



**INDICATEURS DE PERFORMANCE PERMETTANT  
DE SUIVRE SURPRODUCTIVITE ET POLLUTION NUMERIQUE.**

Présenté par Assadou Jocelyn APPIA

MASTER 2 S2IN

2024-2025

## Table des matières

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
<i>Contexte et enjeux de la pollution numérique .....</i>	<i>3</i>
<i>Justification de l'étude .....</i>	<i>4</i>
<i>Problématique.....</i>	<i>5</i>
<i>Objectifs de l'étude .....</i>	<i>5</i>
<i>Objectifs spécifiques .....</i>	<i>5</i>
<b>État de l'art .....</b>	<b>6</b>
<i>Définitions clés .....</i>	<i>6</i>
<i>Travaux académiques et rapports existants.....</i>	<i>7</i>
<i>Pollution des données.....</i>	<i>8</i>
<i>La surproduction numérique et pollution .....</i>	<i>11</i>
<i>Approche traditionnelle vs approche innovante avec le Balanced Scorecard .....</i>	<i>13</i>
<i>Le Balanced Scorecard propose une vision intégrée en prenant en compte plusieurs dimensions stratégiques. ....</i>	<i>16</i>
<i>Méthodologie de l'étude .....</i>	<i>22</i>
<i>Analyse critique des théories existantes et discussion des résultats.....</i>	<i>23</i>
<i>Recommandations .....</i>	<i>25</i>
<i>Limites de l'étude et perspectives de recherche.....</i>	<i>26</i>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>28</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>30</b>

# INTRODUCTION

« Abus dangereux pour la planète ». Une telle mise en garde pourrait-elle s'appliquer au numérique ? Si cette interrogation semble provocatrice, elle reflète pourtant la réalité des impacts environnementaux engendrés par le secteur numérique. La pollution numérique regroupe les différents effets néfastes générés par les technologies de l'information : émissions de gaz à effet de serre (GES), production massive de déchets électroniques, consommation excessive d'énergie, et dégradation des écosystèmes. Dans un monde où le big data et les innovations technologiques dominent nos activités quotidiennes, ces enjeux appellent une attention accrue.

## *Contexte et enjeux de la pollution numérique*

Le numérique est un secteur en pleine expansion, moteur d'innovation et de transformation économique. Il est perçu comme un levier d'optimisation et de dématérialisation des processus, permettant d'améliorer la productivité et de faciliter l'accès à l'information. Toutefois, cette expansion s'accompagne de conséquences environnementales non négligeables. Loin d'être immatériel, le numérique repose sur une infrastructure physique massive nécessitant une consommation énergétique importante et exploitant des ressources naturelles rares.

La pollution numérique englobe divers impacts environnementaux, tels que l'empreinte carbone des équipements, la consommation énergétique des infrastructures informatiques, et l'accumulation de déchets électroniques. Selon The Shift Project, le numérique représente aujourd'hui environ 4 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES)<sup>1</sup>, un chiffre en constante augmentation en raison de la croissance exponentielle du volume de données et des services numériques.

Parmi les principaux contributeurs à cette pollution figurent les data centers, les réseaux de communication et les terminaux des utilisateurs (ordinateurs, smartphones, tablettes). Ces infrastructures nécessitent non seulement une alimentation continue en électricité, mais aussi des ressources importantes pour le refroidissement et la maintenance. La multiplication des usages numériques, notamment le streaming, les applications cloud et l'intelligence artificielle, intensifie encore cette consommation.

---

<sup>1</sup> The Shift Project – Rapport : Déployer la sobriété numérique, Octobre 2020

## *Justification de l'étude*

Face à ce constat, il devient impératif de comprendre comment le numérique peut être géré de manière plus responsable. L'objectif principal de cette étude est d'identifier les moyens d'optimiser la gestion des ressources numériques pour limiter leur impact environnemental. Plus précisément, cette recherche se concentre sur la gestion et le traitement des données à travers les indicateurs de performance, qui constituent l'un des facteurs clés de la pollution numérique.

L'essor du Big Data et des technologies associées a entraîné une augmentation massive de la production et du stockage de données. Or, ces données ne sont pas toujours exploitées de manière efficiente. Un grand nombre de fichiers obsolètes ou redondants continuent d'occuper de l'espace sur des serveurs, augmentant ainsi la demande énergétique sans valeur ajoutée. L'optimisation du cycle de vie des données, incluant leur collecte, leur stockage et leur suppression, est donc un enjeu majeur pour réduire la pollution numérique. S'y intéresser nous permettra de contribuer à l'enrichissement des connaissances sur la gestion des données, un sujet moins abordé dans la littérature scientifique, notamment en ce qui concerne les entreprises industrialisées.

L'analyse des stratégies mises en place par certaines entreprises et institutions pour améliorer l'efficacité de leur gestion des données permettra d'identifier des leviers d'action concrets. Cette étude adopte une approche théorique, s'appuyant sur une analyse approfondie des meilleures pratiques en matière d'optimisation des infrastructures de stockage, de rationalisation des flux de données et de réduction des données inutiles. Elle se focalisera sur les cadres conceptuels existants et les recommandations issues de la littérature scientifique afin d'évaluer la surproductivité numérique et de suivre son évolution grâce à des indicateurs de performance pertinents et adaptés aux enjeux environnementaux actuels.

## *Problématique*

Compte tenu des enjeux évoqués, plusieurs questions se posent :

- Quels sont les paramètres clés permettant d'identifier et de mesurer la surproductivité et la pollution numérique ?
- Comment les entreprises et institutions peuvent-elles optimiser la gestion de leurs infrastructures numériques pour réduire leur empreinte carbone ?
- Quels outils et indicateurs de performance peuvent être mis en place pour mesurer l'efficacité des stratégies de gestion des données ?

Pour répondre à ces interrogations, l'analyse de différentes théories sur les interactions entre les infrastructures numériques, les usages des utilisateurs et les impacts environnementaux est nécessaire. En examinant les théories existantes et les perspectives contradictoires, cette étude contribuera à sensibiliser les acteurs du numérique aux enjeux d'une gestion plus responsable des données.

## *Objectifs de l'étude*

L'objectif général de cette étude est d'identifier et de mettre en œuvre des indicateurs de performance pertinents pour évaluer la pollution numérique, tout en proposant des solutions concrètes pour une gestion durable des données.

### *Objectifs spécifiques*

- Identifier les principaux facteurs de surproductivité numérique** : analyser comment la production excessive de données impacte la consommation énergétique et l'empreinte carbone des infrastructures numériques.
- Optimiser la gestion des données** : proposer des méthodes de rationalisation des flux de données, d'archivage intelligent et de suppression des fichiers inutiles afin de limiter le stockage superflu.

En explorant ces axes, cette étude ambitionne d'apporter une contribution significative à la réflexion sur l'impact écologique du numérique et les moyens de le minimiser. Une meilleure gestion des données représente une opportunité de concilier innovation et responsabilité environnementale, en adoptant des pratiques plus sobres et durables.

## État de l'art

### *Définitions clés*

- Pollution numérique :

La pollution numérique est un concept générique, encore flou et difficile à mesurer (ARCEP, 2020). On peut le définir comme l'ensemble des impacts sur l'environnement résultant de l'activité numérique. Trois grandes sources de pollution peuvent être identifiées et couvertes par ce concept. Une première source de pollution est générée par la multiplication des

équipements et appareils numériques (par exemple les smartphones, ordinateurs, écrans, tablettes) utilisés par la population pour se connecter (cas d'usage particulier), une seconde source de pollution provient des réseaux de communication (les réseaux mobiles étant bien plus énergivores que les réseaux fixes) et des flux de données (en constante augmentation) qu'ils véhiculent et la troisième issue des centres informatiques, encore appelés centres de traitement des données (ou « data centers ») qui nécessitent des volumes d'énergie et d'eau considérables pour fonctionner<sup>2</sup>.

- Surproductivité :

Selon le dictionnaire Larousse, la surproductivité est une *Production* excessive d'un produit ou d'une série de produits par rapport aux besoins.

