

Faire cohabiter numérique et environnement ?

La contribution de trois regards croisés.



*Illustrations :
Prof. Benoît Raucant
(UCLouvain, BE)*

Auteurs

Ir Steve Tumson, Dr Julien Raone, Ing. Miguel Coma

Membres du Collectif AlterNumeris (BE)

Contributeurs

Pr. David Bol (UCLouvain, BE)

Ir Hugues Ferreboeuf (The Shift Project, FR)

Jérémy Grosman (UNamur, BE)

Ir Louis Golard (UCLouvain, BE)

Dr Xavier Marichal (Factor X, BE)

Dr Jerome Meessen (Climact, BE)

Pr. Jean-Pierre Raskin (UCLouvain, BE)

Ir Gauthier Roussilhe (RMIT, AU)

Ir David Steinmetz (EcoRes, BE)

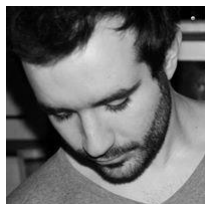
Olivier Vergeynst (ISIT-BE, BE)

Présentation de l'équipe



Steve TUMSON est ingénieur civil mécatronicien de l'UCLouvain, expert en robotique. Aujourd'hui consultant, conférencier et professeur, il porte plusieurs projets autour des thématiques des nouvelles technologies, de l'éducation, de la gestion du changement et du développement durable.

Personne de contact pour ce dossier :
Steve Tumson, info@alternumeris.org



Julien RAONE est titulaire d'un Master en Gestion Publique de King's College London et d'une thèse de doctorat en Science Politique de l'UCLouvain. Il publie dans les thématiques de la gestion publique et de l'analyse des politiques publiques.



Miguel COMA est Ingénieur Industriel électronicien de l'ISIB et architecte en technologies de l'information. Auteur, conférencier et consultant sur les impacts sociétaux liés aux technologies numériques, il défend le potentiel qu'a la technologie à amener un progrès durable.



David BOL est professeur en circuits et systèmes électroniques à l'UCLouvain. Il est auteur ou co-auteur de plus de 150 articles techniques et contributions à des conférences ; et est activement impliqué dans la transition socio-écologique des TIC.



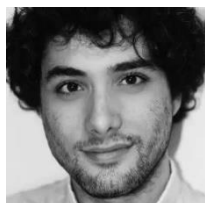
Jérôme MEESEN est docteur en génie électrique de l'UCLouvain. Il est actuellement associé et consultant à CLIMACT, où il gère des projets et des études sur la transition énergétique, la stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre et le financement du climat.



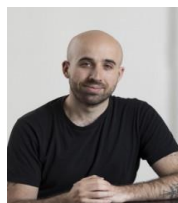
Hugues FERREBOEUF est ingénieur de Télécom ParisTech. Il a effectué la majeure partie de sa carrière professionnelle dans le secteur des TIC, dont plus de 15 ans à des postes de direction générale. Il a notamment rejoint le think tank The Shift Project où il dirige depuis lors le projet Lean ICT (ou comment rendre la transition numérique respectueuse de l'environnement).



Jean-Pierre RASKIN est professeur de microélectronique à l'UCLouvain. Il est auteur de centaines d'articles de revues scientifiques. Lauréat de plusieurs médailles et prix pour ses travaux, il a lancé un consortium européen qui promeut l'électronique durable dans les universités, les centres de recherche et l'industrie.



Jérémy GROMAN poursuit un doctorat en philosophie à l'UNamur, au Centre de Recherche Information, Droit et Société. Son domaine de compétence est l'éthique des technologies. Il a fait partie des experts désignés par le gouvernement wallon pour l'informer sur les impacts potentiels du déploiement de la 5G.



Gauthier ROUSSILHE est designer numérique et chercheur spécialisé sur les enjeux environnementaux de la numérisation, doctorant au RMIT. Il s'intéresse aux autres formes de développement du secteur numérique qui seraient compatibles avec les limites planétaires et dans un monde de plus en plus incertain.



Louis GOLARD est ingénieur civil électricien de l'UCLouvain, lauréat du prix HERA Award dans la catégorie "Sustainable ICT". Il est actuellement doctorant à l'UCLouvain et travaille sur la thématique de la réduction de l'empreinte carbone de l'accès à l'internet mobile.



