tels que le nombre d'équipement polluant par employé. Cependant l'institut admet que certaines mesures sont plus complexes à calculer comme par exemple l'usage des équipements qui varie fortement par secteur et par employé.

Une limite du questionnaire WeNR est que les repères utilisés pour positionner les entreprises dans leur maturité en termes de durabilité numérique ne sont pas représentatifs. En effet, les repères sont basés sur un nombre restreint de questionnaires complétés les années précédentes où les entreprises sont en général déjà sensibilisées à la pollution numérique. Cependant, le WeNR est considéré comme une façon efficace d'approcher le sujet et un support de base d'évaluation. L'UCL, membre de l'ISIT a commencé en 2022 le remplissage du questionnaire et a donc revu l'entièreté de son inventaire informatique (Somers, 2022). Les résultats du questionnaires sont présentés en un tableau dont un axe se divise en trois niveaux de priorités et dont l'autre axe se divise en trois niveaux de difficulté. A partir de ce tableau, les entreprises peuvent alors évaluer leur empreinte carbone et établir un plan d'action de sobriété numérique.

Floriane de Kerchove (2022), propose, quant à elle, un système de **score à trois points** déterminant le niveau d'émissions de gaz à effet de serre des différents domaines de l'entreprise. L'émission de GES de chaque domaine est alors calculée et notée avec un score de 1, 2 ou 3 (Agoria, 2022). La notation permet aux entreprises de pouvoir identifier les domaines d'améliorations majeurs. Floriane de Kerchove a lors de l'entretien donné un exemple d'échelle de score (2022):

- un score de un correspond à l'utilisation d'un moteur qui pollue directement dans l'usine de l'entreprise
- un score de deux correspond à l'utilisation d'électricité. L'usine ne produit pas l'électricité directement mais par son utilisation pollue puisque que la production d'électricité produit du GES
- un score de trois correspond à la pollution indirecte générée par la production des produits et services dont l'entreprise se sert comme base de sa propre production.

Un autre outil recommandé par les experts pour calculer l'usage d'énergie pour les infrastructures telles que les centres de données est le **Power Usage Effectiveness** (PUE) qui est le ratio de l'énergie totale utilisée par les infrastructures et équipements numériques divisé par l'énergie qui est effectivement allouée aux équipements numériques (Agoria, 2022). Ce ratio permet aux entreprises de prendre des initiatives de réduction d'émissions carbone en investissant sur une utilisation plus efficace des infrastructures et des équipements et donc plus durable.

The Shift Project (2018) propose l'utilisation d'un Référentiel Environnemental du Numérique (REN) "qui donne de manière accessible, des ordres de grandeurs vérifiés sur l'énergie et les matières premières mobilisées par la production et l'utilisation de technologies numériques courantes" (The Shift Project, 2018, p.5). Le REN consiste en un ensemble de tableaux chiffrant l'émission carbone et les impacts environnementaux de la fabrication ou l'utilisation d'équipements ou technologies. On retrouve ci-dessous deux des tableaux du REN, qui donnent des valeurs de consommation énergétique et d'émissions de GES pour les équipements numériques courants par région par an d'une part et de l'autre pour les actions numériques courantes par région

Figure 7. REN des équipements en phase d'utilisation

REN - Référentiel Environnemental du Numérique												
Run Phase												
Impacts	Laptop			Smartphone			Hardware			Residential Router		
	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
	13	56	100	4	6	8	6 000 000	99	157	215	100	
Electricity usage (kWh / year)	4	15	28	1	2	2	2 000 000	27	43	59	28	
GHG - EU (kgCO ₂ e / year)	7	28	49	2	3	4	3 000 000	48	78	106	49	
GHG - USA (kgCO ₂ e / year)	9	38	68	3	4	5	4 000 000	67	107	146	68	
GHG - China (kgCO ₂ e / year)	0,5	2	3	0,3	0,2	0,3	200 000	3	5	7	3	
GHG - France (kgCO ₂ e / year)												

Source : The Shift Project. (2022). *L'évaluation énergie-climat du PTEF: Note de transparence dans le cadre du plan de transformation de l'économie française*. Paris: The Shift Project. Récupéré de <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2022/02/Note-evaluation-energie-climat-PTEF-v1.1.pdf>

Figure 8.REN des actions numériques en phase d'utilisation

REN - Référentiel Environnemental du Numérique			
Run Phase			
Impacts	Uses		
	To send an email (1 MB, 3 min)	To watch a video online (10 min)	
Electricity usage (Wh)	1	100	
GHG - EU (gCO ₂ e)	0,3	30	
GHG - USA (gCO ₂ e)	0,5	50	
GHG - China (gCO ₂ e)	0,7	70	
GHG - France (gCO ₂ e)	0,03	3	

Source : The Shift Project. (2022). *L'évaluation énergie-climat du PTEF: Note de transparence dans le cadre du plan de transformation de l'économie française*. Paris: The Shift Project. Récupéré de <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2022/02/Note-evaluation-energie-climat-PTEF-v1.1.pdf>

Le REN propose une solution au manque de référence chiffrée quant à la pollution numérique et permet aux entreprises de pouvoir se situer et déterminer leur sources primaires de pollution numérique pour tout ce qui concerne les phases de production et d'utilisation des technologies et des équipements.

3.2. Incitations

Les entreprises peuvent également être incitées à prendre des mesures de responsabilisation. On a déjà mentionné le point concernant la RSE et ses risques éventuels. Une autre incitation serait de nature économique comme **l'augmentation du prix des ressources** énergétiques par exemple, ou l'établissement d'une **taxe carbone**. L'augmentation des frais de production, d'utilisation, etc. incite les entreprises à réduire leur consommation énergétique ou empreinte carbone. Une incitation positive est aussi possible en introduisant au niveau de l'état des **avantages fiscaux**, comme la déductibilité fiscale de certaines technologies durables.

L'innovation des entreprises peut aussi les inciter à s'évaluer. En effet, une entreprise doit s'assurer d'être la plus performante possible dans son secteur afin de gagner des parts de marché, d'augmenter

les ventes, de fidéliser sa clientèle, etc. Pour cela, une entreprise doit constamment se remettre en question et évaluer ses stratégies actuelles. L'innovation numérique peut alors devenir un centre d'intérêt pour l'entreprise. Celle-ci peut aborder la création ou l'implémentation de nouvelles technologies et équipements, ou alors innover dans sa RSE. Le questionnement et l'évaluation sont constants et poussent les entreprises à de nouveaux niveaux de qualité et d'innovation.

L'Etat peut aussi inciter les entreprises à entreprendre une démarche de responsabilité numérique. Floriane de Kerchove (2022) explore l'idée d'une classification des entreprises à niveau européen en fonction de leurs émissions carbone. Selon sa **classification**, une entreprise pourrait obtenir des investissements ou des **subsidies** afin de soutenir une démarche de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Sous une autre forme, les entreprises sont encouragées à une responsabilité numérique en s'engageant dans des **initiatives** de réduction de leurs émissions carbone à zéro d'ici 2030 ou 2040. Une des initiatives est la SBTI (Scienced-Based Targets initiative en anglais) qui met à disposition des lignes directrices pour atteindre l'objectif de neutralité carbone (Agoria,2022).

L'innovation peut cependant créer des paradoxes comme la **surconsommation** de données ou la **complexité** des technologies. L'acquisition de données en masse telle que les big data permettent d'avoir une idée claire des besoins des clients et de comprendre les pertes dans un flux de production. Cependant en échange, la transition de données et la complexification des programmes deviennent de plus en plus énergivores. Parmi les données les plus énergivores, la vidéo est responsable de 80% du trafic de données mondiales (Delcon, 2022). Les experts remettent en doute le besoin d'innover dans tous les domaines. Par exemple, le passage de la 4G à la 5G ne semble pas une priorité d'innovation. Malgré l'avantage de vitesse de transition des données, la 5G oblige aussi le renouvellement de milliers d'équipements (obsolescence) afin que ces derniers y soient compatibles. On peut alors se questionner sur la réelle nécessité de la 5G et sur les gains que celle-ci apporte.

3.3. Acteurs

Les différents acteurs ont également une part de responsabilité sur les conséquences écologiques numériques et sur la prise de responsabilité. Cependant chaque acteur a un **pouvoir d'influence** plus ou moins important sur les autres et a la possibilité de faire des efforts et de s'engager dans un objectif commun de réduction de l'émission carbone.

Ainsi l'individu par son **pouvoir d'achat** aura une influence sur les autres acteurs en proposant des produits et/ou services durables. Cependant les individus en tant que consommateurs restent **dépendants au système**. Par exemple les individus peuvent faire le choix d'acheter un Fairphone 2, un téléphone durable qui peut se réparer et recycler facilement, mais même le Fairphone 2 après 10 ans deviendra obsolète si le téléphone ne peut pas utiliser la 4G efficacement, visionner des vidéos lourdes ou avoir une capacité de mémoire suffisante pour stocker les données téléphoniques comme le Fairphone 4 (Fairphone, 2023). Leur influence reste donc limitée.

Les individus sont également soumis aux produits et services que les **fournisseurs** mettent à disposition. Ces derniers peuvent aussi avoir des limites en termes d'influence et d'industrie. Une petite entreprise fournissant une petite partie de la clientèle mondiale, aura plus de mal à proposer des produits minimalistes compétitifs en comparaison aux produits proposés par les GAFAM, c'est-à-dire les géants du net que consistent en cinq entreprises: Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft (Delcon, 2020). De plus, les fournisseurs proposant des produits et services informatiques font face à des enjeux d'innovation et de durabilité tels que la durée de vie des équipements informatiques et la facilité de réparation. Le manque d'accord commun et de collaboration peut complexifier la collaboration entre fournisseurs et entre acteurs.

Dans cette perspective de collaboration avec les fournisseurs, l'UCL a fait la demande auprès de ses fournisseurs d'énergie pour une énergie renouvelable, les fournisseurs ont alors l'obligation de produire et de la fournir dans ces conditions (Somers, 2022).

La société, l'Etat et les services publics ont l'occasion de remédier à certaines problématiques et de **forcer** d'autres acteurs à prendre leurs responsabilités. De nouvelles **législations** encourageant une politique durable du numérique des entreprises permettent de nouvelles perspectives, enjeux et stratégies. Des efforts de politique durable sont déjà perceptibles tels que le RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données) ou le European Green Deal. Mais, la rapidité des efforts est-elle suffisante pour éviter les scénarios catastrophes du changement climatique ? Au niveau européen et national, il y a aussi dans les industries une notion d'offre et de demande (Delcon, 2022). "C'est du top to bottom et du bottom to top", souligne-t-il en expliquant que la conscientisation permet aux consommateurs de modifier la demande et donc l'offre, qui finit par s'adapter, dans une certaine limite. L'apparition de pistes cyclables est utilisée comme exemple, pour faire le lien avec les efforts politiques, et leur nombre est croissant, en corrélation avec la demande de certains usagers. Dans l'autre sens, on peut supposer que la présence abondante de pistes encourage leur utilisation au niveau des usagers.