- Indicateurs de performance :

Un indicateur de performance (ou KPI pour Key Performance Indicator) est une mesure ou un ensemble de mesures portant sur un aspect critique de la performance globale d'une organisation. Son but est de donner une idée rapide et claire d'une situation afin d'aider les

---

<sup>2</sup> Caroline D, Jean-Philippe N. Vers un devoir de vigilance numérique, dans Revue Interdisciplinaire Droit et Organisations RIDO n°4, p4

décideurs. D'une manière générale, les KPI sont des indicateurs visuels dont le but est de déterminer si un objectif a été atteint ou non.<sup>3</sup>

- Données :

« Par données, nous entendons des faits connus qui peuvent être enregistrés et qui ont une signification implicite. Par exemple, considérez les noms, les numéros de téléphone et les adresses des personnes que vous connaissez. » (Elmasri & Navathe, 2016, p. 4).

Pour Borgnan (2015), « Les données sont des représentations d'observations, d'objets ou d'autres entités utilisées comme preuves de phénomènes à des fins de recherche ou d'érudition ».

Les données sont des faits enregistrés et porteurs de signification, essentielles pour diverses analyses et décisions stratégiques. Elles se déclinent en plusieurs catégories, telles que les données démographiques, qui décrivent les caractéristiques de la population (âge, sexe, revenu), les données comportementales, qui détaillent les actions des consommateurs (achats, visites en ligne), et les données géographiques, qui fournissent des informations sur leur localisation (adresses, régions). Ces données peuvent provenir de sources internes, comme les historiques de ventes ou les systèmes CRM, ou externes, telles que les réseaux sociaux ou les données publiques. Maxime Alliaume, auteur principal de *Les critères d'un stockage de données marketing de qualité*, s'appuie sur les contributions d'experts interviewés dans une étude qualitative pour souligner l'importance des données. Structurées, semi-structurées ou non structurées, elles apportent de la valeur en fonction de leur utilité et du sens que l'entreprise peut leur attribuer.

## Travaux académiques et rapports existants

Les recherches sur la pollution numérique et la surproductivité s'appuient sur des études menées par des organismes tels que GreenIT, The Shift Project et bien d'autres.

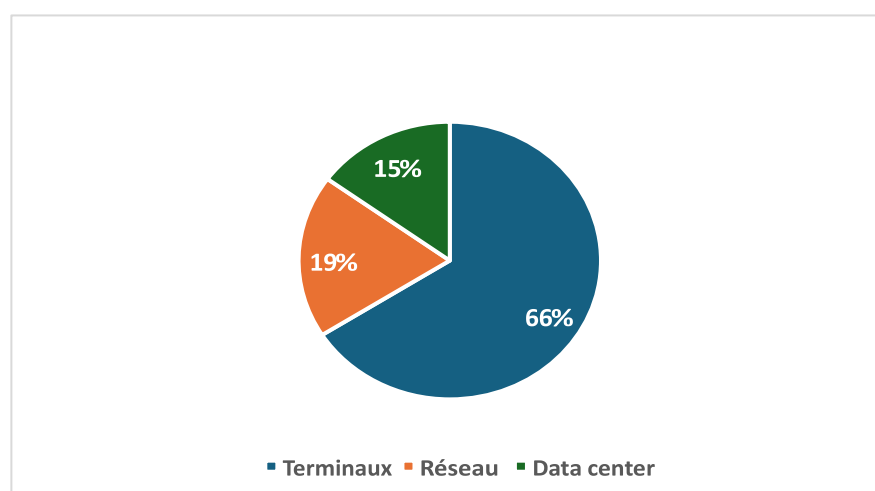
---

<sup>3</sup> Boris NORO, décembre 2022, Business Intelligence avec Excel Des données brutes à l'analyse stratégique (2e édition), Réf. ENI : HSSOB2EXCBI | ISBN : 9782409038488.

## ***Pollution des données***

Les enjeux énergétiques et environnementaux du numérique sont étudiés depuis la fin des années 1990 (Dedrick et Green, 2010). L'intérêt pour les problématiques environnementales des technologies de l'information et de la communication (TIC) n'a cessé d'augmenter depuis une vingtaine d'années, notamment autour de la notion de « Green It ».

Selon l'étude GreenIT susmentionnée, l'emprunte carbone dans le monde est répartie comme suit :



*Figure 1 : Répartition de l'emprunte Carbone en 2019*

Les terminaux (smartphones, tablettes, PC, ...) en 2019 représente 66 % de la consommation totale de la typologie. A l'inverse, concernant les réseaux (19%) et les data centers (15%) l'impact de la phase de fabrication est moindre comparé à l'impact de leur utilisation. Cela signifie que les efforts des organisations peuvent se concentrer en priorité d'une part sur les politiques d'achats responsables, afin de limiter l'impact lié à la fabrication, et d'autre part sur l'utilisation des infrastructures (data centers et réseaux)<sup>4</sup>.

Les data centers, essentiels au stockage et au traitement des données, sont des infrastructures énergivores qui contribuent de manière significative à la consommation mondiale d'électricité. Si Internet était un pays, il se classerait comme le troisième plus grand consommateur

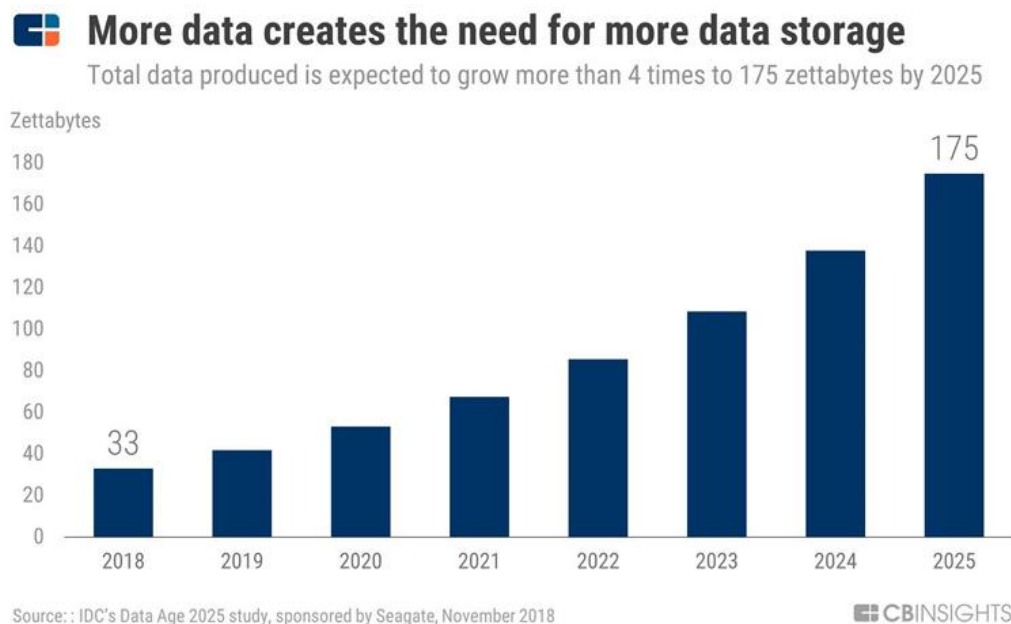
---

<sup>4</sup> Rapport CIGREF, Sobriété numérique : Piloter l'empreinte environnementale du numérique par la mesure – Décembre 2021, page 15



d'électricité, juste derrière les États-Unis et la Chine, représentant entre 10 et 15 % de la consommation énergétique mondiale, avec 4 % attribués spécifiquement aux data centers. Parmi les usages intensifs, les cryptomonnaies, et en particulier le Bitcoin, illustrent l'ampleur de cette consommation, nécessitant autant d'électricité qu'un pays comme l'Autriche, soulignant ainsi l'importance des enjeux énergétiques liés à la transition numérique.

Entre 2018 et 2025, la quantité de données produites au niveau mondial est prévue de plus que quadrupler, passant de 33 zettaoctets à 175 zettaoctets, témoignant d'une croissance exponentielle. Cette augmentation rapide et constante, visible à travers les tendances annuelles, reflète une accélération significative de la production de données chaque année. Cette évolution est directement liée à la digitalisation croissante et à l'adoption massive de technologies comme l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle, le streaming vidéo, et le commerce en ligne, qui génèrent d'immenses volumes de données. Toutefois, ce boom entraîne une pression accrue sur les infrastructures de stockage, notamment les data centers, posant des défis majeurs en termes de consommation énergétique, de coûts opérationnels, et de durabilité environnementale. Les prévisions possibles d'aménagement des data centers comme le signale l'IDC data 2025 sont très parlantes : Les données engrangent les données.