David STEINMETZ est ingénieur civil mécanicien de l'UCLouvain. Il travaille actuellement dans les pôles Economie Circulaire et Climat d'EcoRes, où il accompagne de nombreuses entreprises et territoires pour une transition vers la sobriété.



Xavier MARICHAL est docteur en génie électrique de l'UCLouvain. CEO d'USITOO, et est également consultant chez FactorX, où il accompagne les entreprises dans le développement des modèles d'entreprise à forte valeur ajoutée et à faible impact environnemental.



Olivier VERGEYNST a plus de 20 ans d'expérience internationale en gestion informatique dans de grandes entreprises. Il est actuellement directeur de l'Institut Belge du Numérique Responsable.

Table des matières

Résumé.....	1
Résumé Exécutif.....	2
Dossier complet.....	6
Introduction.....	6
1. Le regard expert	8
1.1. Examiner les connaissances actuelles	8
1.2. Se frayer un chemin dans l'existant.....	13
Un regard expert, en bref.....	14
2. Le regard politique	15
2.1. Scénarios de transition	15
2.2. Articuler les transitions	18
Un regard politique, en bref.....	21
3. Le regard citoyen	22
3.1. L'impact du numérique sur l'environnement : une grille de lecture.....	22
3.2. Un exemple de lecture : le rapport Digital4Climate.....	28
Un regard citoyen, en bref	36
Conclusion et recommandations	37
Annexe.....	38
Glossaire.....	43
Références	44

Licence



Afin de le rendre le plus accessible possible, ce travail est diffusé sous licence Creative Commons CC-BY-NC-ND. Vous avez l'obligation de transmettre ce document en l'état, sans modification, intégralement, en incluant les informations sur la licence et les auteurs contenues sur cette page.

Résumé

Le couple numérique et environnement associe deux élans conjoints de nos sociétés modernes courant chacun dans leurs couloirs, deux « transitions » concomitantes décrites encore trop souvent dans leurs silos. La question de leur compatibilité se pose désormais ouvertement et urgemment : se renforcent-elles ou se contredisent-elles ? Sont-elles compatibles ? Doivent-elles être articulées et, si oui, de quelle manière et selon quelles modalités ?

Ces questions réclament d'adopter différentes perspectives :

- La perspective **experte** : que savons-nous des interactions entre numérique et environnement, et comment se structure cette connaissance ?
- La perspective **politique** : comment articuler les transitions numérique et environnementale, aux projets de société que nous jugeons désirables ?
- La perspective **citoyenne** : comment comprendre et se positionner à l'égard des informations circulant sur le sujet dans l'espace public ?

C'est à partir de ces trois regards que le présent rapport discute la cohabitation, parfois difficile, entre numérique et environnement.

Résumé Exécutif

Introduction

Lorsqu'on parle de numérique, la polarisation est souvent de mise. Quand le terme est adossé à celui d'environnement, les débats s'enflamment. Les uns posent les technologies numériques comme solution universelle pourvoyeuse de réduction des dépenses énergétiques. Les autres en appellent à une sobriété numérique radicale pour sauvegarder l'environnement. Les discussions, lorsqu'elles dépassent la simple énonciation de positions, invoquent pêle-mêle des stratégies industrielles, des rapports d'experts ou des contributions scientifiques. Pas toujours simple, dans ces discussions souvent passionnées et pétries d'intérêts multiples, de s'y frayer un chemin ou de se faire une idée claire des termes du débat.

Quoi qu'il en soit, s'interroger sur la manière avec laquelle numérique et environnement doivent cohabiter relève d'une urgence croissante. Tout d'abord, rappelons les engagements des États en faveur de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de leurs effets sur le climat : l'Union européenne s'est fixé l'objectif de réduction des émissions d'ici à 2030 d'au moins 55 % par rapport aux niveaux de 1990¹. Ces engagements, concomitant à l'adoption de stratégies d'accélération de la numérisation, devraient contraindre les pouvoirs publics à clarifier les termes des interactions entre numérique et environnement. Ensuite, d'autres enjeux environnementaux ne peuvent plus être ignorés : pensons aux pollutions générées par l'extraction des métaux rares nécessaires à la fabrication des équipements, ou encore aux pollutions liées aux déchets électroniques.