D'un point de vue des **employés**, si une entreprise veut mettre en place des **bonnes pratiques**, cette dernière devra établir une politique ou une charte afin que ses employés adhèrent plus facilement à celles-ci. Une meilleure acceptation va de pair avec une meilleure compréhension des problématiques et enjeux. De ce fait, les employés peuvent bénéficier d'une formation pour comprendre les besoins et apprendre sur les bonnes pratiques. La vie professionnelle peut par la suite influencer la vie privée des employés et inversément. Jules Delcon présente l'exemple de budget offert par l'entreprise à l'employé pour l'achat d'un smartphone. Si l'entreprise donne un budget à l'employé et donne la responsabilité de choisir leur propre smartphone, les employés achèteront un smartphone qui correspond plus à leurs besoins et ferait donc dans ce cas un achat responsable.

L'implication des acteurs stratégiques dans les entreprises est un élément essentiel à la réussite d'une stratégie d'évaluation et de responsabilisation. Jusqu'à présent la stratégie de développement durable était souvent secondaire en comparaison des stratégies capitalistes. Or, les experts considèrent que l'**implication de la direction** pourrait avoir un effet important sur la priorisation et sur l'adoption d'une stratégie durable. La direction a le pouvoir de décision pour toute l'entreprise et à la possibilité de révolutionner et diriger l'entreprise dans une direction peu empruntée jusqu'à présent.

La décision d'évaluer son impact carbone numérique de l'UCL survient à la suite de la direction de l'UCL de devenir neutre en carbone en 2030. Depuis, tous les domaines de l'université revoient leurs enjeux et leurs stratégies. Le département informatique a donc été encouragé à évaluer leur impact environnemental et grâce à **l'aide d'experts** est en cours d'évaluation de son empreinte carbone. Francis Somers (2022), interpelle justement sur l'intervention des **parties prenantes** tels que les étudiants dans l'évaluation de l'université. En effet, le transport des étudiants, leurs équipements informatiques, leur utilisation des technologies sont partie intégrante du système de l'université. Cette dernière "gérant" les étudiants en tant qu'organisation doit prendre en compte leur comportement et doivent par la suite les sensibiliser et les former sur le sujet de pollution numérique.

4. Systèmes et stratégies

Après avoir pris conscience du problème de pollution numérique, et avoir évalué ses propres impacts environnementaux au niveau de ses activités numériques, une entreprise, ou un acteur de façon générale, passe au troisième effort pour adresser sa pollution numérique et ses conséquences: la mise

en place de stratégies. Cela s'opère à différentes échelles et au sein de plusieurs systèmes. En effet, on peut par exemple citer la chaîne de production des produits, l'environnement de travail, la concurrence, le niveau régional ou fédéral ou encore le monde économique. Cette section établit les différents points stratégiques qui peuvent être mises en place, décrit les systèmes dans lesquels ils peuvent être opérés et les interactions entre eux.

4.1. Cycle de vie

Dans le domaine de la technologie numérique, les discussions autour des impacts environnementaux et de leur **hiérarchie** ont mis en lumière la nécessité d'une compréhension globale des complexités en jeu. Les experts affirment que l'hypothèse commune selon laquelle la réduction de l'utilisation du courrier électronique contribue de manière significative au développement durable n'est en fait qu'une contribution secondaire comparée à d'autres initiatives. Une exploration plus approfondie révèle que les principales sources d'impact environnemental dans le domaine numérique sont étroitement liées à la **fabrication** et à l'**utilisation** des équipements des utilisateurs, tels que les ordinateurs portables, les smartphones et les écrans.

Les experts ont observé les sources d'impact écologique mondial associées au domaine de la technologie numérique, et ont constaté que la fabrication d'équipements pour les utilisateurs est le contributeur primaire d'émission de GES, de consommation d'eau et d'électricité. Cet impact se remarque fortement dans les entreprises très digitalisées. En deuxième lieu, le contributeur sera la consommation d'énergie de tout l'écosystème et enfin en troisième lieu la fabrication d'équipements nécessaires aux infrastructures dont les serveurs. Des enjeux de pollution vont de l'extraction des ressources à la fabrication suivie par la phase opérationnelle pour terminer sur les déchets produits en fin de vie.

Quatre sources de forte croissance énergétique ont été identifiées:

- “le phénomène smartphone ;
- la multiplication des périphériques de la vie quotidienne (ou « connected living ») ;
- l'essor de l'internet des objets industriels (ou IIoT, Industrial Internet of Things) ;
- l'explosion du trafic de données.” (The Shift Project, 2018, p.20).

Le phénomène smartphone augmente la pollution numérique sur les phases de fabrication et d'utilisation du produit. Les nouvelles fonctionnalités du smartphone et l'augmentation du parc (soit 11% par an) augmentent la pression sur l'extraction de ressources mais font aussi croître l'empreinte énergétique. En termes d'utilisation, les smartphones augmentent la dépense énergétique pour compenser l'augmentation de la fréquence de recharge, causée par l'utilisation de plus d'applications (The Shift Project, 2018). Les trois autres sources ont des tendances similaires que les smartphones sur la phase de fabrication et d'utilisation.

En entreprise, les sources d'impact écologique reflètent la même tendance qu'au niveau mondial. Les équipements des utilisateurs sont plus spécifiques à leurs besoins propres (écrans, casques, etc.) et jouent un rôle important dans leurs opérations. Les entreprises dépendent également des **infrastructures de réseau** et des **centres de données** afin de transférer de l'information et d'être connectées. En fonction de ces centres et de leur mutualisation, l'efficacité de la consommation d'énergie et la mise en place de stratégies varient. Floriane de Kerchove (2022) recommande aux entreprises d'**investir** dans la réduction de l'empreinte carbone du secteur numérique car l'énergie est très coûteuse. Une deuxième recommandation est de **faire pression** (dans leurs arguments de vente, par exemple) sur les fournisseurs pour offrir des biens et services responsables numériquement et écologiquement.

En matière d'utilisation des équipements, la **vidéo** est la source primaire de pollution (The Shift Project (2019) estime à 80% des émissions carbone). Jules Delcon (2022) relativise tout de même sur l'utilisation des équipements en admettant qu'il est préférable pour un utilisateur de regarder des vidéos plutôt que de changer d'équipements trop fréquemment. Il conseille aux utilisateurs de prendre conscience de leur utilisation, de faire attention et d'adopter une consommation plus raisonnable du numérique. Selon The Shift Project (2018), la vidéo en addition de la consommation à la demande comme du streaming est responsable d'une explosion de trafic sur les réseaux de 25% par an et dans les centres de données de 35%. Cette explosion dépasse les gains d'efficacité énergétique obtenus dans les équipements et les infrastructures. On peut même citer une question concernant l'approvisionnement en équipements de stockage que cette demande a soulevé récemment: "A noter par ailleurs que **cette croissance est si forte qu'une question se pose quant à la capacité même d'assurer une production industrielle suffisante en termes d'équipements de stockage à l'échéance 2020**" (The Shift Project, 2018, p.23).

4.2. Économie circulaire pour le numérique

A la suite de leur évaluation, les entreprises ont l'opportunité d'instaurer de nouvelles stratégies responsables numériques. Ces dernières années, les discussions autour des pratiques durables et de la gestion responsable des ressources ont entraîné des changements significatifs dans les stratégies du secteur numérique.

Parmi ces changements, la transition vers une **économie circulaire** est apparue comme une approche essentielle pour réduire les impacts environnementaux et promouvoir la longévité des cycles de vie des produits. Cette stratégie implique une transformation vers une consommation et une conception responsable. Floriane de Kerchove (2022) développe que la durée de vie des produits, l'éco-conception et la réparation sont des sujets de discussion importants actuellement au niveau Européen comme par exemple le Circular economy action plan émis par le Parlement Européen (European Parliament, 2023). Le numérique prend aussi part à l'économie circulaire. Par exemple pour les produits informatiques ou pour les entreprises ayant une infrastructure numérique polluante, le numérique (par l'analyse de données et l'optimisation entre autres) peut aider à analyser et diminuer les émissions carbone et optimiser la durée de vie des produits. Cependant pour instaurer une économie circulaire ou de l'éco-conception, les experts conseillent aux entreprises d'avoir un agenda commun et de se mettre préalablement d'accord sur la méthode de travail, les valeurs et le type d'innovations souhaités.

Cette économie circulaire peut s'accompagner pour certaines entreprises de nouvelles opportunités de marchés durables. Jules Delcon (2022) donne l'exemple, tiré de son expérience personnelle, de Nokia, qui a surfé sur la vague du GSM 3310, réputé incassable, pour proposer un nouveau modèle résistant, à l'eau et au sable et muni d'une bonne batterie, le Nokia XL World. Ce smartphone peut également séduire les consommateurs qui cherchent un modèle durable, car ses composants, protégés des chocs et des dégradations, peuvent tenir plus d'années que ceux des smartphones habituels. De plus, cela permet une longue utilisation et un remplacement moins fréquent. Cela peut représenter un coût plus conséquent mais être amorti sur plus d'années. Ce produit solide peut donc aussi être présenté comme durable. Un système de **garanties** sur l'obsolescence est aussi mis en place, ainsi que de **mises à jour** de sécurité et un support de nouvelles versions garanti pendant 4 ans, offrant avec certitude une durée de vie minimale du produit.

En termes d'économie circulaire, l'UCL a mis en place un service de produits informatiques de **seconde vie**, de récupération et de réparation pour les étudiants qui demandent une aide sociale. L'UCL est aussi en pleine réflexion d'achat des équipements basés sur des **critères de durabilité** tels que la facilité de réparation, la durée de vie, l'obsolescence, le transport, etc. (Somers, 2022). Une

recommandation des experts est de favoriser l'achat de matériel de qualité ayant des **labels**, des garanties ou respectant des critères environnementaux et sociaux. **La maintenance et l'amortissement** du matériel seront aussi des critères de durabilité qui, en addition des bonnes pratiques, réduisent les émissions carbone.