Le moteur de la consommation, c'est la donnée, son traitement, sa transmission et son stockage. Les raisons sont diverses par l'augmentation de la résolution des vidéos (4K, 8K),

l'intensification des visionnages (dans le train, le métro et peut-être la voiture autonome), la montée en puissance du jeu vidéo et de toutes sortes d'usages immersifs (« jumeaux numériques » en matière de conception, par exemple, *building information modeling*, etc.), l'entraînement des intelligences artificielles et le travail sur les données massives, les monnaies virtuelles, les réseaux divers de communication numérique (réseaux sociaux d'entreprise), les monnaies électroniques (le Bitcoin consomme autant d'électricité que la Suisse), etc. L'usage croissant de la donnée numérique pour l'information et la commande conduit au renouvellement des terminaux, à l'élargissement et à l'accélération des voies de circulation (4G, 5G, etc.) et à une croissance rapide du calcul et du stockage, qui se matérialise dans la construction et le renouvellement des centres de données. Un « lock-in », c'est-à-dire une situation sociotechnique « bloquée » ou difficile à changer<sup>5</sup>, s'est déjà assez largement installé, sans véritable anticipation de ses implications, alors que les sciences de la nature et notamment du climat confortent chaque année un peu plus leurs alertes – ainsi le dernier rapport du GIEC (2021).

Les données sont des faits enregistrés et porteurs de signification, essentielles pour diverses analyses et décisions stratégiques. Elles se déclinent en plusieurs catégories, telles que les données démographiques, qui décrivent les caractéristiques de la population (âge, sexe, revenu), les données comportementales, qui détaillent les actions des consommateurs (achats, visites en ligne), et les données géographiques, qui fournissent des informations sur leur localisation (adresses, régions). Ces données peuvent provenir de sources internes, comme les historiques de ventes ou les systèmes CRM, ou externes, telles que les réseaux sociaux ou les données publiques. Maxime Alliaume, auteur principal de *Les critères d'un stockage de données marketing de qualité*, s'appuie sur les contributions d'experts interviewés dans une étude qualitative pour souligner l'importance des données. Structurées, semi-structurées ou non structurées, elles apportent de la valeur en fonction de leur utilité et du sens que l'entreprise peut leur attribuer.

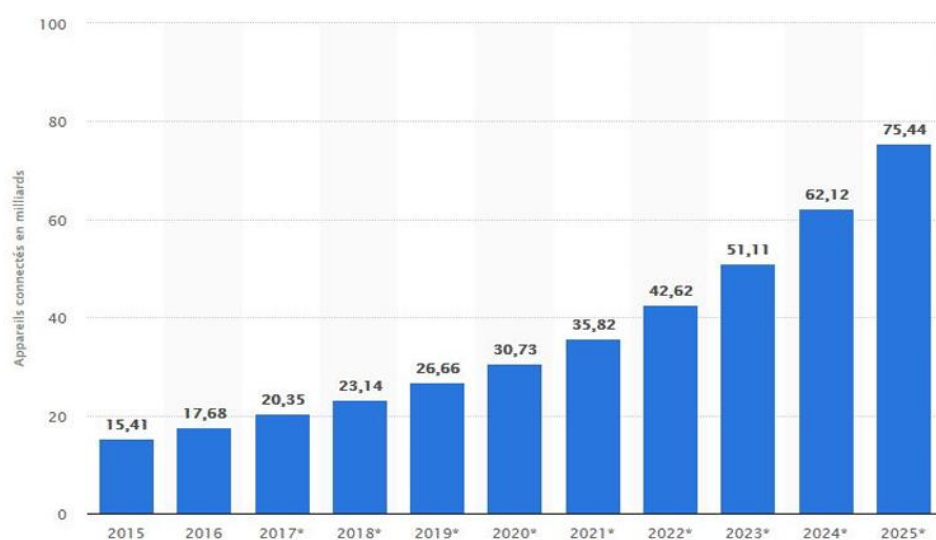
---

5 W. BRIAN ARTHUR, « Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events », dans Cahiers, Droit, Sciences & Technologies, Fabrice Flipo (2021), *L'impératif de la sobriété numérique*, <https://doi.org/10.4000/cdst.4182>

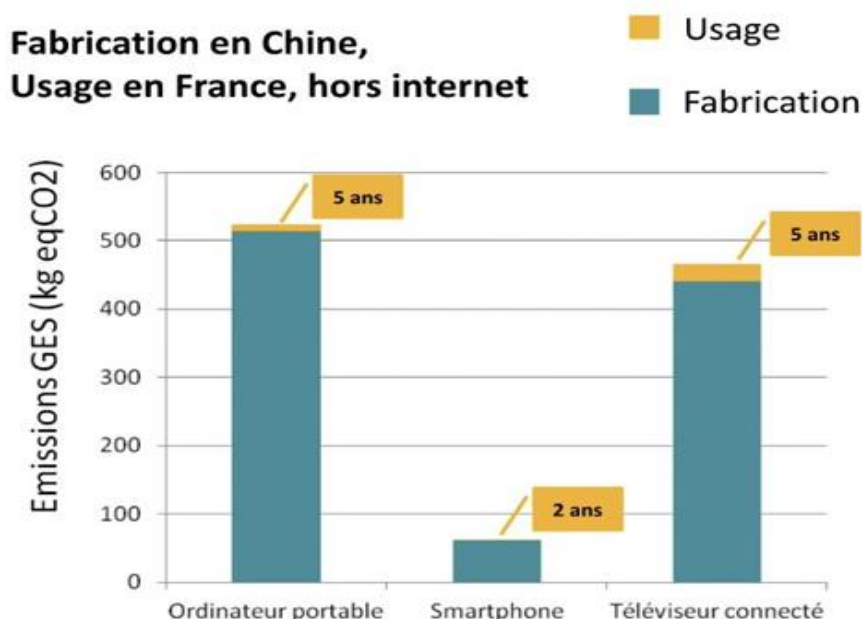
## *La surproduction numérique et pollution*

Tenant compte de l'impact croissant du numérique mondial sur les émissions de Gaz à effet de serre, Selon GreenIT.fr (GreenIT.fr, 2019), le numérique mondial se constitue d'environ 34 milliards d'équipements (hors accessoires tels que les chargeurs, clavier, souris, clés USB, etc.) : « Les équipements numériques sont classés généralement selon trois catégories : les utilisateurs, les centres informatiques, et les réseaux qui relient les utilisateurs entre eux et aux centres informatiques. Au niveau mondial, les équipements les plus répandus sont les smartphones (3,5 milliards). La part du numérique dans les émissions de GES mondiales s'élève à 3,5 % en 2019 avec une croissance préoccupante de ses impacts, plus de 6% par an, incompatible avec la trajectoire de 2°C d'augmentation des températures.

La surconsommation technologique, alimentée par la démocratisation des technologies, entraîne une augmentation continue du nombre d'appareils connectés, posant des enjeux environnementaux majeurs. Chaque étape du cycle de vie de ces appareils contribue à la pollution : l'extraction des métaux rares nécessaires à leur fabrication épuise les ressources naturelles et provoque des dégâts écologiques, tandis que leur production, transport et utilisation génèrent une empreinte carbone importante. Par exemple, recharger ces appareils représente environ 10 % de la consommation électrique d'un ménage. De plus, leur fin de vie est problématique, car 80 % des déchets électroniques ne sont pas correctement recyclés, aggravant les problèmes de gestion des déchets et de pollution mondiale. Cette dynamique souligne l'urgence de repenser la consommation technologique et d'encourager des pratiques plus durables en tenant compte des diagrammes ci-dessous :



**Figure 4 : Histogramme des émissions de gaz à effet de serre pour différents appareils**  
**(Source : © Carbone 4)**



**Figure 5 : Evolution du nombre d'appareils connectés dans le monde**  
**(Source : © Statista 2019)**

Pour faire référence à la sobriété numérique, le

rapport ‘Décarboner l’industrie sans la saborder<sup>6</sup>’ explore des solutions pour réduire 80% les émissions de gaz à effet de serre (GES) de l’industrie française d’ici 2050 tout en préservant sa compétitivité économique. L’industrie, responsable d’environ 20% des émissions nationales, joue un rôle crucial dans la transition énergétique. Trois leviers principaux sont identifiés : le progrès continu (efficacité énergétique et recyclage), les technologies de rupture (hydrogène décarboné et captage du carbone), et la sobriété (réduction des productions non essentielles). Les secteurs prioritaires, comme la sidérurgie, la cimenterie et la chimie, devront adopter des pratiques innovantes et décarbonées. Ces transformations visent à renforcer la résilience des chaînes de valeur, tout en créant de nouvelles opportunités économiques et en alignant l’industrie avec les objectifs climatiques nationaux.