Du côté des citoyens, la prise de conscience est grandissante : « 85% des Français estiment qu'il devrait être prioritaire de réduire l'impact du numérique sur l'environnement dans les années à venir (...) avec, à nouveau, un jugement relativement homogène parmi toutes les générations »². Du côté des industriels du secteur, les impacts économiques et financiers causés par l'enjeu de l'énergie et les tensions environnementales forcent à réagir : dans le domaine des métaux rares par exemple, les problèmes d'approvisionnement devraient se multiplier et mettre sous pression les chaînes de production mondialisées³.

Le couple numérique et environnement confronte donc deux élans conjoints de nos sociétés modernes courant chacun dans leur couloir, deux « transitions » concomitantes décrites encore trop souvent dans leur silo. La question de leur compatibilité se pose désormais ouvertement : se renforcent-elles ou se contredisent-elles ? Sont-elles compatibles ? Peuvent-elles cohabiter et, si oui, de quelle manière ?

Ces questions réclament d'adopter différentes perspectives : **experte** (Que savons-nous des interactions entre numérique et environnement, et comment se structure cette connaissance ?), **politique** (Comment articuler les transitions numérique et environnementale, aux projets de société que nous jugeons désirables ?) et **citoyenne** (Comment comprendre et se positionner à l'égard des informations circulant sur le sujet dans l'espace public ?). C'est à partir de ces trois regards que le présent rapport discute la cohabitation, parfois difficile, entre numérique et environnement.



Le **premier regard, le regard expert**, doit permettre d'objectiver l'état des connaissances autour des liens entre numérique et environnement. Force est de constater que les recherches et les connaissances produites sur les effets du numérique sur l'environnement sont encore jeunes et de teneurs diverses. S'y plonger permet de fixer ce qui est aujourd'hui considéré connu mais aussi de pointer la coexistence de rapports mettant en évidence le numérique comme solution – et donc l'accélération de la numérisation au secours de l'environnement – et les rapports avançant le numérique comme source incontrôlée d'empreinte environnementale – et donc l'indispensable maîtrise de son utilisation.



Le **second regard, le regard politique**, porte l'ambition de re-positionner l'articulation entre environnement et numérique dans les termes d'une question politique. Dans un précédent rapport, nous avons mis en évidence les imaginaires sociaux qui sous-tendent les débats techniques et les controverses autour de la 5G. Ici, il s'agira, sur la base de travaux existants, de faire état des scénarios d'articulation des transitions numérique et environnementale. Ces scénarios sont associés à une pluralité de futurs possibles.



Le **troisième regard, le regard citoyen**, conduit d'une part à déconstruire la mécanique sous-jacente aux évaluations d'impact du numérique sur l'environnement et, d'autre part, à comprendre comment celles-ci sont construites. Des chiffres sont fréquemment diffusés dans l'espace public, accompagnés d'analyses reposant sur ce type d'évaluation. Comment se positionner en tant que citoyen face à un propos d'apparence si technique ? Ce troisième regard propose une grille de lecture permettant de forger une position sur ce genre d'études. Pour illustrer cette démarche, le rapport *Digital4Climate* publié en Belgique en 2022 offre une opportunité de mettre cette grille de lecture en pratique.

Un regard expert, en bref

Quel est l'état des connaissances sur les interactions entre numérique et environnement ? Les publications qui se penchent sur cette question complexe divergent tant par leur qualité, leur méthodologie ou leur transparence. Certaines évaluent l'impact du numérique à l'échelle de la planète, alors que d'autres visent un territoire spécifique (ex. Europe, France, Wallonie). Les unes évaluent les enjeux environnementaux du numérique au sens large, tandis que d'autres se concentrent sur les émissions de gaz à effet de serre ou la consommation électrique.

Malgré ces disparités, on peut y trouver des éléments de convergence :

* Les études montrent que le secteur numérique produit entre 2% et 4% des **gaz à effet de serre** mondiaux (2018) : c'est l'équivalent de la flotte de camions sur la planète au même moment, et plus que l'aviation civile pourtant souvent pointée du doigt.