Les **retours** des clients vers les constructeurs pourraient aussi redonner aux consommateurs un pouvoir indirect sur les produits, par exemple sur l'harmonisation de leurs matériaux ou de façon générale sur leur mode de production, en termes de durabilité, en posant des degrés d'exigence qui parviendraient aux constructeurs. (Somers, 2022)

4.3. Transdisciplinarité

Parallèlement à l'adoption des principes de l'économie circulaire, le concept de transdisciplinarité a gagné du terrain, mettant l'accent sur les efforts de collaboration entre divers domaines pour relever des défis complexes. Les experts expliquent l'évolution des stratégies dans les contextes numériques et le rôle de la transdisciplinarité par la conduite d'un changement significatif.

La transdisciplinarité permet aussi la création de liens entre des acteurs qui n'ont pas l'habitude de se concerter. L'ISIT à travers ses formations sur la sobriété numérique permet à plusieurs acteurs de domaines différents de pouvoir se rencontrer et de discuter de problématiques communes. L'intervention d'experts et des sessions de rencontres sont, en conséquence, bénéfiques à la création de **synergies** et à la conscientisation de certains acteurs sur des problématiques rencontrés par d'autres. En addition aux experts, des lieux d'apprentissage tels que l'université donneraient la possibilité de rencontrer d'autres acteurs mais aussi d'intégrer les aspects de responsabilité numérique dans les cours donnés aux étudiants (Somers, 2022) et ainsi transmettre un message important pour les générations futures, et à elles.

Une limite à la transdisciplinarité est la **pénurie d'experts** en technologies et en informatique. Or, ce sont des personnes indispensables pour pouvoir établir une bonne évaluation des entreprises et ainsi transposer et partager leur savoir à travers la problématique de pollution numérique.

4.4. Sobriété numérique

Jules Delcon (2022) préconise de balancer toute politique d'innovation par une politique de sobriété numérique. La sobriété numérique **lutte contre la surconsommation des ressources** et **lutte également contre l'effet rebond**. Comme déjà décrit dans ce mémoire, l'amélioration de fabrication ou d'utilisation d'équipements a tendance à augmenter la demande en équipements et finit par augmenter la consommation des ressources. L'innovation et l'apparition rapide de nouvelles versions de technologies, suite à des enjeux de marketing et d'avantage concurrentiel, réduisent la durée de vie des technologies et créent de l'obsolescence.

L'objectif de la sobriété numérique d'un acteur va être de réduire son impact environnemental à travers sa procurement et son usage des équipements mais aussi de changer ou instaurer de nouveaux **comportements** au bénéfice de l'environnement.

Certaines situations peuvent complexifier la sobriété numérique comme, par exemple, le **télétravail**. A la suite de la crise Covid-19, le télétravail est fortement favorisé par les organisations et les employés. En effet, le travail à la maison a plusieurs avantages pour les entreprises tels qu'une baisse des coûts énergétiques des bâtiments suite à la réduction de leur usage. Les entreprises peuvent aussi récupérer

des espaces de bureaux qui autrefois étaient bondés d'employés. Du point de vue des employés, ceux-ci bénéficient aussi du télétravail. Ils doivent se déplacer moins et peuvent donc réduire leur coûts de déplacement et des émissions carbone liées. Les employés bénéficient de leur confort personnel en travaillant chez eux, etc. Pourtant le télétravail conduit à un nouveau paradoxe. En réduisant l'empreinte environnementale en termes d'énergie des bâtiments et en termes de transport, le télétravail a augmenté l'empreinte environnementale des employés qui sont parties prenantes des entreprises. En effet, pour assurer un confort de travail à domicile, les entreprises fournissent des équipements supplémentaires tels que des seconds écrans, des casques, etc. De plus, les employés, autrefois, consommaient peu de ressources et d'énergie en journée à cause de leur absence. Aujourd'hui, les employés sont à présent en journée à leur domicile et donc consomment de l'électricité, du chauffage et des ressources pendant toute la durée de la journée de travail. Les bénéfices obtenus d'un côté ont provoqué des pertes de l'autre.

Peu de solutions sont à ce jour présentées pour faire face au paradoxe du télétravail. Les experts, en attendant, conseillent d'aborder un comportement de sobriété numérique à la maison en prenant conscience des impacts environnementaux à domicile et en exerçant une série de bonnes pratiques. Il reste toutefois intéressant de noter que le télétravail peut être un frein à l'évaluation des entreprises car **l'intégration de données externes** à l'entreprise complexifie le calcul des émissions carbone totales de cette dernière.

La sobriété numérique est aussi encouragée par l'Etat. Entre autres, l'Etat Français a créé un **guide des bonnes pratiques** pour les achats numériques responsables. Dans ce guide, nous pouvons retrouver des rappels de réglementations et lois mises en place ainsi qu'une liste de questions et de conseils, que les individus et pouvoirs publics peuvent utiliser afin de sonder la responsabilité numérique des fournisseurs et des producteurs (République française, 2021).

En tant qu'individu, celui-ci à la possibilité d'être sobre numériquement à sa propre échelle. Jules Delcon, 2022) partage, par exemple sa propre expérience:

- Il préfère utiliser **Spotify plutôt que Youtube** pour écouter sa musique car le streaming audio évite la majeure partie des données, contenues dans la partie visuelle des vidéos.
- Il préfère utiliser le casque de son câble au lieu d'activer **Bluetooth** car ce dernier demande des charges de batteries plus fréquentes et finit donc par consommer plus d'électricité.
- Il coupe sa **caméra** lors des visio-conférence car cela évite la consommation d'énergie pour les vidéos.
- Les postes de travail à son bureau ont tous une **prise multicharge avec un interrupteur**. A la fin de la journée, les employés éteignent les prises multi charge, pour éviter les dépenses des appareils en veille.
- Les employés sont encouragés à donner des **feedbacks** sur les bonnes pratiques.
- Les pièces jointes ne sont pas envoyées dans les mails. Les employés envoient uniquement des **liens hypertextes**.
- Les employés sont encouragés à utiliser la pratique **Bring Your Own Device** qui consiste à utiliser leurs équipements personnels pour leur travail. Il n'y a donc pas besoin d'acheter des ordinateurs supplémentaires pour les employés, si ceux-ci acceptent cette pratique.
- Il recommande d'acheter du **matériel informatique reconditionné**.

Enfin, les pratiques exercées au sein de l'entreprise ont un potentiel d'influence sur les pratiques privées des entreprises.

The Shift Project (2018) préconise plusieurs leviers de sobriété numérique. Les deux premiers leviers consistent à lutter contre l'obsolescence et le renouvellement de flotte entière d'équipements, pas toujours nécessaires en entreprise, en **prolongeant la durée de vie** des équipements et de renouveler seulement des sections d'équipements plutôt qu'en intégralité. En prolongeant la durée de vie des

smartphones de 2,5 ans à 3,5 et des ordinateurs portables de 3 à 5 ans, les entreprises réduisent leur émission de GES annuel du parc de terminaux de 37% et 26% respectivement.

Le troisième levier de sobriété numérique est pour les entreprises d'offrir la possibilité aux employés d'avoir deux cartes SIM pour un seul smartphone permettant de distinguer la vie numérique professionnelle à la vie numérique privée. The Shift Project (2018), estime qu'en augmentant la part de **double carte SIM** de 20% à 70% dans le parc de terminaux, résulte à une diminution d'émission carbone dans le parc de terminaux de 37%.

Le quatrième levier est d'éviter le surplus de stockage de données en préconisant l'usage d'une **plateforme partagée** pour distribuer des documents entre employés. Cela évitera d'envoyer des pièces jointes par mail qui augmentent l'émission carbone. La mise en place de ce levier résulte à une estimation de réduction d'émission de GES entre 40% et 81% en fonction d'un échange partiel ou complet par la plateforme partagée, dans le partage des données.

Le cinquième et dernier levier, illustré ci-dessous, consiste à "**définir des métriques, aisément compréhensibles par les différentes sphères décisionnelles et utilisables pour l'arbitrage de projets à composante numérique**. Ces métriques, standardisées au moins à l'échelle de l'entreprise, sont des indicateurs de l'impact environnemental de la ou des composantes numériques d'un projet ou d'un produit, destinés à être pris en compte parmi les critères de sélection/optimisation (au même titre que des critères financiers ou sociaux) du projet ou du produit" (The Shift Project, 2022, p.40).

"La simulation réalisée pour ce levier n°5 présente **un exemple de métrique illustrant cette approche, dans le cadre de projets impliquant la pose d'écrans d'affichage, qui fleurissent depuis quelques années dans les couloirs des entreprises, les galeries commerciales et dans les rues des villes**. L'exercice se concentre donc sur la construction de la métrique « impact environnemental d'un écran d'affichage en fonction de sa taille » (The Shift Project, 2022, p.40-41).

Figure 9. Résultat cinquième levier

Leviers Entreprises	
Levier N°	
Énoncé du Levier	5
Mettre au point des métriques environnementales.	
Taille moyenne de l'écran (Inch)	54
Emissions annuelles moyennes de l'écran (kgCO ₂ e/an)	106
Exemple de métrique : impact d'un écran d'affichage en fonction de sa taille (kgCO ₂ e/an/inch)	2

Source : The Shift Project. (2022). *L'évaluation énergie-climat du PTEF: Note de transparence dans le cadre du plan de transformation de l'économie française*. Paris: The Shift Project. Récupéré de <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2022/02/Note-evaluation-energie-climat-PTEF-v1.1.pdf>

4.5. Les technologies pour le climat

Lors des entretiens, et particulièrement avec Floriane de Kerchove (2022), nous avons eu l'occasion de discuter des **bénéfices des technologies** pour lutter contre les changements climatiques. Un plan d'action digitale et une stratégie digitale permettrait aussi de réduire l'émission carbone des entreprises.

Dans l'étude Digital4Climate (Agoria, 2022) de l'Agoria en collaboration avec Accenture, les étapes pour entreprendre une **stratégie** sont décrites. Lors de l'entretien, Floriane de Kerchove, nous a résumé ces différentes étapes. Premièrement c'est de rassembler les informations et d'établir des **objectifs** clairs à atteindre. Deuxièmement, il s'agit de s'informer sur les différentes innovations et **outils** mis à disposition qui aident à réduire les émissions carbone. Cela comprend également la recherche de la faisabilité opérationnelle et financière pour utiliser certaines technologies et s'assurer que la stratégie reste rentable pour l'entreprise. La dernière étape est **d'implémenter** la stratégie et le plan d'action. Il faut s'assurer que l'expertise, les talents et les ressources nécessaires soient à disposition pour garantir un succès d'implémentation et de transformation digitale.