L’empreinte environnementale du numérique est responsable de près de 4% des émissions mondiales de GES en 2019, avec une croissance annuelle insoutenable. Le rapport ‘Déployer la sobriété numérique<sup>7</sup>’ produit par the shift Project propose une transition vers un numérique plus sobre, reposant sur une évaluation rigoureuse de la pertinence énergétique des technologies, une transformation durable des systèmes d’information, et une maîtrise collective

<sup>6</sup> The Shift Project – Rapport : Décarboner l’industrie sans la saborder –Janvier 2021

<sup>7</sup> The Shift Project – Rapport : Déployer la sobriété numérique, Octobre 2020

des usages numériques. En prônant des politiques publiques et les des outils adaptés, il vise à minimiser les impacts négatifs tout en préservant les bénéfices sociétaux essentiels.

Parmi les principaux facteurs identifiés, la consommation énergétique des centres de données constitue un enjeu majeur, notamment avec l'essor de l'IA générative, dont l'adoption rapide accentue la pression sur les infrastructures. Les projections estiment une hausse significative de la demande énergétique, pouvant atteindre 2100 TWh en 2030. Face à ces défis, plusieurs leviers de sobriété numérique sont préconisés, tels que l'optimisation des infrastructures, la réduction des usages superflus et une approche systémique intégrant ces enjeux dans les politiques d'entreprise. La transparence et le suivi des consommations énergétiques apparaissent également comme des impératifs pour mieux comprendre et maîtriser ces impacts, favorisant ainsi une transition vers un numérique plus responsable<sup>8</sup>.

La croissance exponentielle du numérique pose des défis environnementaux majeurs, notamment en raison de la consommation énergétique des data centers et de l'empreinte carbone des équipements numériques. L'essor des nouvelles technologies, comme l'IA générative et les objets connectés, accentue ces pressions, rendant urgente l'adoption de stratégies de sobriété numérique. Pour limiter ces impacts, il est essentiel d'optimiser les infrastructures, de réduire les usages superflus et de renforcer la transparence énergétique. Une transition vers un numérique plus durable repose sur une approche systémique intégrant ces enjeux dans les politiques publiques et industrielles, afin de concilier innovation technologique et respect des objectifs climatiques.

Face aux défis environnementaux et énergétiques croissants du numérique, il devient essentiel de repenser les outils de suivi et d'évaluation de la performance. Jusqu'à présent, les approches traditionnelles se sont principalement appuyées sur des indicateurs financiers et de consommation énergétique pour mesurer l'impact du numérique. Cependant, ces méthodes, bien que nécessaires, restent limitées dans leur capacité à intégrer des dimensions plus larges, telles que l'innovation, la durabilité et la stratégie globale des organisations.

### *Approche traditionnelle vs approche innovante avec le Balanced Scorecard*

---

<sup>8</sup> The Shift Project. (2023). Les leviers de sobriété numérique. Revue de la Transition Énergétique, 12(3), 45-60. <https://www.theshiftproject.org>

Selon l'étude de Châari Zouhour et Didier Leclère (2008), le tableau de bord de gestion joue un rôle clé dans la prise de décision des dirigeants en structurant les informations essentielles au pilotage des entreprises (Châari & Leclère, 2008). Cette recherche a été menée auprès de 39 managers issus de 15 grandes entreprises tunisiennes, principalement dans les secteurs de l'industrie (43,6 %), de l'agroalimentaire (41,1 %), du bâtiment et travaux publics (10,2 %), ainsi que de l'informatique et bureautique (5,1 %). Une grande partie des entreprises étudiées appartient aux groupes Poulina et Groupe Chimique Tunisien, deux des plus grands groupes industriels du pays. L'approche traditionnelle repose principalement sur des indicateurs financiers et de performance opérationnelle, permettant d'analyser les résultats passés, d'anticiper les problèmes et de situer les responsabilités. Cependant, cette approche montre des limites dans la prise en compte des impacts environnementaux et sociétaux liés à la transformation numérique (Châari & Leclère, 2008).

Dans le cadre de l'évaluation de la surproductivité et de la pollution numérique, les indicateurs actuels des tableaux de bord traditionnels se concentrent sur l'efficacité économique, sans toujours intégrer les externalités négatives, telles que l'empreinte carbone des infrastructures numériques ou la consommation énergétique des data centers (Châari & Leclère, 2008). L'étude souligne que les systèmes de contrôle de gestion internes sont plus efficaces pour identifier des leviers d'action, mais qu'ils restent focalisés sur des objectifs économiques et opérationnels, négligeant des indicateurs liés à la durabilité et à la sobriété numérique (Châari & Leclère, 2008)<sup>9</sup>.

Selon Caroline Devaux et Jean-Philippe Nicolaï (2022), publiée dans la *Revue Interdisciplinaire Droit et Organisations (RIDO)*, analyse la pollution numérique en tant qu'externalité environnementale croissante, représentant 2,5 % des émissions de gaz à effet de serre en France. S'appuyant sur des rapports institutionnels (ADEME, ARCEP, GreenIT, The Shift Project), elle met en évidence l'insuffisance des réglementations actuelles et propose d'intégrer la pollution numérique dans la gouvernance des entreprises via le devoir de vigilance (Devaux & Nicolaï, 2022).

Dans une approche classique du tableau de bord, l'évaluation de la performance repose sur des indicateurs financiers et de consommation énergétique, principalement utilisés pour mesurer la

---

<sup>9</sup> Châari, Z., & Leclère, D. (2008). *L'impact de l'utilisation du tableau de bord de gestion sur la satisfaction des dirigeants*. Communication présentée à la conférence *La comptabilité, le contrôle et l'audit entre changement et stabilité*, France. Disponible sur HAL Archives ouvertes : <https://shs.hal.science/halshs-00522446v1>

rentabilité et l'efficacité opérationnelle des entreprises. Cependant, cette approche omet les impacts environnementaux du numérique, notamment :

- L'empreinte carbone des infrastructures (data centers, réseaux)
- La consommation énergétique du stockage et du traitement des données
- La gestion du cycle de vie des équipements numériques (obsolescence, recyclage, réemploi)

L'étude souligne que les lois existantes, telles que la loi REEN de 2021, restent limitées dans la régulation de ces impacts. Actuellement, les entreprises du numérique, les opérateurs de réseaux et les grandes organisations utilisatrices de services numériques ne sont pas tenues d'intégrer la sobriété numérique dans leurs outils de pilotage stratégique, freinant ainsi l'adoption de pratiques durables (Devaux & Nicolai, 2022).

Face à ces lacunes, l'étude propose de renforcer les cadres réglementaires en mobilisant le devoir de vigilance. Ce concept, introduit en France en 2017, impose aux grandes entreprises une responsabilité accrue quant aux externalités environnementales et sociales de leurs activités. Son extension au numérique permettrait d'imposer aux entreprises :

- Un suivi des émissions et consommations énergétiques liées au numérique
- Une transparence accrue sur l'empreinte environnementale de leurs infrastructures numériques
- Des engagements concrets en matière d'écoconception, d'efficacité énergétique et de gestion responsable des équipements<sup>10</sup>

L'étude menée par Travaillé, D., & Marsal, C. (2006), examine les relations entre l'automatisation des tableaux de bord et la cohérence du contrôle de gestion dans deux secteurs distincts : une entreprise de confection et une banque régionale. Les résultats montrent que l'automatisation des tableaux de bord améliore la perception et le suivi des objectifs, réduit les comportements opportunistes et diminue les conflits d'intérêt. Cependant, elle présente des limites, notamment en termes de surcharge d'informations, ce qui peut nuire à la qualité de la prise de décision. Cette surcharge d'informations est un aspect clé de la pollution numérique, où une surabondance de données peut entraîner une inefficacité dans la gestion des infrastructures numériques. Pour optimiser la gestion des infrastructures numériques et réduire leur empreinte carbone, les entreprises et institutions doivent hiérarchiser les données et éviter

---

<sup>10</sup> Devaux, C., & Nicolai, J.-P. (2022). *Vers un devoir de vigilance numérique (ou comment intégrer le problème de la pollution numérique dans la gouvernance des entreprises)*. *Revue Interdisciplinaire Droit et Organisations (RIDO)*, (4), 13-30.

une analyse trop fine et complexe. L'automatisation des tableaux de bord, bien qu'elle améliore la cohérence des représentations et des comportements, doit être accompagnée de stratégies visant à minimiser la pollution numérique. Cela inclut la mise en place de systèmes de gestion de l'information qui filtrent les données pertinentes et réduisent la surcharge d'informations. En adoptant ces pratiques, les organisations peuvent non seulement améliorer leur efficacité opérationnelle mais aussi contribuer à la réduction de leur empreinte carbone<sup>11</sup>.