Les prévisions indiquent une augmentation rapide de ces émissions (de 4 à 6% par an).

* La **consommation électrique** du secteur lors de la phase d'usage du numérique, quant à elle, représente 5 à 8% de la consommation électrique mondiale (entre 2019 et 2021). Dit autrement, si « l'usage du numérique » était un pays, il serait le 3e plus gros consommateur d'électricité au monde, juste après la Chine et les USA.

Sans limitation des usages, une croissance significative de cette consommation est anticipée en raison de l'explosion du volume de données.

En marge des études scientifiques, une série de publications commanditées par les représentants du **secteur industriel** ne réfutent pas les tendances haussières précitées ; mais justifient cette augmentation des impacts directs par des gains plus importants de manière indirecte : des effets structurels dans d'autres secteurs permettraient des économies d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre. Comme nous le détaillons dans notre analyse, ces études ne s'intéressent qu'aux effets indirects positifs, pas aux effets indirects négatifs ; elles sont donc biaisées.

Enfin, les rapports de grandes institutions (ONU, OMS, UE, etc.) permettent de mettre en lumière les pollutions environnementales (sol, air, eau) liées aux déchets électroniques ainsi qu'à l'extraction des matériaux nécessaires à la transition numérique et énergétique.

Ce premier regard amène trois constats :

- D'abord, celui de **l'impact direct négatif incontesté du numérique sur l'environnement**. L'extraction, la production, l'utilisation et la fin de vie des équipements physiques permettant les services digitaux ont un impact direct négatif considérable sur la planète. Il s'agit donc de reconnaître enfin le couple numérique-environnement comme un problème d'intérêt général ;
- Ensuite, force est de constater que **la relation numérique-environnement est une relation débattue** et que différents acteurs se mobilisent, chiffres et rapports à l'appui, pour appuyer la manière avec laquelle l'articulation entre les deux transitions doit s'établir ;
- Enfin, **les rapports contradictoires** (entre ceux produits par l'industrie poussant à une accélération de la numérisation, et ceux des think tanks invitant à sa réduction rapide) laissent planer de l'incertitude et **sèment le doute** quant à l'impact global du numérique sur l'environnement.

Finalement, ce premier regard amène à conclure que les transitions numérique et écologique n'ont pas une tendance naturelle à se renforcer mutuellement. La jeunesse et la rareté des études existantes doivent mener à la prudence et à l'application du principe de précaution avant de conclure à la nécessité d'une numérisation à tous les étages.

Un regard politique, en bref

A la question “Comment articuler les transitions numérique et environnementale ?”, différents scénarios émergent. Chaque scénario est porteur d’un certain ‘mode de vie’ en ce qu’il recouvre des habitudes de mobilité, de production, de consommation, d’habitation, de rapport au temps et à l’autre, ainsi qu’à l’implication dans la vie de la cité. Le numérique ne fait pas exception : sa place et son rôle, sa diffusion et ses modalités de contrôle, son lien à l’innovation et ses usages sont distincts en fonction des scénarios. Penser l’articulation des transitions amène plusieurs constats:

- **Une politique du numérique est indissociable de son versant environnemental.**
Trop souvent, la transition numérique est évoquée de façon isolée, sectorielle, liée à un usage particulier, déconnectée de la transition environnementale. Le geste opéré par les scénarios met fin à cette dissociation. Il pose le numérique dans des visions d’avenir permettant de clarifier les postures et d’éclairer les conséquences - explicites ou non - de la numérisation des sociétés.
- **Une politique du numérique s’articule autour des catégories de sobriété et d’efficacité.**
Les scénarios - et les imaginaires politiques qu’ils incarnent - sont traversés par des dosages et des articulations de ces deux pôles que sont la sobriété et l’efficacité. Il revient de reconnaître la nécessité d’une mise à l’échelle collective de ces deux dimensions.
- **Une politique du numérique s’appuie sur un programme d’action publique.**
Les programmes d’action publique sur lesquels reposent les politiques du numérique doivent être identifiés : les programmes techno-capitalisme, social-démocrate et de sobriété radicale.