De plus, l'étude Digital4Climate énumère **15 applications** identifiées pour participer à la réduction des émissions de GES en Belgique (Agoria, 2022). Les effets des 15 applications ont été étudiés en comparant l'empreinte environnementale des 15 secteurs auxquels les applications se rapportent et selon l'étude, l'empreinte digitale a été positivement impactée par l'utilisation de ces outils. L'experte rappelle que l'utilisation des technologies consomme effectivement des ressources mais que les bénéfices en dehors du secteur numérique, tels que la réduction de l'empreinte environnementale globale de l'entreprise, peuvent être plus grands que l'empreinte environnementale du secteur numérique.

Lors de l'étude il a été estimé que l'application de ces technologies numériques dans les quatre grands secteurs émetteurs de carbone (l'industrie, le bâtiment, la mobilité et la logistique) pourrait **réduire environ dix pourcent de l'émission carbone totale** de la Belgique (Agoria, 2022). Parmi les applications, l'exemple du **digital twin** peut illustrer les effets des technologies sur la pollution numérique. Grâce au digital twin, c'est-à-dire la simulation virtuelle de produits ou de processus permettant de faire une analyse avancée des données et de l'automatisation. Le digital twin peut alors permettre de réduire considérablement l'intensité énergétique grâce à une optimisation de l'efficacité des données et des simulations (Agoria, 2022).

Les entreprises peuvent donc bénéficier des technologies pour réduire leur empreinte écologique. Il y a pourtant un risque de mener à un paradoxe en ce qui concerne la sobriété numérique et l'effet rebond. Cependant Floriane de Kerchove (2022) **nuance la volonté de sobriété numérique** pour toutes les utilisations des technologies. Assurément, le numérique a fortement révolutionné les cultures et valeurs des sociétés et il serait inimaginable de considérer retourner à une époque où les technologies numériques étaient peu présentes. Il faut effectivement prendre en compte l'utilité du numérique dans les activités des individus et des entreprises et peser les impacts positifs des technologies sur le bien être et l'innovation contre les impacts négatifs tels que l'empreinte environnementale.

A la suite de cette étude, l'objectif de l'Agoria est de pouvoir intégrer les applications et les bonnes pratiques dans leur programme et d'accompagner les entreprises dans une démarche de réduction des émissions de GES grâce à l'utilisation d'outils d'évaluation tels que le score 1, 2 et 3 et grâce aux applications. Une volonté future de l'Agoria serait de pousser la recherche de **technologies "green"** au-delà des 15 applications et de pouvoir collaborer avec des entreprises numériques, de télécom ou des data centers sur la réduction de leur empreinte environnementale (de Kerchove, 2022).

Lors de l'entretien avec Francis Somers (2022), nous avons tout de même constaté un **scepticisme** quant aux réels bénéfices des technologies pour la réduction des émissions carbone. Il admet que les

technologies sont indispensables pour notre système socio-technique cependant il ne faut pas oublier de promouvoir la responsabilité numérique et d'être raisonnable lors de leur achat et leur utilisation. Son point de vue concernant le recyclage interpelle sur la réelle réduction des émissions grâce aux technologies. Il rappelle qu'une utilisation intensive des technologies ne peut se promouvoir que si l'on assure un **recyclage** et une fin de vie des produits aussi développés que possible. Bien que l'Agoria (2022) a pris en compte la fin de vie des produits dans ses calculs, l'effet rebond peut alors influencer les résultats de l'étude.

4.6. Collaboration

Une dimension importante est celle de la collaboration. Les différents experts la décrivent selon différents angles, dressant un bilan et illustrant la situation actuelle par différents exemples et actions concrètes. De plus, celle-ci s'opère entre différents acteurs et à des **échelles** d'envergures différentes: au sein d'une même entreprise, dans l'ensemble de la société, ou à une l'échelle individuelle.

Dans un premier temps, les experts soulignent que la collaboration mise en place aujourd'hui pour trouver des solutions aux défis environnementaux dans lesquels s'insère la pollution numérique est quelque chose de relativement récent et encore au stade de **prémisses**, surtout lorsqu'on parle de mise en place concrète de bonnes actions. Jules Delcon (2022) souligne que dans les retours qu'ils ont pu avoir de leurs propres enquêtes, cela est surtout vrai en Belgique, alors que les entreprises françaises ont déjà entrepris davantage d'opérations concrètes.

Il relève également que les actions ne sont pas toutes égales en termes de **difficulté** d'implémentation. Les travaux peuvent d'ailleurs aujourd'hui se retrouver confrontés à un contexte de relégation au second plan, face à **d'autres considérations** prioritaires, voire même à une impression trompeuse d'être déjà suffisamment actif au niveau de la responsabilité environnementale, par certains procédés de recyclage par exemple. (Somers, 2022) Dans un environnement vivant que constitue une organisation ou une entreprise, cela peut ralentir la sensibilisation et les actions portant sur la pollution numérique, et une collaboration proactive et **l'initiative des individus** occupant les postes de décision ou de pouvoir d'action est indispensable pour parvenir à mettre en place de tels processus.

Un exemple de collaboration est le regroupement d'entités à l'échelle de région. Jules Delcon (2022) cite l'exemple de la région bruxelloise, pour laquelle est prise une initiative pilotée par le CIRB, centre informatique de cette région, qui a déjà mis en place de nombreux éléments. Déjà, ils ont instauré des **groupes de travail**, qui se concentrent sur le hardware, l'éco-conception, l'IT, la conscientisation, les usages, et la communication. L'échelle de temps du plan d'action qu'ils ont établi est de 3 ou 4 ans: la première année on lance les groupes de travail et met en place certaines bonnes pratiques. C'est la phase de réflexion. A partir de la deuxième année, on met en place celles dégagées en interne. Et la fin du plan, comme objectif de ce service public, est de les **diffuser** au niveau de la population.

Concrètement, ils ont lancé ces groupes, signé une **charte**, et pour certains ils ont pris la mesure de l'impact de leur IT. Pour cela on peut citer l'utilisation de guides des achats numériques responsables dans les groupes de travail. En effet, l'analyse des offres d'ordinateurs, par exemple, a pu aboutir au choix d'un modèle d'ordinateur plus onéreux, mais d'une durée de vie plus longue, ce qui compense le coût sur une durée d'**amortissement** plus longue elle aussi, en passant de 4 à 6 ans, ce qui en fait un choix plus rentable au final.

De plus, un autre niveau de coopération est de travailler avec les **fournisseurs** pour tenter de réduire le coût environnemental du carbone. En effet, econocom va négocier avec le CIRB et HP, la marque retenue pour le choix matériel, afin de privilégier un mode de transport moins néfaste, à savoir le

transport par bateau jusqu'à Rotterdam, pour dans un second temps développer la mobilité douce et le commerce local pour le dernier kilomètre. Dans le même ordre d'idée, Francis Somers (2022) propose une augmentation des retours des utilisateurs et des institutions utilisant des appareils et solutions numériques directement aux **constructeurs**. Cette boucle de **feedback** permettrait elle aussi de discuter d'alternatives de fin de vie et d'augmenter la part de recyclage en collaborant à la source, faciliterait et encouragerait donc les investissements dans celui-ci.

Enfin, ils prévoient des **dons de matériel aux associations**, après analyse de celles susceptibles d'en recevoir, et des primes à l'utilisation de FairPhone. Le travail entre les entreprises, le secteur public et les associations de récupération est en effet une autre strate qui permettrait de prolonger le cycle de vie des produits, leur utilisation et de limiter l'épuisement des ressources rares. De plus, cela est une des pistes les plus simples à mettre en place. Ils ont donc des projets pilotes, qui sont encore à ce stade et qui ne sont encore que peu analysables. On peut quand même citer la **formation** en éco-design donnée à leurs développeurs et une entreprise de **nettoyage des données** et de minimisation du corps de données inutiles.

Cependant, le fait d'être membre d'une des alliances ne suffit pas en soi, et Francis Somers (2022) rappelle que des actions concrètes doivent suivre. Il souligne aussi le fait qu'une collaboration au sein par exemple de l'INR est possible, spécialement lorsqu'il s'agit d'entités **publiques**, comme des universités. Cela pourrait se mettre en place de la même manière qu'elles collaborent déjà sur les outils à mettre en place au sein de leur organisation. De cette remarque on peut aussi rappeler qu'une difficulté supplémentaire rencontrée lorsqu'on parle de coopération est la concurrence entre les entreprises. Celle-ci peut segmenter plutôt que de rassembler autour de la question globale de la pollution numérique. En effet, la privatisation des données et les optimisations propres à chaque entreprise peuvent être maintenues indépendantes et isolées dans un but de **prévaloir** sur ses concurrents, au niveau des coûts ou de l'efficacité. Pour illustrer cela, Floriane de Kerchove (2022) parle des centres de données après avoir rappelé que leur objectif principal est la neutralité climatique.

Dans un premier temps, elle explique qu'un partenariat existe, le **SBTI** (Science Based Targets Initiative), qui définit et promeut les bonnes pratiques en réduction d'émissions et les objectifs de neutralité, et notamment au sujet des centres de données. Elle cite ensuite le **Climate Neutral Data Center**, une initiative qu'on peut retrouver en Belgique, qui donne des lignes de conduites et objectifs quant à l'efficacité des centres de données, au niveau des émissions de CO2, du traitement de l'eau et du recyclage de la chaleur, avec en ligne de mire la neutralité climatique.

Dans un second temps, et pour faire le lien avec la problématique de la **concurrence**, elle souligne le coût élevé que représente l'hébergement d'un centre de données par les entreprises, qui démultiplie le nombre de centres et de données, et les dépenses de ressources et d'énergie nécessaires pour la construction, maintenance et utilisation de ces centres. Dans le cadre de l'étude Digital4Climate (Agoria, 2022) une migration vers une **mise en commun** des data centers permettrait une réduction de 65% de consommation d'énergie et de 84% de réduction de l'émission de CO2. Cela illustre effectivement l'intérêt de la collaboration des entreprises pour ces problématiques.

Enfin, une dynamique essentielle et transversale dans ces différents aspects de collaboration est la **sensibilisation** et la conscientisation. Celle-ci fluidifie tous les autres points cités ci-dessus, car les interactions d'individus conscientisés et sensibilisés ont bien sûr plus de chances d'aboutir malgré d'autres préoccupations considérées prioritaires. Jules Delcon (2022) rappelle que tout le monde utilise l'IT, et que les impacts de modifications comportementales, même s'ils peuvent être limités à l'échelle individuelle, s'additionnent et peuvent faire une grande différence.