### ***Le Balanced Scorecard propose une vision intégrée en prenant en compte plusieurs dimensions stratégiques.***

Les systèmes d'information dans les industries commerciales permettent d'avoir accès aux informations métriques formalisées par des algorithmes et calculs mathématiques pour orienter les actions des managers et maximiser le profit. Par définition, un système d'*information* est un réseau complexe de relations structurées où interviennent des hommes, des machines et des procédures, qui a pour objet d'engendrer des flux ordonnés d'informations pertinentes, provenant de sources internes et externes à l'entreprise et destinées à servir de base aux décisions <sup>12</sup>. C'est un ensemble organisé de ressources (matériels, logiciels, personnels, données, procédure) permettant de contrôler différents processus au sein d'une organisation et de produire des informations sur l'état de la structure pilotée et sur l'environnement de l'entreprise.

La fonction d'un Système d'information est de réguler un ensemble de flux d'information classé en trois grandes catégories :

- Le flux de base qui comprend les ventes, l'achat, la production et le personnel.
- Le flux d'enregistrement et de mesure que sont les flux comptables et financier.

---

<sup>11</sup> Travaillé, D., & Marsal, C. (2006). Automatisation des tableaux de bord et cohérence du contrôle de gestion : à propos de deux cas. *Revue Française de Gestion*, 32(162), 123-138. <https://doi.org/10.3166/rfg.162.123-138>

<sup>12</sup> Lambin Jean-Jacques, *La recherche Marketing*, Paris, Mc Graw Hill, 1990, p. 26. Dans Angot, H. (2006). Chapitre 1. Le système d'information vu sous l'angle des flux d'information. Dans :, H. Angot, *Système d'information de l'entreprise: Des flux d'information au système d'information automatique* (pp. 11-104). Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur.



- Le flux de prévision et de contrôle.

Ces flux d'information représentent pour la plupart des entreprises l'essentiel des informations pouvant favoriser la croissance économique de leur chiffre d'affaires. Il est important pour celles-ci de faire un suivi de ses informations pour analyser l'atteinte des objectifs fixés. Cependant, Kaplan et Norton (1996) avancent que ce type d'indicateurs ne suffit plus à saisir toutes les facettes de la performance des entreprises. Les entreprises elles-mêmes reconnaissent qu'il faut adapter les systèmes actuels de mesure de la performance<sup>13</sup>.

La conception des indicateurs de performance doit pouvoir établir une relation stratégique de différenciation. C'est dans cet exercice que Abernathy et Lilis (1995) se sont essayés. Leurs résultats permettent de montrer qu'une entreprise qui adopte une stratégie de différenciation lui permettant de se conformer à la demande du client le plus vite possible et le mieux possible, donc qui se rapproche d'une stratégie de différenciation, utilisera moins d'indicateurs financiers traditionnels au profit d'indicateurs de performance de nature plus qualitative ou non financière<sup>14</sup>. Dans le même sens, Perera et Poole (1997) ont pu démontrer qu'il y a généralement des liens entre une stratégie de différenciation et l'utilisation d'un système d'information pour le suivi de la performance élargi. Cependant, ils sont arrivés à conclure qu'il n'y a aucun lien entre l'utilisation d'un système d'information élargi et la performance. Certains chercheurs comme Mia et Chenhall (1994) ont réussi à prouver que plus l'on utilise un système de contrôle élargi plus la performance augmente dans le cas de la fonction marketing. Pour Chong (1996), c'est plutôt la performance managériale qui est élevée lorsqu'un système de la performance élargi est utilisé.

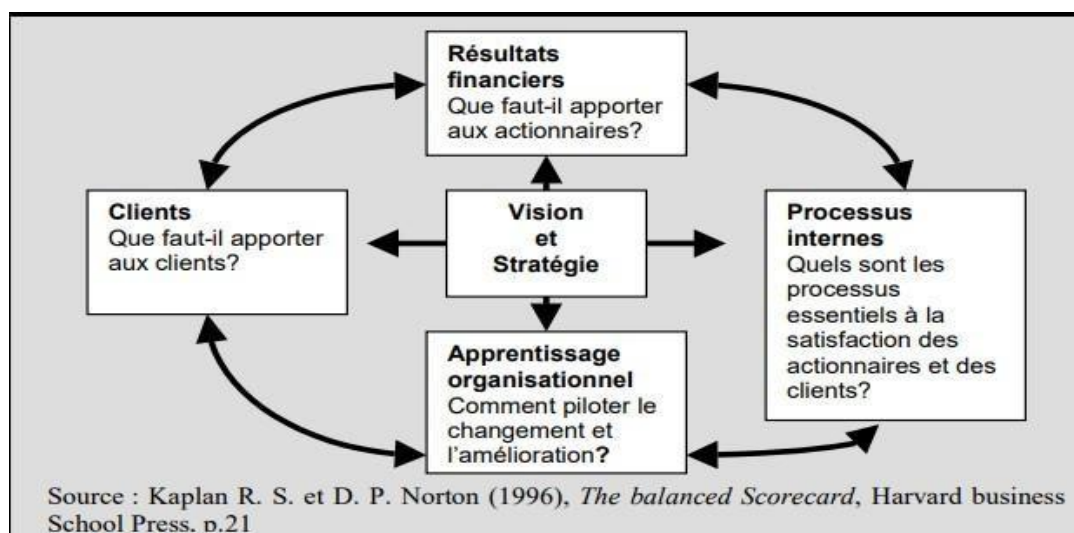
Il en ressort de cette analyse que les entreprises qui cherchent à se différencier doivent adapter leurs outils de mesure de performance pour inclure des indicateurs qui reflètent mieux leurs stratégies. Cependant, il est crucial de comprendre que l'efficacité d'un système d'information ou de contrôle élargi dépend du contexte organisationnel et des domaines spécifiques d'application. La différenciation stratégique nécessite donc une approche nuancée et surmesure dans la conception des indicateurs.

---

<sup>13</sup> Kaplan, Robert S. et David P. Norton (1992), "The balanced scorecard: measures that drive performance", Harvard Business Review, jan-feb, pp. 71-79

<sup>14</sup> Kaplan, Robert S. et David P. Norton (1992) bis.

Le Tableau de bord prospectif présenté par Kaplan et Norton a inspiré plusieurs écrits à ce sujet. Ce tableau cherche à s'appréhender des réalités des entreprises et permet d'apprécier la performance dans quatre (4) domaines (voir figure ci-dessous). Rappelons que les indicateurs de performance sont fonction de l'environnement des entreprises et de ses visions. Ils devraient informer, en temps opportun, les gestionnaires des événements susceptibles d'influencer défavorablement l'atteinte des objectifs.



*Figure 6 : Tableau de Bord Prospectif*

L'aspects financier, clients, le processus internes et l'apprentissage organisationnel sont des axes considérés dans ce tableau. Toutes ces informations ne seront être exploitable sans influencer le comportement des individus dans l'entreprise.

Le contrôle de gestion permet aux gestionnaires de déterminer si l'entreprise atteint la performance voulue et motive, donc influence les gens à travailler pour maintenir, améliorer, corriger ou anticiper la performance<sup>15</sup>. Le contrôle social est une des composantes et une des extensions du contrôle de gestion. C'est un système d'aide au pilotage social de l'organisation ayant pour objectif de contribuer à la gestion des ressources humaines dans leurs performances et leurs coûts. On distingue le contrôle de gestion sociale stratégique et le contrôle de gestion sociale opérationnel.