Un regard citoyen, en bref

Poser un regard citoyen sur une publication portant sur l’impact environnemental du secteur numérique peut s’avérer complexe, voire déroutant. Quelle confiance accorder aux études sur le sujet ? Quels critères d’évaluation appliquer ? Comment faire le tri entre conclusions alarmistes et celles poussant à toujours plus de numérique ?

Le présent document met à disposition du citoyen une grille de lecture leur permettant de lire les différents rapports publiés de façon critique. Cette grille de lecture s’articule sur **quatre grands axes**, à travers desquels les failles et qualités intrinsèques d’une publication se dévoilent. Ces axes d’évaluation mènent à **neuf indicateurs de confiance** (vert/orange/rouge) produisant un tableau de bord consultable en un clin d’œil, comme illustré ci-contre.

A titre d’illustration, la dernière étude *Digital4Climate* d’un lobby belge a été passée au crible. Notre analyse révèle un seul indicateur positif incitant à la confiance, deux indicateurs mitigés et six indicateurs incitant à la méfiance. **Cette évaluation suggère que la reprise du rapport *Digital4Climate* dans un contexte de décision politique serait inappropriée, voire contre-productive pour l’environnement.**

		Digital4Climate
1. Quel processus de production ?		
Littérature scientifique ou littérature grise ?		
2. Quel périmètre ?		
... pour l’environnement ?		
... pour le numérique ?		
Quels équipements ?		
Quelles phases du cycle de vie ?		
... pour l’impact du numérique ?		
Effets directs, indirects et structurels		
3. Quelle transparence et pertinence ?		
... sur les bases de données ?		
... sur les hypothèses de travail ?		
... sur les limitations ?		
4. Quelles conclusions et recommandations ?		
Légende :		
	La confiance est accordée	
	La confiance est mitigée	
	La confiance n'est pas accordée	

Conclusion et recommandations

La transition écologique et la transition numérique se renforcent-elles ou se contredisent-elles ? Sont-elles compatibles ? Peuvent-elles cohabiter et, si oui, de quelle manière ?

Le regard expert, qui objective l'état des connaissances, amène à conclure que ces deux transitions sont bien liées, mais que leur relation est débattue - laissant planer un futur hasardeux sur l'impact du numérique sur l'environnement. Il est ainsi infondé d'affirmer que ces deux transitions se renforcent naturellement. La jeunesse et la rareté des études existantes doivent mener à la prudence et à l'application du principe de précaution avant de conclure à la nécessité d'une numérisation à tous les étages.

Le regard politique nous invite à élargir notre champ de vision : il y a bien plusieurs scénarios possibles pour cette double transition, chacun incarnant un certain imaginaire politique et porteur d'un certain mode de vie. Chaque discours doit ainsi être analysé à la lumière de l'imaginaire qu'il véhicule et des modes de vie qu'il sous-tend.

Le regard citoyen offre une grille de lecture permettant de lire, de façon critique, les différentes études publiées sur les sujets traitant de l'impact du numérique sur l'environnement - et d'ainsi se positionner face à la question. Le dernier rapport "*Digital4Climate*" d'un lobby belge, pris comme cas d'usage de cette grille d'analyse, affiche des écueils non négligeables qui incitent à la plus grande prudence lors de la reprise de ses conclusions dans la sphère publique et politique.

A la lumière de ces conclusions, les recommandations suivantes peuvent être formulées :

1. Adopter le réflexe des 3 regards (expert, politique, citoyen) dès qu'une nouvelle connaissance est produite.

On ne peut que s'étonner du traitement de ces nouvelles connaissances par certains politiques, particulièrement lorsque celles-ci sont produites par des groupes d'intérêts industriels.

En effet, l'application des 3 regards sur la dernière étude belge en date (*Digital4Climate*) suggère que la reprise de cette étude dans un contexte de décision politique serait inappropriée, voire contre-productive pour l'environnement. Des ministres⁴ ont pourtant pris l'étude en référence.