Ainsi, une collaboration des instances environnementales et des **médias**, par exemple, peut créer rapidement et à très grande échelle une sensibilisation, même sans être complètement développée. Cela peut alors être un soutien au changement des mentalités, à la fois dans le monde du travail mais aussi au niveau individuel. Cela fait écho à la dualité top to bottom et bottom to top et encouragerait ainsi une évolution à la fois au niveau des utilisateurs (bottom) mais aussi des producteurs (top) de manière indirecte puisqu'ils sont également constitués d'individus. On peut aussi retrouver des **formations** au sein des entreprises ou des institutions publiques, en interne ou menées par des organismes comme ISIT. Cela peut constituer un investissement de temps ou nécessiter un budget, mais mener à une sensibilisation et une fluidification des projets liés à cette problématique.

On peut reprendre l'exemple présenté par Jules Delcon (2022) de l'interaction entre équipes au sein d'une même entreprise. Si un employé souhaite recevoir un nouveau smartphone par exemple, ou un abonnement de données illimitées et de fluidité maximale, ou effectuer un déplacement en avion, un employé des ressources humaines pourrait vouloir discuter de la pertinence de ce choix avec lui en termes de coûts environnementaux. Le fait d'être déjà sensibilisé à ces questions limite la possible impression de contrôle voire même d'hostilité, mais ouvre plutôt vers une **discussion éclairée** sur la valeur actuelle du smartphone actuel ou d'un voyage en train plutôt qu'en avion, ou l'équilibre entre accès aux données et leur utilisation intensive. Dans sa propre situation, il encourage ainsi la mise en place de bonnes pratiques, mais sans basculer dans un excès d'autorité, en encourageant toujours le feedback et la discussion.

Pour conclure, la collaboration est essentielle dans la mise en place et la faisabilité de solutions aux problèmes de pollution numérique. Une sensibilisation aide cette collaboration à tous les échelons, par exemple via les grands médias et les formations. Au-delà de l'action individuelle, les entreprises peuvent former leurs employés à l'éco-design et collaborer avec d'autres entreprises concurrentes, par exemple pour centraliser les centres de données. Au niveau régional, national et international, on peut citer des institutions et initiatives qui se mettent en place pour étudier ces problèmes et proposer des solutions: CIRB, SBTI, ... Un plan regroupant une phase de groupes de travail, de mise en place de bonnes pratiques et enfin de diffusion dans la population peut être mis en place. Enfin, le travail de récupération et de dons aux associations, ainsi que le dialogue avec les producteurs et fournisseurs sont d'autres voies de collaboration à explorer.

5. Résultats

Les entretiens avec les experts, l'exemple concret de l'UCL et le rapport d'expertise de The Shift Project soulèvent de nombreux points qui peuvent être analysés à l'aide des concepts théoriques relevés dans les sections précédentes de ce travail. Cette analyse relève trois efforts majeurs pour adresser la pollution numérique: la prise de conscience, l'évaluation de la pollution numérique des acteurs et ses conséquences, et enfin la mise en place de stratégies dans une réalité évoluant à travers plusieurs systèmes. Ces trois étapes sont essentielles dans les différentes sources étudiées et on peut les retrouver comme structure utilisée par les experts.

Dans un premier temps, on peut noter que les experts s'accordent sur l'urgence climatique et l'importance de la sensibilisation aux questions environnementales. En particulier, ils donnent des réponses liées à la pollution numérique. Le secteur numérique est un phénomène récent et en croissance constante, ce qui amène de nouvelles problématiques importantes. Celles-ci sont délicates à analyser à grande échelle dans la mesure où les enjeux ne sont pas encore intégrés proactivement par la plus grande partie des acteurs. Ce secteur contribue aux émissions de GES au niveau mondial, même s'il apporte dans le même temps des

optimisations, des innovations et des possibilités importantes qui peuvent, lorsqu'elles sont appliquées avec contrôle et précaution, limiter les émissions carbone d'autres secteurs.

Cependant, le sujet traité ici est la pollution numérique, engendrée par ce secteur. En cela, les experts s'accordent sur l'importance de la conscientisation et de la responsabilisation des différents acteurs, en particulier les entreprises, à cette problématique. Elle amène à une remise en question et au choix éclairé de l'évaluation de leur empreinte numérique. Le caractère immatériel et décentralisé de la pollution numérique et de ses conséquences freine la prise de conscience, qui souvent s'opère, comme pour l'UCL, lors du contact avec des experts. Celui-ci peut s'opérer à des échelles diverses et à des degrés variés. De la même façon, il est important de sensibiliser les entreprises et autres acteurs aux conséquences de leurs choix numériques.

Cette sensibilisation des entreprises et autres acteurs permet de questionner la responsabilité écologique numérique et de faciliter la mise en œuvre d'une démarche d'évaluation de pollution numérique. Les différentes sources de motivation sont principalement l'attention portée à la RSE, les incitations internes ou externes (positives ou négatives), économiques et politiques. Les différents acteurs s'influencent également mutuellement, tant dans la relation avec les fournisseurs, les consommateurs ou producteurs.

Il se peut qu'une entreprise consciente de la problématique de pollution numérique ne **poursuive pas la démarche** par une évaluation. En effet, celle-ci peut considérer qu'elle n'est pas prioritaire ou que ses démarches sont suffisantes.

Lorsqu'une entreprise s'évalue, des outils sont disponibles pour aiguiller son analyse. Ceux-ci ne sont pas encore très nombreux et les outils de comparaison quantitative sont limités en nombre, entre autres de par la privatisation des données. Cependant, des bases communes de valeurs d'émission peuvent déjà être consultées comme référentiel commun, comme dans le rapport de The Shift Project. Des outils qualitatifs sont également accessibles et fournissent une première étape aux entreprises qui souhaitent s'intéresser à leur pollution numérique (questionnaire et système de score). Au cours de cette évaluation, il est établi que les entreprises doivent analyser principalement leur phase de fabrication et d'utilisation de leurs technologies et équipements.

Après leur évaluation, les entreprises obtiennent un panorama de leur situation numérique et peuvent alors mettre en place, si elles le décident, des stratégies au sein des différents systèmes auxquels elles appartiennent. Ces stratégies répondant à un problème complexe sont idéalement élaborées en regroupant des experts de diverses disciplines.

Avant de décrire les deux stratégies ci-dessous, il est essentiel de rappeler la tension existante entre la transition numérique et la transition écologique. En effet, le monde numérique croît rapidement dans un monde de ressources finies et un système nécessitant une adaptation environnementale. Cependant, cela peut engendrer des conflits d'intérêt entre génération présente et future, entre parties prenantes selon les objectifs de chacune.

Ainsi, on peut dégager différentes pistes de stratégies. L'utilisation du numérique apporte des bénéfices mais a également un coût environnemental. La théorie du paradoxe classe cet état comme un paradoxe de type "Learning" dans une approche temporelle, et de type "Performing" car certaines parties prenantes voient la performance comme une réduction optimale des GES alors que d'autres la voient davantage comme une réussite économique. On peut alors classer la gestion de ce paradoxe dans deux groupes stratégiques..

Premièrement, une entreprise peut emprunter la voie de la **sobriété numérique**. Dans cette perspective, les choix numériques sont faits dans un objectif de réduction des émissions

carbone en limitant le nombre d'appareils et en visant une limitation de la consommation énergétique et de l'utilisation des ressources.

La sobriété numérique s'appuie sur le changement des comportements et la mise en place de bonnes pratiques. Elle encourage une utilisation équilibrée et responsable des appareils et technologies numériques, en optant pour les choix et les acquisitions qui minimisent l'empreinte environnementale. Ainsi sont mises en avant l'éco-conception, le recyclage, la durabilité et la longévité des appareils et technologies, tout en tirant profit d'un monde numérique sobre et à la croissance contrôlée. Cette voie peut approcher une logique de retournement, considérant dans le même temps que l'urgence climatique justifie de nouvelles pratiques et modèles d'affaires. Dans la transition numérique actuelle, la transition écologique peut alors se réaliser en favorisant une adaptation des entreprises, pour répondre à de nouveaux besoins.

La sobriété numérique, de par sa nature propre à lutter contre la surconsommation, limite dans une certaine mesure, le paradoxe de l'effet rebond, c'est-à-dire l'augmentation nette de la consommation et de l'utilisation de technologies numériques malgré leur amélioration.

Deuxièmement, une entreprise peut emprunter la voie des **technologies pour le climat**. Celle-ci met avant tout en évidence les avantages et les apports des technologies, aussi pour le climat. Ainsi, certaines applications de ces technologies permettent même de réduire l'empreinte environnementale globale, même si le secteur numérique y participe. L'analyse avancée de données et l'emploi de technologies numériques permettent des décisions éclairées, parfois même en temps réel, tout en gagnant en efficacité et en performance.

L'innovation va de pair avec un investissement important dans le secteur numérique, malgré la pénurie de ressources et de talents. Elle n'exclut néanmoins pas la sobriété, mais nuance son utilisation systématique. La stratégie est de promouvoir l'étude et le développement de technologies "Green", c'est-à-dire à faible coût environnemental net. Cette voie peut approcher une logique d'accommodement, à savoir une adaptation des activités de l'entreprise pour répondre aux besoins de changement climatique tout en évitant de changer de modèle économique et de modifier à trop grande échelle leur processus de production. Cette stratégie a un risque plus élevé de générer l'effet rebond.

Pour rappel, l'hypothèse émise dans ce travail est: "Lorsque les entreprises sont interrogées ou évaluées sur leur responsabilité écologique numérique, elles peuvent être incitées à adopter des pratiques plus durables. Ce changement de comportement pourrait contribuer à réduire la pollution numérique".

A la suite de cette analyse, nous pouvons confirmer que l'évaluation de la responsabilité écologique numérique, qui suit en général une conscientisation, peut effectivement être suivie, lorsque les entreprises décident de poursuivre ce travail, et mettre en place différentes stratégies. Ces stratégies permettent de réduire, par des approches différentes, l'empreinte environnementale globale. Cette réduction s'opère idéalement lorsque les acteurs sont sensibilisés et qu'on n'observe pas d'effet rebond.

6. limites et perspectives de l'étude

La jeunesse du sujet de la pollution numérique et le fait que les entreprises soient actuellement en phase de prise de conscience limitent l'analyse d'une étude de cas sur toutes les phases de responsabilisation (prise de conscience, évaluation et stratégie).

Bien que les experts aient accès à des données et des chiffres de certaines entreprises, l'accessibilité à des données numériques à grande échelle est à ce jour limitée. Une suite d'analyse de ce travail pourrait alors se produire dans les prochaines années. L'augmentation des données qualitatives et quantitatives permettra aussi une analyse avancée quant à la responsabilisation écologique et numérique des entreprises.