La première aide la direction à identifier les hypothèses fondamentales pour orienter les activités et structures de l'entreprise vers ses objectifs à long terme. La seconde posse chaque

<sup>15</sup> Hélène Bergeron. Les indicateurs de performance en contexte PME, quel modèle appliquer, 21ÈME CONGRES DE L'AFC, May 2000, France. Pp 9.CD-Rom. ffhalshs-00587425.

responsable à suivre les facteurs de succès, comparer les résultats aux objectifs à court terme et corriger les écarts en prenant les mesures nécessaires.

Le développement durable aborde la gestion de l'environnement à partir de deux fonctions complémentaires. Quand nous consommons excessivement une ressource à sa vitesse de renouvellement, nous détériorons de manière irréversible sa fonction de régénérescence. À l'inverse, lorsque nous polluons la rivière à un rythme supérieur à sa capacité d'autoépuration, nous détériorons de manière irréversible sa qualité potable. Tout cela est aisé à quantifier et à mettre en perspective.

Faisant l'hypothèse que le choix des stratégies d'acquisition des moyens d'existence par les sociétés influe sur les politiques de développements durable ; Mancebo, F. (2010) montre que ces choix sont déterminés par la combinaison de gains financier que l'on regroupe en cinq (5) catégories ou capitaux. Ce sont :

- Le capital physique dont les biens
- Le capital financier ou ressources financières
- Le capital humain,
- Le capital social
- Le capital naturel.

Toutes ces catégories devront être prise ensemble pour améliorer les conditions de vie de manière substantielle et durable<sup>16</sup>.

Dans ce sens, deux courants de pensées se sont opposés : les tenants de la « durabilité forte » et les tenants de la « durabilité faible ».

Les tenants d'une durabilité faible (weak sustainability) considèrent que capital naturel et capital construit (c'est-à-dire fabriqué et accumulé par les activités humaines) peuvent être

---

<sup>16</sup> Bis

substitués l'un à l'autre de manière quasi parfaite. La durabilité faible se définit comme la règle selon laquelle la somme du capital naturel et du capital construit doit être maintenue constante.

Les tenants d'une durabilité forte (strong sustainability) considèrent, eux, que le capital naturel et le capital construit ne peuvent être substitués l'un à l'autre de manière parfaite. « Toute transformation énergétique s'accompagne d'une dégradation irréversible d'énergie sous forme de chaleur ». Selon les partisans de la durabilité forte, il existe donc un seuil, dit de capital naturel critique, au-delà duquel le capital naturel doit être préservé, car il fournit des biens et des services qui ne sont pas remplaçables par le capital construit (Daly H., 1998).

Ces deux pensées s'accordent entre autres sur le fait que les modèles de croissance et de développement ne peuvent continuer à produire des biens et des services entretenant des situations inévitables entre les espaces développés et les autres, quelle que soit l'échelle considérée <sup>17</sup>.

**TABLEAU 4 DURABILITÉ FORTE ET DURABILITÉ FAIBLE**

	Idée-Clé	Conséquence	Terme-clé	Enjeu du développement durable
Durabilité forte	Capital naturel et capital construit ne peuvent être substitués de manière parfaite.	Certaines actions humaines conduisent à des irréversibilités.	Capital naturel critique.	Préserver les stocks de capital naturel irremplaçable.
Durabilité faible	Capital naturel et capital construit sont parfaitement substituables.	La somme du capital naturel et du capital construit doit être maintenue constante.	Allocation optimale des ressources.	Trouver des solutions techniques dites « propres » pour remplacer produits et procédés, ou restaurer l'environnement.

**Source** : Mancebo, F. (2013). Développement durable. (2e éd.). Armand Colin

<sup>17</sup> Mancebo, F. (2013). Développement durable. (2e éd.). Armand Colin. <https://doi-org.univ-smb.idm.oclc.org/10.3917/arco.ncebo.2013.01>.

Laura, F., Coelho, F. & Delmond, M.-H. (2009) traitent des enjeux de la gouvernance durable des données, en mettant en évidence ses impacts écologiques et économiques. Face à la croissance exponentielle des volumes de données, la consommation énergétique des data centers devient un défi majeur. Les auteurs soulignent que l'optimisation des infrastructures de stockage ne suffit pas et qu'une approche plus globale de gestion des données est nécessaire. Leur étude repose sur 70 appels d'offres analysés et 12 entretiens avec des experts du Green IT et de la gestion des données, mettant en lumière le manque de maturité des entreprises dans ce domaine.

Pour structurer cette gouvernance, les auteurs identifient cinq principes clés : (1) la conformité légale et réglementaire, qui garantit le respect des normes (RGPD, ISO 14001) et des obligations d'archivage ou de suppression ; (2) la protection des données personnelles, qui impose des mesures strictes de confidentialité et de gestion des accès ; (3) la sécurité des données, à travers des politiques de sauvegarde et de redondance pour prévenir les cyberattaques et les pertes d'informations ; (4) la gestion du cycle de vie des données, qui vise à classer, stocker et archiver les données en fonction de leur importance et de leur fréquence d'utilisation ; et (5) l'optimisation des infrastructures de stockage, en favorisant l'usage de technologies éco-responsables (virtualisation, stockage à froid, compression).

Afin d'intégrer ces principes dans la stratégie des entreprises, les auteurs proposent un Balanced Scorecard thématique, articulé autour de quatre axes : une perspective financière visant à réduire les coûts énergétiques et améliorer l'utilisation des infrastructures, une perspective client prenant en compte les attentes internes en matière de qualité des données, une perspective processus définissant des pratiques de gestion durables et conformes aux réglementations, et une perspective apprentissage, axée sur la formation des acteurs et la diffusion des bonnes pratiques.

L'article conclut sur l'urgence d'une gouvernance proactive des données pour limiter leur prolifération, optimiser les ressources de stockage et réduire l'impact environnemental des infrastructures informatiques. En intégrant ces enjeux dans la stratégie d'entreprise, les organisations peuvent concilier performance, conformité et responsabilité environnementale<sup>18</sup>.

L'étude de Figge, F., Hahn, T., Schaltegger, S., & Wagner, M. (2002) propose une adaptation du Balanced Scorecard (BSC) afin d'intégrer les objectifs environnementaux et

---

<sup>18</sup> Laura, F., Coelho, F. & Delmond, M.-H. (2009). *Gestion durable des données : point sur les enjeux et proposition d'une démarche de pilotage de la performance appuyée sur un balanced scorecard thématique*.

sociaux dans la gestion stratégique des entreprises. Les auteurs soulignent que les approches traditionnelles de mesure de la performance sont principalement axées sur des indicateurs financiers et opérationnels, négligeant ainsi les impacts écologiques et sociétaux. Ils insistent sur la nécessité d'un cadre stratégique permettant aux entreprises d'aligner leurs initiatives de développement durable avec leurs objectifs économiques, tout en assurant un suivi efficace des résultats.

Pour y parvenir, les auteurs développent trois approches possibles : (1) l'ajout d'indicateurs environnementaux et sociaux aux perspectives existantes du BSC, (2) la création d'une cinquième perspective dédiée à la durabilité, et (3) l'élaboration d'un Balanced Scorecard thématique spécifiquement centré sur la performance durable. Ces modèles permettent de structurer les actions des entreprises en intégrant les enjeux écologiques dans leurs processus de décision, en valorisant les bénéfices économiques d'une gestion responsable et en facilitant la communication des résultats aux parties prenantes.

Les auteurs concluent que l'adoption du Sustainability Balanced Scorecard (SBSC) est un levier stratégique essentiel pour les organisations cherchant à réduire leur impact environnemental sans compromettre leur compétitivité. En intégrant des outils de reporting environnemental et social, les entreprises peuvent mieux répondre aux attentes réglementaires et sociétales, tout en renforçant leur transparence et leur engagement en faveur du développement durable<sup>19</sup>.