2. Dans l'incertitude, appliquer le principe de précaution.

Face à la difficulté de déterminer si oui ou non l'essor de la numérisation entraîne une réduction nette de l'empreinte écologique globale, et face à la nécessité de plus en plus urgente de faire décroître celle-ci, la simple application du principe de précaution conduirait à la conclusion suivante : chaque secteur économique doit travailler à la réduction de son empreinte écologique, sans exception pour le numérique

Dossier complet

Introduction

Lorsqu'on parle de numérique, la polarisation est souvent de mise. Quand le terme est adossé à celui d'environnement, les débats s'enflamment. Les uns posent les technologies numériques comme solution universelle pourvoyeuse de réduction des dépenses énergétiques. Les autres en appellent à une sobriété numérique radicale pour sauvegarder l'environnement. Les discussions, lorsqu'elles dépassent la simple énonciation de positions, invoquent pêle-mêle des stratégies industrielles, des rapports d'experts ou des contributions scientifiques. Pas toujours simple, dans ces discussions souvent passionnées et pétries d'intérêts multiples, de s'y frayer un chemin ou de se faire une idée claire des termes du débat.

Quoi qu'il en soit, s'interroger sur la manière avec laquelle numérique et environnement doivent cohabiter relève d'une urgence croissante. Tout d'abord, rappelons les engagements des États en faveur de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de leurs effets sur le climat : l'Union européenne s'est fixé l'objectif de réduction des émissions d'ici à 2030 d'au moins 55 % par rapport aux niveaux de 1990⁵. Ces engagements, concomitant à l'adoption de stratégies d'accélération de la numérisation, devraient contraindre les pouvoirs publics à clarifier les termes des interactions entre numérique et environnement. Ensuite, d'autres enjeux environnementaux ne peuvent plus être ignorés : pensons aux pollutions générées par l'extraction des métaux rares nécessaires à la fabrication des équipements, ou encore aux pollutions liées aux déchets électroniques.

Du côté des citoyens, la prise de conscience est grandissante : « 85% des Français estiment qu'il devrait être prioritaire de réduire l'impact du numérique sur l'environnement dans les années à venir (...) avec, à nouveau, un jugement relativement homogène parmi toutes les générations »⁶. Du côté des industriels du secteur, les impacts économiques et financiers causés par l'enjeu de l'énergie et les tensions environnementales forcent à réagir : dans le domaine des métaux rares par exemple, les problèmes d'approvisionnement devraient se multiplier et mettre sous pression les chaînes de production mondialisées⁷.

Le couple numérique et environnement confronte donc deux élans conjoints de nos sociétés modernes courant chacun dans leur couloir, deux « transitions » concomitantes décrites encore trop souvent dans leurs silos. La question de leur compatibilité se pose désormais ouvertement : se renforcent-elles ou se contredisent-elles ? Sont-elles compatibles ? Peuvent-elles cohabiter et, si oui, de quelle manière ?

Ces questions réclament d'adopter différentes perspectives : **experte** (Que savons-nous des interactions entre numérique et environnement, et comment se structure cette connaissance ?), **politique** (Comment articuler les transitions numérique et environnementale, aux projets de société que nous jugeons désirables ?) et **citoyenne** (Comment comprendre et se positionner à l'égard des informations circulant sur le sujet dans l'espace public ?). C'est à partir de ces trois regards que le présent rapport discute la cohabitation, parfois difficile, entre numérique et environnement.



Le **premier regard, le regard expert**, doit permettre d'objectiver l'état des connaissances autour des liens entre numérique et environnement. Force est de constater que les recherches et les connaissances produites sur les effets du numérique sur l'environnement sont encore jeunes et de teneurs diverses. S'y plonger permet de fixer ce qui est aujourd'hui considéré connu mais aussi de pointer la coexistence de rapports mettant en évidence le numérique comme solution – et donc l'accélération de la numérisation au secours de l'environnement – et les rapports avançant le numérique comme source incontrôlée d'empreinte environnementale – et donc l'indispensable maîtrise de son utilisation.



Le **second regard, le regard politique**, porte l'ambition de re-positionner l'articulation entre environnement et numérique dans les termes d'une question politique. Dans un précédent rapport, nous avons mis en évidence les imaginaires sociaux qui sous-tendent les débats techniques et les controverses autour de la 5G. Ici, il s'agira, sur la base de travaux existants, de faire état des scénarios d'articulation des transitions numérique et environnementale. Ces scénarios sont associés à une pluralité de futurs possibles.