Une limite supplémentaire à l'analyse de ce travail est liée au nombre restreint d'entretiens et donc à la probabilité de ne pas pouvoir vérifier les biais des experts avec une plus grande nombre de données. Les biais des experts risquent aussi de fausser les résultats de cette analyse.

Enfin, les recommandations pour le futur seraient d'analyser les entreprises qui auront, à ce moment-là, fini leur processus de responsabilisation et auront plus de contenu à partager. Une deuxième recommandation serait d'approfondir la piste de déni et les raisons pour lesquelles les entreprises décident, après sensibilisation ou évaluation, de ne pas agir.

Conclusion générale

Malgré les avantages du monde numérique, celui-ci s'accompagne d'une pollution qui a fait l'objet de ce mémoire. Nous avons dans ce travail étudié la responsabilité écologique et l'influence des différents acteurs en ce qui concerne la pollution numérique, et ce après avoir défini et illustré tous les concepts importants nécessaires à une telle analyse : responsabilité, durabilité, pollution, sobriété numérique, économie circulaire, acteurs, etc.

Nous avions posé l'hypothèse suivante pour aiguiller notre travail : "Lorsque les entreprises sont interrogées ou évaluées sur leur responsabilité écologique numérique, elles peuvent être incitées à adopter des pratiques plus durables. Ce changement de comportement pourrait contribuer à réduire la pollution numérique"

A l'aide du savoir de deux experts, de rapports d'expertise et d'une situation concrète, nous avons exploré cette question de manière qualitative pour extraire de ce corpus d'informations des tendances et une compréhension des motivations, incitations, modes de sensibilisation et d'évaluation de pollution numériques et de mises en place de stratégie des différents acteurs, principalement les entreprises. On note trois phases : la prise de conscience, l'évaluation et les stratégies mises en place.

La prise de conscience des entreprises peut suivre une sensibilisation par les voies publiques ou directement par les groupements d'initiative, voire même par l'évolution de sa RSE, sous l'impulsion de certains de ses employés, eux-mêmes conscientisés à la problématique de pollution numérique. L'étape de la prise de conscience est capitale car elle n'est pas encore suffisamment répandue ou considérée comme prioritaire. Or, une simple conscientisation peut déjà mener à de bonnes pratiques et à une limitation de l'empreinte numérique.

Dans un second temps, nous avons établi que les entreprises peuvent être motivées à évaluer leurs propres impacts environnementaux pour le numérique, par la mise en place de primes, par une image d'entreprise bénéfique, par la hausse du prix de l'énergie ou de nouvelles législations.

Nous avons abouti à une synthèse des pistes envisageables par une entreprise pour agir sur sa responsabilité. Nous avons noté trois pistes. Premièrement, le déni, c'est à dire de choisir de ne pas adresser la problématique, par intérêt divergent ou par manque de ressources, ou un ordre de priorité différent.

Deuxièmement, la sobriété numérique. Ces entreprises encouragent les bonnes pratiques et souhaitent limiter au maximum l'utilisation de technologies et solutions numériques si cela permet tout de même de profiter de leurs avantages. Elles cherchent l'équilibre entre innovation et sobriété. C'est une logique de retournement, et le recyclage y est capital, ainsi qu'une durée de vie prolongée des produits.

Troisièmement, les technologies pour l'environnement. Ces entreprises veulent voir le modèle économique actuel perdurer, mais proposer des technologies au service de l'environnement. Elles nuancent une utilisation automatique de la sobriété et reposent sur une analyse poussée des données pour évaluer la pollution numérique. C'est une logique d'accommodement.

Pour répondre à l'hypothèse, on peut en outre souligner l'importance de la sensibilisation pour permettre de lancer cette phase de prise de conscience et d'évaluation. Ensuite, les entreprises peuvent décider de prendre la première piste et d'arrêter sa démarche pour plusieurs raisons.

Sinon, elles s'engagent sur une des deux autres pistes qui, si elle est suivie en implémentant des actions concrètes, peut réduire la pollution numérique de l'entreprise ou l'empreinte globale de celle-ci. Il existe effectivement des incitations pour qu'elles implémentent des stratégies. Et dans tous les cas, la sensibilisation permet en tant que telle de limiter, même à moindre échelle, le coût environnemental des entreprises en promouvant des bonnes pratiques. Les comportements peuvent donc changer même sans prendre de grandes actions au niveau de l'entreprise.

Cependant, ce travail a également une série de limitations qu'il faut évoquer ici. La jeunesse du sujet de la pollution numérique et le fait que les entreprises soient actuellement en phase de prise de conscience limitent l'analyse d'une ou même de plusieurs études de cas sur toutes les phases de responsabilisation (prise de conscience, évaluation et stratégie).

Bien que les experts aient accès à des données et des chiffres de certaines entreprises, l'accessibilité à des données numériques à grande échelle est à ce jour limitée. Une suite d'analyse de ce travail pourrait alors se mettre en place dans les prochaines années. L'augmentation des données qualitatives et quantitatives permettra aussi une analyse avancée quant à la responsabilisation écologique et numérique des entreprises, et une analyse quantitative permettrait des décisions plus quantifiables aussi en termes d'optimalité et de gain pour les entreprises, notamment en termes d'effets monétaires et environnementaux.

Une limite supplémentaire à l'analyse de ce travail est liée au nombre restreint d'entretiens et donc à la probabilité de ne pas pouvoir amortir les biais des experts par un plus grand nombre de données.

Enfin, nos recommandations pour le futur seraient d'analyser les entreprises qui auront, à ce moment-là, fini leur processus de responsabilisation et auront davantage de contenu et d'informations à partager. Une deuxième recommandation serait d'approfondir la piste du déni, peu étudiée ici, et les raisons pour lesquelles les entreprises décident, après sensibilisation ou évaluation, de ne pas agir. Un nombre de données plus important et chiffrées par des indicateurs comme ceux décrits dans les outils de questionnements et d'évaluation ou de nouveaux outils permettrait une analyse plus approfondie du lien entre la nature des entreprises et leurs actions vis-à-vis de leur pollution numérique.

Il persiste un grand nombre d'inconnues et de questions ouvertes d'intérêt: quelle solution pourrait émerger pour pallier le paradoxe entre les transitions écologique et numérique? Quels acteurs pourraient décider d'un seuil maximal de la vitesse d'accès ou du volume d'échange des données et comment l'implémenter? Est-ce qu'un paradigme nouveau qui se passerait de technologies numériques de manière plus drastique que celui de sobriété numérique est-il aujourd'hui envisageable? etc.

Malgré la jeunesse de cette problématique, il existe déjà une série d'outils permettant une plus vaste évaluation des entreprises de leur situation numérique. Cela signifie que dans un contexte numérique grandissant en volume et en importance, nous pouvons espérer qu'une plus grande sensibilisation est possible et continuera d'améliorer l'investissement et l'empreinte carbone des entreprises.

Bibliographie

- Agence Giboulées et Bareau, H. (2019). La face cachée du numérique: Réduire les impacts du numérique sur l'environnement. *Clés pour agir*. Paris: ADEME. Récupéré de <https://www.eco-ecole.org/wp-content/uploads/2017/10/guide-pratique-face-cachee-numerique.pdf>
- Agoria. (2022). *Digital4Climate: Study about the contribution of digital technologies to reduce carbon emissions in Belgium*. Récupéré de https://acdn.be/enewsv7/upload/whitepaper/digital4climate_study_EN.pdf
- Agoria et Sirris. (2017). *Whitepaper Circulaire Economie: Hoe onze technologiebedrijven nieuwe duurzame bedrijfsmodellen toepassen*. Bruxelles: Agoria. Récupéré de <https://www.sirris.be/sites/default/files/whitepapernl.pdf>
- Alcott, B. (2005). Jevons' paradox. *Ecological Economics*, 54(1), 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.020>
- Alcott, B. (2010). Impact Caps: Why Population, Affluence and Technology Strategies Should Be Abandoned. *Journal of Cleaner Production*, 18(6), 552-60. doi: [10.1016/j.jclepro.2009.08.001](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.08.001).
- Amnesty International. (2016). *Le travail des enfants derrière la production de smartphones et de voitures électriques*. Récupéré de <https://www.amnesty.org/fr/latest/news/2016/01/child-labour-behind-smart-phone-and-electric-car-batteries/>
- Amnesty International. (2017). *La face cachée des voitures électriques : l'exploitation par le travail*. Récupéré de <https://www.amnesty.org/fr/latest/news/2017/09/the-dark-side-of-electric-cars-exploitative-labor-practices/>
- Bain & Company. (2022). *Thinking outside the machine: Global machinery & equipment report 2022*. Boston : Bain & Company. Récupéré de https://www.bain.com/globalassets/noindex/2022/bain_report_machinery-and-equipment-report-2022.pdf
- Bartkowski, B. (2016). Ecological Economics. Récupéré de <https://www.exploring-economics.org/en/orientation/ecological-economics/>
- Ben Youssef, A. (2020). How Can Industry 4.0 Contribute to Combating Climate Change?. *Revue d'économie industrielle*, 169, 161-193. doi : [10.4000/rei.8911](https://doi.org/10.4000/rei.8911)
- Berger-Douce, S. (2019). Transition numérique et engagement RSE en PME : une lecture par la gestion des paradoxes ?. *@GRH*, 33, 91-118. doi:10.3917/grh.194.0091.
- Berthoud, F. (2017). Numérique et écologie. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 2017/3(87), 72-75. doi : [10.3917/rei.087.0072](https://doi.org/10.3917/rei.087.0072)
- Biwolé Fouda, J. (2014). Le choix d'une stratégie RSE: Quelles variables privilégier selon les contextes ?. *Revue française de gestion*, 244, 11-32. Récupéré de <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-gestion-2014-7-page-11.htm>
- Bordage, F. (2021). *Numérique au bureau: 27% de notre forfait GES soutenable*. Récupéré de <https://www.greenit.fr/2021/11/01/numerique-au-bureau-27-de-notre-forfait-ges-soutenable/>
- Bouvier-Patron, P. (2016). Vers la coordination interne et externe de la PME « banale » localisée dans un contexte d'innovation et de développement durable. *Géographie, économie, société*, 18, 189-210. doi:10.3166/ges.18.189-210
- Bouvier-Patron, P. (2017). Innovation Frugale Environnementale : Futur Avantage Concurrentiel de la Firme ?. *Recherches en Sciences de Gestion*, 118, 23-44. doi: 10.3917/resg.118.0023.
- Bouvier-Patron, P. (2020). Stratégies d'Entreprises et Innovation Frugale Environnementale : Proposition d'une Matrice Stratégique. *Recherches en Sciences de Gestion*, 136, 39-65. doi: 10.3917/resg.136.0039.
- Bové, A.-T. et Swartz, S. (2016). *Starting at the source: Sustainability in supply chains*. Récupéré de <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/starting-at-the-source-sustainability-in-supply-chains>
- Bruna, M. G. (2015). Quelques thèses récentes sur la RSE. *Question(s) de management*, 9, 91-100. doi: [10.3917/qdm.151.0091](https://doi.org/10.3917/qdm.151.0091)