## *Méthodologie de l'étude*

Dans le cadre de cette étude, la méthodologie adoptée repose sur une analyse des données secondaires, permettant une exploration approfondie des cadres théoriques et des meilleures pratiques en matière de gestion responsable des ressources numériques. L'ampleur des impacts environnementaux du numérique justifie une approche fondée sur l'examen critique de la littérature existante, incluant des recherches académiques, des rapports institutionnels et des études de cas d'entreprises engagées dans la réduction de leur empreinte écologique. Ce choix méthodologique garantit une compréhension globale du phénomène de la surproductivité numérique, en identifiant les leviers stratégiques permettant d'optimiser l'usage des infrastructures et des données.

---

<sup>19</sup> Figge, F., Hahn, T., Schaltegger, S., & Wagner, M. (2002). *The Sustainability Balanced Scorecard: Linking Sustainability Management to Business Strategy*. *Business Strategy and the Environment*, 11(5), 269-284.

En complément de cette analyse documentaire, une approche systémique a été adoptée afin d'appréhender la pollution numérique dans toute sa complexité. Cette approche permet d'étudier les interactions entre les différentes composantes du numérique (infrastructures, usages, cadre réglementaire, innovations technologiques) et leurs impacts environnementaux. Plutôt que d'examiner ces éléments de manière isolée, l'approche systémique offre une vision holistique en identifiant les effets en cascade et les interdépendances entre la gestion des données, la consommation énergétique et les stratégies d'optimisation des infrastructures numériques. En croisant les travaux scientifiques sur la gestion des données et les stratégies d'éco-conception des infrastructures, cette étude mettra en évidence les points de convergence et de divergence quant aux pratiques optimales.

## **Analyse critique des théories existantes et discussion des résultats**

### **Identification et mesure de la surproductivité et de la pollution numérique.**

Les théories existantes sur la surproductivité et la pollution numérique s'articulent autour de plusieurs paramètres clés : l'utilisation excessive des ressources informatiques, la redondance des données et la surconsommation énergétique. Les études considèrent souvent la surcharge cognitive et le gaspillage numérique (duplication des fichiers, exécution de processus inutiles) comme des indicateurs indirects de surproductivité.

**Analyse critique :** Si ces approches offrent une vue d'ensemble des déséquilibres induits par une activité numérique excessive, elles manquent souvent de standardisation. Les méthodes de mesure ne sont pas unifiées, ce qui rend les comparaisons complexes entre différents secteurs d'activité. De plus, la notion de "pollution numérique" est encore en débat, certains la liant uniquement aux aspects énergétiques, tandis que d'autres y intègrent des dimensions sociales et cognitives.

### **Optimisation de la gestion des infrastructures numériques pour réduire l'empreinte carbone.**

Les théories abordées dans la revue de littérature présentent plusieurs stratégies d'optimisation :

- La virtualisation et l'utilisation du cloud computing pour limiter l'usage des serveurs physiques.

- L'efficacité énergétique des centres de données (Data Centers) avec des solutions comme le free cooling ou les énergies renouvelables.
- Le Green IT, qui préconise des pratiques durables à chaque étape du cycle de vie des infrastructures informatiques.

**Analyse critique :** Si ces solutions sont pertinentes, elles reposent souvent sur des présupposés technologiques qui ne sont pas toujours adaptés à toutes les entreprises. Par exemple, l'externalisation vers le cloud peut réduire l'empreinte carbone d'une entreprise mais accroître celle des grands fournisseurs de cloud. De plus, la transition vers une gestion numérique plus verte suppose une transformation organisationnelle, qui est souvent freinée par des coûts initiaux élevés.

### **Mesure de l'efficacité des stratégies de gestion des données**

La gestion des données est un levier essentiel dans la réduction de la pollution numérique et l'optimisation des performances des infrastructures informatiques. Les outils et indicateurs de performance abordés comprennent :

- Le PUE (Power Usage Effectiveness) pour évaluer l'efficacité énergétique des infrastructures.
- Les KPI environnementaux comme l'empreinte carbone numérique par utilisateur.
- L'analyse du cycle de vie des données afin d'optimiser leur stockage et leur traitement.
- La mise en place de politiques de gouvernance des données visant à réduire la redondance et à améliorer la qualité des informations stockées.

**Analyse critique :** Ces outils permettent de quantifier certains aspects de l'impact numérique, mais ils n'intègrent pas toujours des dimensions qualitatives comme l'optimisation de l'utilisation des données. Par ailleurs, la surabondance des données (Big Data) est rarement prise en compte dans les stratégies de durabilité. La mise en place d'une gouvernance des données efficace nécessiterait des méthodologies plus robustes pour classer, hiérarchiser et archiver les données selon leur utilité réelle, en limitant la rétention inutile.



## Recommandations

L'analyse des théories existantes répond en partie aux questions posées. Les paramètres permettant d'identifier la surproductivité et la pollution numérique sont définis mais manquent de standardisation. L'optimisation des infrastructures numériques est une piste solide, mais ses limites technologiques et économiques restent sous-évaluées. Enfin, les indicateurs de performance permettent une mesure partielle de l'efficacité des stratégies, mais ils gagneraient à être complétés par des approches plus qualitatives et transversales. Une réflexion plus approfondie sur l'interconnexion entre ces différents axes, en intégrant des stratégies avancées de gestion et de gouvernance des données, pourrait renforcer l'analyse et aboutir à des recommandations plus opérationnelles et adaptées aux enjeux contemporains.

**Proposition : Indicateurs de performance permettant de suivre la pollution numérique et la surproductivité focus sur la gestion des données.**

Perspectives	Indicateurs de performance	Description / Objectif
Financière	Coût de stockage par To	Suivi des dépenses liées au stockage et à l'archivage des données inutilisées.
	Ratio coût/bénéfice des données conservées	Évaluation du coût du stockage par rapport à la valeur réelle des données.
	Taux de réduction des dépenses énergétiques liées aux infrastructures IT	Évaluation des économies générées par une meilleure gestion des données et des serveurs.
Clients	Niveau de transparence sur la gestion des données	Mesure du degré d'information des clients sur l'impact écologique des services numériques.
	Indicateur de satisfaction des parties prenantes	Évaluation de la perception des efforts de l'entreprise pour réduire son empreinte carbone numérique.
Internes	Taux de redondance des données	Pourcentage de données en double, identifiées et supprimées pour optimiser l'espace de stockage.
	Respect des normes de nommage des	Suivi de l'application de conventions de nommage

	fichiers/données par secteur métier	pour éviter les fichiers orphelins et améliorer l'accessibilité.
	Durée moyenne de conservation des données	Comparaison des politiques internes de conservation avec les recommandations réglementaires.
	Pourcentage de données non utilisées depuis plus d'un an	Indicateur clé pour la mise en place d'une stratégie de suppression ou d'archivage.
	Adoption des bonnes pratiques de gestion des données	Pourcentage d'employés formés aux méthodes optimales de gestion des données.
<b>Innovation &amp; apprentissage</b>	Part des investissements dans des solutions Green IT	Suivi des efforts consacrés à la réduction de l'empreinte environnementale numérique.
	Taux d'adoption d'une gouvernance des données optimisée	Mesure de l'implémentation des politiques de gestion et de classification des données.
	Efficacité des outils d'analyse du cycle de vie des données	Évaluation des outils permettant de trier et d'éliminer les données inutiles.

## Limites de l'étude et perspectives de recherche

Bien que l'étude apporte une analyse pertinente des enjeux liés à la surproductivité et à la pollution numérique, plusieurs limites peuvent être identifiées.

Tout d'abord, la diversité des approches théoriques constitue un défi pour l'uniformisation des méthodes d'évaluation. Les différentes définitions et cadres analytiques sur la pollution numérique et la surproductivité ne permettent pas toujours d'avoir une vision cohérente et comparative entre les secteurs d'activité. L'absence d'un consensus scientifique sur ces notions complexifie leur application pratique dans les entreprises.

Ensuite, les solutions proposées, notamment en matière d'optimisation des infrastructures numériques, restent souvent tributaires de contraintes économiques et technologiques. L'adoption de pratiques durables nécessite des investissements initiaux importants, ce qui peut freiner leur mise en œuvre, notamment pour les PME. De plus, le transfert vers des

infrastructures plus écologiques, comme le cloud computing, pose la question du déplacement des émissions plutôt que leur réduction réelle.

Un autre point de limite réside dans la focalisation sur des indicateurs quantitatifs. Bien que des outils comme le PUE ou l'empreinte carbone numérique par utilisateur soient essentiels, ils ne prennent pas en compte certains aspects plus subjectifs, comme l'impact organisationnel ou les changements comportementaux nécessaires pour une meilleure gestion des ressources numériques.

Enfin, l'étude se concentre principalement sur une analyse théorique et ne prend pas en compte des études de cas approfondies ou des expérimentations terrain. Une approche plus empirique, avec des retours d'expérience d'entreprises ayant mis en place des stratégies de gestion durable des infrastructures numériques, aurait pu enrichir l'analyse et offrir des perspectives plus pragmatiques.

Ainsi, bien que l'étude réponde en partie aux questions de recherche, ces limites soulignent l'importance d'un approfondissement méthodologique et d'une vision plus intégrée des enjeux pour obtenir des recommandations opérationnelles plus efficaces.

Pour approfondir l'étude et surmonter certaines de ses limites, plusieurs perspectives peuvent être envisagées.

Une approche empirique basée sur des études de cas d'entreprises ayant mis en place des stratégies efficaces de réduction de l'empreinte numérique pourrait enrichir les résultats. Ces observations permettraient d'identifier les bonnes pratiques et les éventuels freins rencontrés lors de la mise en œuvre de solutions durables.

De plus, l'intégration d'une dimension comportementale dans les outils d'évaluation pourrait compléter l'analyse. En effet, la formation et la sensibilisation des employés à l'impact du numérique sur l'environnement sont des leviers majeurs pour accompagner la transformation des infrastructures et optimiser l'utilisation des ressources informatiques.

Enfin, une réflexion sur l'évolution des cadres réglementaires et normatifs en matière de pollution numérique pourrait être menée. L'élaboration de politiques publiques incitant les entreprises à adopter des pratiques numériques responsables, par le biais d'incitations financières ou de certifications écologiques, pourrait accélérer la transition vers des infrastructures plus durables.

Ainsi, en combinant approche théorique, expérimentation terrain et cadre réglementaire adapté, il serait possible d'affiner les stratégies de gestion du numérique et d'améliorer leur efficacité à long terme.

## CONCLUSION

Notre étude avait pour objectif de proposer une approche méthodologique permettant de mesurer et de suivre la pollution numérique ainsi que la surproductivité, en mettant un accent particulier sur la gestion des données et le cycle de vie des infrastructures numériques. L'enjeu était d'identifier des indicateurs pertinents permettant d'évaluer l'impact environnemental des usages numériques et d'optimiser la gestion des ressources informatiques pour réduire l'empreinte carbone des entreprises et institutions.

À cet effet, nous avons structuré notre réflexion à travers le cadre du Balanced Scorecard, en définissant des indicateurs sous quatre perspectives clés : financière, client, interne et innovation & apprentissage. Nos propositions mettent en lumière la nécessité d'une gouvernance des données plus rigoureuse à travers des pratiques optimisées de collecte, de traitement et de conservation des données, tout en intégrant des normes adaptées aux spécificités des secteurs métiers. De plus, nous avons élargi notre analyse à la gestion du cycle de vie des équipements numériques, qui constitue un levier majeur pour limiter l'obsolescence, favoriser le reconditionnement et encourager une politique d'achats responsables.

Les résultats de notre analyse soulignent que la surproductivité numérique et la pollution associée résultent d'une accumulation excessive et non contrôlée des données, d'une utilisation inefficace des infrastructures IT et d'un renouvellement trop rapide des équipements. En effet, la prolifération des données inutiles, souvent redondantes ou obsolètes, alourdit les systèmes et engendre des coûts énergétiques et financiers non négligeables. De même, la faible prise en compte des impacts environnementaux dans la gestion des équipements informatiques contribue à une empreinte carbone élevée.

En termes de conséquences, l'absence de stratégie globale pour encadrer ces enjeux peut mener à des coûts excessifs de stockage, une consommation énergétique accrue et une augmentation des déchets électroniques, compromettant ainsi les engagements de développement durable des organisations.

Ainsi, pour remédier à ces défis, nous avons jugé essentiel de formuler des propositions concrètes visant à instaurer une gestion plus efficiente et durable des ressources numériques. Parmi ces propositions, nous insistons sur :

- L'optimisation du stockage des données via des politiques de tri et d'archivage adaptées.
- L'application de normes strictes de gestion des données pour éviter les redondances et garantir un accès plus structuré aux informations.
- Le prolongement du cycle de vie des équipements numériques grâce à des pratiques de maintenance, de reconditionnement et de recyclage.
- Le suivi d'indicateurs précis permettant d'évaluer la performance environnementale et économique des infrastructures numériques.

Ces recommandations s'inscrivent dans une démarche de transformation numérique responsable, alliant efficacité économique, respect de l'environnement et amélioration continue des pratiques de gestion des données. Elles visent à permettre aux entreprises et institutions de concilier leurs impératifs de performance avec une réduction significative de leur empreinte écologique.

## BIBLIOGRAPHIE

- Boris NORO, décembre 2022, Business Intelligence avec Excel Des données brutes à l'analyse stratégique (2e édition), Réf. ENI : HSSOB2EXCBI | ISBN : 9782409038488
- Caroline D, Jean-Philippe N. Vers un devoir de vigilance numérique, dans Revue Interdisciplinaire Droit et Organisations RIDO n°4
- Châari, Z., & Leclère, D. (2008). *L'impact de l'utilisation du tableau de bord de gestion sur la satisfaction des dirigeants*. Communication présentée à la conférence *La comptabilité, le contrôle et l'audit entre changement et stabilité*, France. Disponible sur HAL Archives ouvertes : <https://shs.hal.science/halshs-00522446v1>
- Devaux, C., & Nicolaï, J.-P. (2022). *Vers un devoir de vigilance numérique (ou comment intégrer le problème de la pollution numérique dans la gouvernance des entreprises)*. Revue Interdisciplinaire Droit et Organisations (RIDO), (4), 13-30.
- Figge, F., Hahn, T., Schaltegger, S., & Wagner, M. (2002). *The Sustainability Balanced Scorecard: Linking Sustainability Management to Business Strategy*. *Business Strategy and the Environment*, 11(5), 269-284.
- Hélène Bergeron. Les indicateurs de performance en contexte PME, quel modèle appliquer, 21ÈME CONGRES DE L'AFC, May 2000, France. Pp 9.CD-Rom. fffhalshs-00587425.
- Kaplan, Robert S. et David P. Norton (1992), "The balanced scorecard: measures that drive performance", Harvard Business Review, jan-feb, pp. 71-79
- Lambin Jean-Jacques, *La recherche Marketing*, Paris, Mc Graw Hill, 1990, p. 26. Dans Angot, H. (2006). Chapitre 1. Le système d'information vu sous l'angle des flux d'information. Dans :, H. Angot, *Système d'information de l'entreprise: Des flux d'information au système d'information automatique* (pp. 11-104). Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur.
- Laura, F., Coelho, F. & Delmond, M.-H. (2009). *Gestion durable des données : point sur les enjeux et proposition d'une démarche de pilotage de la performance appuyée sur un balanced scorecard thématique*.
- Mancebo, F. (2013). Développement durable. (2e éd.). Armand Colin. <https://doi-org.univ-smb.idm.oclc.org/10.3917/arco.ncebo.2013.01>
- Rapport CIGREF, Sobriété numérique : Piloter l'empreinte environnementale du numérique par la mesure – Décembre 2021,
- The Shift Project – Rapport : Décarboner l'industrie sans la saborder –Janvier 2021

- The Shift Project – Rapport : Déployer la sobriété numérique, Octobre 2020
- The Shift Project. (2023). Les leviers de sobriété numérique. *Revue de la Transition Énergétique*, 12(3), 45-60. <https://www.theshiftproject.org>
- Travaillé, D., & Marsal, C. (2006). Automatisation des tableaux de bord et cohérence du contrôle de gestion : à propos de deux cas. *Revue Française de Gestion*, 32(162), 123-138. <https://doi.org/10.3166/rfg.162.123-138>
- W. BRIAN ARTHUR, « Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events », dans *Cahiers, Droit, Sciences & Technologies*, Fabrice Flipo (2021) , *L'impératif de la sobriété numérique*, <https://doi.org/10.4000/cdst.4182>