- Chauviré, H. et al. (2021). *Le rôle des infrastructures dans la transition bas-carbone et l'adaptation au changement climatique de la France*. Paris: Carbone 4. Récupéré de https://www.carbone4.com/files/Carbone_4_Le_role_des_infrastructures_dans_la_transition_bas_carbone_et_l_adaptation_au_changement_climatique_de_la_France_rapport_complet_version_compressee.pdf
- Climat.be. (2019). *Débat national sur la tarification du carbone*. Récupéré de <https://climat.be/politique-climatique/belge/nationale/tarification-du-carbone>
- Climat.be. (2023). *Rapport de synthèse du GIEC : les risques sont beaucoup plus élevés que dans les prévisions antérieures*. Récupéré de <https://climat.be/changements-climatiques/changements-observees/rapports-du-giec/2023-rapport-de-synthese>
- Crifo, P. & Forget, V. (2014). Pourquoi s'engager volontairement dans la transition énergétique ? Enseignements de la littérature sur la responsabilité sociale et environnementale des entreprises. *Revue d'économie industrielle*, 148, 349-381. doi:[10.4000/rei.6030](https://doi.org/10.4000/rei.6030).
- Dechamps, S. (2018). *Le protectionnisme du 21ème siècle sera digital (2): quelles sont les barrières au transfert de données* ? Bruxelles: Agoria. Récupéré de <https://www.agoria.be/fr/digitalisation/digitalisation-des-entreprises/le-protectionnisme-du-21e-siecle-sera-digital-2-quelles-sont-les-barrieres-au-transfert-de-donnees>
- Dechamps, S. (2019). *Orange inaugure un data center "climatiquement neutre" à Hoboken*. Récupéré le 30 août 2021 de <https://www.agoria.be/fr/digitalisation/technologies-digitales/orange-inaugure-un-data-center-climatiquement-neutre-a-hoboken>
- De Kerchove, F. (2022, 15 juin). *Entretien avec Mme. De Kerchove, groupe leader digital de l'Agoria de l'ISIT*. Teams
- Delcon, J. (2020). *Growing footprint of the ICT sector, how can SME's adopt digital sobriety as a new CSR practice: A Belgian inquiry in Small and medium-sized enterprises and their digital consumption*. (Mémoire de Master). Louvain School of Management, Louvain-La-Neuve.
- Delcon, J. (2022, 24 juin). *Entretien avec M. Delcon, project manager à l'ISIT*. Teams
- Demainly, D., Francou, R., Kaplan, D. et Saujot, M. (2017). Faire converger les transitions numérique et écologique. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 2017/3(87), 13-16. doi: [2098/10.3917/re1.087.0013](https://doi.org/10.3917/re1.087.0013)
- Désaunay, C. (2022). Introduction. *Informations sociales*, 2022/2(206), 5-9. doi: [2098/10.3917/inso.206.0005](https://doi.org/10.3917/inso.206.0005)
- Díaz, S. et al. (2019). Pervasive Human-Driven Decline of Life on Earth Points to the Need for Transformative Change. *Science* 366,(6471), eaax3100. <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>.
- Dugast, C. et Soyeux, A. (2019). *Faire sa part ? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'État face à l'urgence climatique*. Paris: Carbone 4. récupéré de [carbone4.com/wp-content/uploads/2019/06/Publication-Carbone-4-Faire-sa-part-pouvoir-responsabilite-climat.pdf](https://www.carbone4.com/wp-content/uploads/2019/06/Publication-Carbone-4-Faire-sa-part-pouvoir-responsabilite-climat.pdf)
- L'Echo. (2023). Le marché mondial des voitures électriques face à une croissance "explosive". *L'Echo*. Récupéré de <https://www.lecho.be/entreprises/auto/le-marche-mondial-des-voitures-electriques-face-a-une-croissance-explosive/10463519.html>
- Elkington, J. (2018). 25 Years Ago I Coined the Phrase "Triple Bottom Line." Here's Why It's Time to Rethink It. *Harvard Business Review*. Récupéré le 23 avril 2023 de <https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it>
- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *Intelligent assets: unlocking the circular economy potential*. Récupéré le 9 août 2021 de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/intelligent-assets>
- Entreprise pour l'Environnement. *ZEN 2050: Imaginer et construire une France neutre en carbone*. Paris: EpE. Récupéré de <http://www.epe-asso.org/zen-2050-imaginer-et-construire-une-france-neutre-en-carbone-mai-2019/>
- European Commission. (s.d.). *Which indicators are used to monitor the progress towards a circular economy ?* Récupéré le 6 juin 2021 de <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators>

- European Parliament. (2023). *Circular economy: definition, importance and benefits*. Récupéré de https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201ST005603/circular-economy-definition-importance-and-benefits?&at_campaign=20234-Economy&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=circular%20economy%20action%20plan&at_topic=Circular_Economy&at_location=BE&gclid=Cj0KCQjwoeemBhCfARIsADR2QCuaGkHpy66Ixz-voJwlAfhEhTqERJdHuvn3ls1DqC6vQA-48kzTJlaAhJYEALw_wcB
- Everard, M., Reed, M. S., et Kenter, J. O. (2016). The Ripple Effect: Institutionalising pro-Environmental Values to Shift Societal Norms and Behaviours ». *Ecosystem Services* 21, 230-40. doi: [10.1016/j.ecoser.2016.08.001](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.08.001).
- Fairphone. (2023). *Fairphone*. Récupéré de <https://www.fairphone.com/fr/>
- Ferreboeuf, H. (2019). Pour une sobriété numérique. *Futuribles*, 429, 15-31. doi:10.3917/futur.429.0015.
- Fischer, Joern, et al. (2012). Human Behavior and Sustainability. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10 (3), 153-60. [Doi : 10.1890/110079](https://doi.org/10.1890/110079).
- Fischer, J. et al. (2015). Advancing Sustainability through Mainstreaming a Social–Ecological Systems Perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 144-49. doi: [10.1016/j.cosust.2015.06.002](https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.06.002).
- Flipo, F. (2020). *L'impératif de la sobriété numérique: L'enjeu des modes de vie*. Paris: Éditions Matériologiques. Récupéré de <https://www.cairn.info/l-imperatif-de-la-sobriete-numerique--9782373612585.htm>
- France24. (2023). Greenwashing des entreprises : "En dix ans, rien n'a changé". *France24*. Récupéré de <https://www.france24.com/fr/europe/20230214-greenwashing-des-entreprises-en-dix-ans-rien-n-a-chang%C3%A9>
- Gibson, R. B. (2006). Sustainability Assessment: Basic Components of a Practical Approach. *Impact assessment and project appraisal*. 24(3), 170-182. doi: 10.3152/147154606781765147.
- Gomez, P. (2022). Dirigeants face au changement: Une typologie des comportements. *Revue Projet*, 389, 14-19. doi: [10.3917/pro.389.0014](https://doi.org/10.3917/pro.389.0014)
- Google. (2021). *Google Environmental Report 2021*. Londres : Google. Récupéré de <https://www.gstatic.com/gumdrop/sustainability/google-2021-environmental-report.pdf>
- GreenIT.fr. (2021). *Benchmark Green IT 2021*. Récupéré de https://club.greenit.fr/doc/2021-10-GreenIT.fr-Benchmark_Green_IT_2021-rapport-V3.pdf
- Greenpeace. (2022). *La pollution numérique, qu'est-ce que c'est ?* Récupéré le 22 juillet 2022 de <https://www.greenpeace.fr/la-pollution-numerique/>
- Hamdouch, A. et Depret, M. (2009). Chapitre 2. Quel gouvernement d'entreprise pour quelle performance ?. *Gouvernance d'entreprise: Nouveaux défis financiers et non financiers*. doi: [10.3917/dbu.finet.2009.01.0041](https://doi.org/10.3917/dbu.finet.2009.01.0041)
- Hoffmann, G. & Saulquin, J. (2009). Quand la RSE revisite la chaîne de valeur. *Management & Avenir*, 28, 37-55. doi: [10.3917/mav.028.0037](https://doi.org/10.3917/mav.028.0037)
- INR. (2023). *WeNR 2023*. Récupéré de <https://wenr.isit-europe.org/>
- ISO. (2010). *ISO 26000:2010(fr)*
- Lignes directrices relatives à la responsabilité sociétale*. Récupéré de <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:26000:ed-1:v1:fr>
- Jacq, F. et Fauconneau, B. (2017). Numérique et recherche environnementale : quelles évolutions ? *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 2017/3(87), 76-79. doi: [10.3917/re1.087.0076](https://doi.org/10.3917/re1.087.0076)
- Joyce, A et Paquin, R. L. (2016). The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models. *Journal of Cleaner Production* 135, 1474-1486. doi:10.1016/j.jclepro.2016.06.067
- Kates, R. W. et al. (2001). Sustainability Science ». *Science, New Series*, 292 (5517), 641-42. Récupéré de <http://www.jstor.org/stable/3083523>.

- Kiel, D., Müller, J.M., Arnold, C. et Voigt, K.-I. (2017). Sustainable Industrial Value Creation: Benefits and Challenges of Industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*. 21(08), 1740015-1-34. doi: 10.1142/S1363919617400151.
- Lang, D. J. et al. (2012). Transdisciplinary Research in Sustainability Science: Practice, Principles, and Challenges. *Sustainability Science*, 7 (S1), 25-43. doi: [10.1007/s11625-011-0149-x](https://doi.org/10.1007/s11625-011-0149-x).
- Larousse (2023). Responsabilité. *Larousse*. Récupéré de <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/responsabilite%C3%A9/68694>
- Lemaire, T. (2021). *L'open source au service du numérique durable*. Récupéré le 12 février 2022 de <https://www.greenit.fr/2021/09/28/lopen-source-au-service-du-numerique-durable>
- Liénart, S. et Castiaux, A. (2012). Innovation et respect environnemental sont-ils compatibles ? Le cas du secteur des TIC. *Reflets et perspectives de la vie économique*, LI, 77-96. doi: 10.3917/rpve.514.0077
- Longaretti, P. & Berthoud, F. (2021). Le numérique, espoir pour la transition écologique ? *L'Économie politique*, 90, 8-22. doi : 2084/revue--2021-2-page-8.htm.
- Lopes, E., Dias, A., Arroja, L., Capela, I., Pereira, F., (2003). Application of life cycle assessment to the Portuguese pulp and paper industry. *Journal of Cleaner Production* 11, 51–53.
- Lutz, W., et Samir. Kc. (2011). Global Human Capital: Integrating Education and Population. *Science* 333 (6042), 587-92. doi : [10.1126/science.1206964](https://doi.org/10.1126/science.1206964).
- Mathot, M.-L. (2022). Il y a de plus en plus de petites et moyennes entreprises (PME) en Belgique en 2021. *RTBF*. Récupéré de <https://www.rtbf.be/article/il-y-a-de-plus-en-plus-de-petites-et-moyennes-entreprises-pme-en-belgique-en-2021-11119402>
- Merlin-Brogniart, C., Le Masne, P. & Depret, M. (2009). Présentation générale : La responsabilité sociale des acteurs, un concept multiforme. *Marché et organisations*, 8, 5-11. doi:10.3917/maorg.008.0005.
- MDG Achievement Fund (n.d.). *Mauritania: Mainstreaming Local Environmental Management in the Planning Process*. Récupéré le 23 avril 2023 de <http://www.mdgfund.org/program/mainstreaminglocalenvironmentalmanagementplanningprocess>
- Martínez-Alier, Joan, Unai Pascual, Franck-Dominique Vivien, et Edwin Zaccai. (2010). Sustainable De-Growth: Mapping the Context, Criticisms and Future Prospects of an Emergent Paradigm ». *Ecological Economics* 69 (9), 1741-47. doi : [10.1016/j.ecolecon.2010.04.017](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.017).
- de Meulenaere, C. (2019). *Transformation digitale et transformation durable des organisations: sélection d'outils d'analyse pour favoriser un Business Model à impact positif* (Mémoire de Master). ICHEC, Bruxelles.
- Michel, L. & Meheut, G. (2017). Numérique et transition énergétique. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 87, 31-34. doi: [10.3917/re1.087.0031](https://doi.org/10.3917/re1.087.0031)
- Microsoft. (2023, 16 mars). *Créer des chaînes de valeur durables*. Récupéré de <https://learn.microsoft.com/fr-fr/industry/sustainability/create-value-chains>
- Microsoft. (2023). *Redondance de Stockage Azure*. Récupéré de <https://learn.microsoft.com/fr-fr/azure/storage/common/storage-redundancy>
- Monnoyer-Smith, L. (2017). Transition numérique et transition écologique. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 3(87), 5-7. doi: [10.3917/re1.087.0005](https://doi.org/10.3917/re1.087.0005)
- Nelson, M. (2022). L'entreprise numérique : de révolutions en révélations dans les relations sociales. *Comment (mieux) faire société*. Nîmes: Champ social. doi:10.3917/chaso.obert.2022.01.0140.
- Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S. et Olsson, L. (2007). Categorizing tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 60(3), 498-508. doi: [10.1016/j.ecolecon.2006.07.023](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.023)
- Netatmo (n.d.). *Smart Thermostat*. Récupéré de <https://www.netatmo.com/fr-fr/smart-thermostat>
- OECD. (2018). Cost-Benefit Analysis and the Environment: Further Developments and Policy Use. *The social cost of carbon*. Paris: OECD Publishing. doi: [10.1787/9789264085169-en](https://doi.org/10.1787/9789264085169-en)
- Osterwalder, A. et Pigneur, Y. (2013). Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. *John Wiley & Sons*

- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science* 325(5939), 419-22. doi: 10.1126/science.1172133.
- PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, (n.d.). *IMAGE - Integrated Model to Assess the Global Environment*. Récupéré de <https://www.pbl.nl/en/image/about-image>
- Pottier, A. (2016). Quelle demande pour les politiques climatiques ?. *Revue Projet*, 350, 59-66. doi: 10.3917/pro.350.0059.
- Pulvar, O. (2020). VIALLON, Philippe et TRESTINI, Marc, 2019. Cultures numériques : cultures paradoxales : Paris : L'Harmattan. *Communication & Organisation*, 58, 129-131. doi: [10.4000/communicationorganisation.9473](https://doi.org/10.4000/communicationorganisation.9473)
- République française. (2021). Guide pratique pour des achats numériques responsables. récupéré de <https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/publications/guide-pratique-achats-numeriques-responsables/>
- Rogers, K. et Hudson, B. (2011). The Triple Bottom Line: The Synergies of Transformative Perceptions and Practices for Sustainability. *OD Practitioner*, 43(4). Récupéré de https://www.researchgate.net/profile/Katrina-Rogers-4/publication/283710434_The_Triple_Bottom_Line_The_Synergies_of_Transformative_Perceptions_and_Practices_for_Sustainability_with_Barclay_Hudson_OD_Practitioner_Fall_2011/links/56438ef108ae451880a34ac7/The-Triple-Bottom-Line-The-Synergies-of-Transformative-Perceptions-and-Practices-for-Sustainability-with-Barclay-Hudson-OD-Practitioner-Fall-2011.pdf
- Roosens, E. et Haid, M. (2017). A quel point votre entreprise est-elle digitale ? *Reflect*, 13, 6-7. Récupéré le 7 juin 2021 de https://issuu.com/vbofeb/docs/reflect_lr_frdef
- Roosens, E. et Haid, M. (2017). L'avenir de la publicité c'est.... *Reflect*, 13, 8-10. Récupéré le 7 juin 2021 de https://issuu.com/vbofeb/docs/reflect_lr_frdef
- Roosens, E. et Haid, M. (2017). Le service à la clientèle devient un différentiateur unique. *Reflect*, 13, 14-15. Récupéré le 7 juin 2021 de https://issuu.com/vbofeb/docs/reflect_lr_frdef
- Roosens, E. et Haid, M. (2017). Innover à cause...ou plutôt grâce à la digitalisation. *Reflect*, 13, 18-19. Récupéré le 7 juin 2021 de https://issuu.com/vbofeb/docs/reflect_lr_frdef
- Roosens, E. et Haid, M. (2017). La digitalisation n'est pas une option, mais une nécessité. *Reflect*, 13, 36-37. Récupéré le 7 juin 2021 de https://issuu.com/vbofeb/docs/reflect_lr_frdef
- Roosens, E. et Haid, M. (2017). Les big data sont le pétrole de la nouvelle économie. *Reflect*, 13, 50-54. Récupéré le 7 juin 2021 de https://issuu.com/vbofeb/docs/reflect_lr_frdef
- Roosens, E. et Haid, M. (2017). Nouveau cadre européen. *Reflect*, 13, 66. Récupéré le 7 juin 2021 de https://issuu.com/vbofeb/docs/reflect_lr_frdef
- Schurmans, M. (2020). *La pollution numérique, la face cachée de la dématérialisation* (Mémoire de Master). Solvay Brussels School/ULB, Bruxelles.
- Senge, Peter. M. (1990). The fifth discipline: the art and practice of learning organization ». *New-York: Doubleday/Currency*.
- Somers, F. (2022, 15 juin). *Entretien avec M. Somers, urbaniste du système d'information de l'UCL. Teams*
- The Shift Project. (2018). *Lean ICT - Pour une sobriété numérique*. Paris: The Shift Project. Récupéré de <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/11/Rapport-final-v8-WEB.pdf>
- The Shift Project. (2019). "Climat: l'insoutenable usage de la vidéo en ligne" : le nouveau rapport du Shift sur l'impact environnemental du numérique. Récupéré de <https://theshiftproject.org/article/climat-insoutenable-usage-video/>
- The Shift Project. (2020). *Déployer la sobriété numérique*. Paris: The Shift Project. Récupéré de https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2020/10/Deployer-la-sobriete-numerique_Rapport-complet_ShiftProject.pdf
- The Shift Project. (2022). *L'évaluation énergie-climat du PTEF: Note de transparence dans le cadre du plan de transformation de l'économie française*. Paris: The Shift Project. Récupéré de <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2022/02/Note-evaluation-energie-climat-PTEF-v1.1.pdf>

- Timmermans, P. (2017). Digital, une vision à 360° ! *Reflect*, 13, 1. Récupéré le 7 juin 2021 de https://issuu.com/vbofeb/docs/reflect_lr_frdef
- Vandecasserie, F. (2017). *Vers une énergie intelligente*. Fokus/smart media. Récupéré le 30 août 2021 de https://issuu.com/smartmediabelgium/docs/fokusvilledufutur_avril2017
- United Nations. (n.d.). *Social Development for Sustainable Development*. Récupéré le 23 avril 2023 de <https://www.un.org/development/desa/dspd/2030agenda-sdgs.html>
- Vidalenc, E., de Ravignan, A. & Delépine, J. (2020). Il faut imposer des limites au numérique. *Alternatives Économiques*, 397, 33-34. doi: 10.3917/ae.397.0033.
- Veyret, Y., Laganier, R. & Scarwell, H. (2017). Chapitre 9. Gestion de l'environnement : acteurs, actions, territoires. [chapitre de livre], Dans *L'environnement: Concepts, enjeux et territoires* (pp. 193-224). Paris: Armand Colin.
- Versluys, H. et Vandenhaute, T. (2018). *Zo werkt de digitale circulaire economy: casebook Circular Bytes*. Bruxelles: Agoria. Récupéré de <https://www.agoria.be/WWW.wsc/webextra/prg/nwAttach?appl=ene-news-v7&bodypreview=yes&enewssdetid=216922&attach=UpI59047682.pdf>
- FEB. (2021). *Economie circulaire- vision 2030 pour la Belgique*. Bruxelles: FEB. Récupéré de https://www.feb.be/globalassets/publicaties/circulaire-economie--visie-2030-voor-belgie/vision-economie-circulaire_fr_final.pdf
- Versluys, H. (n.d.). *Vers une économie circulaire grâce à la technologie numérique*. Bruxelles: Agoria. Récupéré de <https://www.agoria.be/fr/Vers-une-economie-circulaire-grace-a-la-technologie-numerique-200106>
- Victor, P. A., et Gideon R. (2007). Managing without Growth. *Ecological Economics* 61(2-3), 492-504. Récupéré de <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.03.022>.
- Wiek, A. (2015). *Solving Sustainability Problems - Tools for a New Generation of Sustainability Professionals*. Syllabus. School of Sustainability, Arizona State University, Tempe, AZ.
- Wilquin, M. (2023). *Où en est-on avec la "taxe carbone" ?* Récupéré de <https://www.rtbf.be/article/ou-en-est-on-avec-la-taxe-carbone-11207497>