Le **troisième regard, le regard citoyen**, conduit d'une part à déconstruire la mécanique sous-jacente aux évaluations d'impact du numérique sur l'environnement et, d'autre part, à comprendre comment celles-ci sont construites.

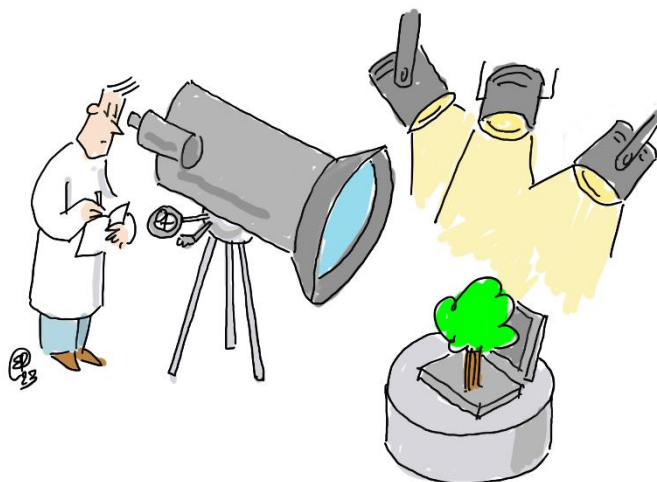


Des chiffres sont fréquemment diffusés dans l'espace public, accompagnés d'analyses reposant sur ce type d'évaluation. Comment se positionner en tant que citoyen face à un propos d'apparence si technique ? Ce deuxième regard propose une grille de lecture permettant de forger une position sur ce genre d'études. Pour illustrer cette démarche, le rapport *Digital4Climate* publié en Belgique en 2022 offre une opportunité de mettre cette grille de lecture en pratique.

1. Le regard expert

Comment se structure la connaissance produite ? Que sait-on et comment ? Quel est le statut et la force des connaissances existantes ?

En dépit de l'imaginaire de dématérialisation qu'il véhicule, le numérique repose bel et bien sur une vaste infrastructure matérielle : écrans, batteries, millions de kilomètres de câbles, centres informatiques, réseaux, etc.⁸ La production, l'utilisation et la fin de vie de ces composants génèrent une empreinte écologique à divers niveaux:



- les gaz à effets de serre (GES) reprennent l'ensemble des gaz qui contribuent au réchauffement climatique (dioxyde de carbone CO₂, méthane CH₄, ozone O₃,...);
- la consommation électrique en lien avec différentes sources énergétiques (gaz, charbon, nucléaire, renouvelable, ...);
- les pollutions chimiques et radioactives des sols, de l'air et de l'eau.

L'enjeu, pour le regard expert, est **d'évaluer l'empreinte du numérique sur l'ensemble de son cycle de vie**. Force est de constater, lorsqu'on plonge dans ce domaine, que les contributions existantes sont encore rares, fragiles et disparates.

1.1. Examiner les connaissances actuelles

1.1.1. Les gaz à effet de serre

Estimation de l'impact global actuel du numérique en GES

Freitag et al. (2020) ont mené un examen de la littérature scientifique existante sur le sujet des émissions globales de gaz à effet de serre du secteur numérique. Ils notent que la part estimée de l'ICT dans ces émissions oscille entre 1,8 et 2,8% – en 2015⁹. Les auteurs relèvent la variabilité entre les études existantes due à l'usage de bases de données différentes, la variété des approches, le manque de transparence sur les hypothèses posées ou la délimitation du périmètre des éléments considérés dans l'estimation. Ils relèvent que la fourchette avancée sous-estime systématiquement cet impact dans la mesure où les contributions ne tiennent pas compte de tous les éléments des chaînes de production des équipements et de l'ensemble du cycle de vie. Après ajustement, Freitag et al. estiment que la contribution du numérique aux émissions mondiales de gaz à effet de serre se situerait plutôt entre 2,1% et 3,9%¹⁰¹¹. En comparaison, en 2018, la part attribuée aux véhicules légers (autos, motos, ...) était de 8 % et celle du transport aérien civil de 2,5 % en 2018.

L'analyse de Freitag et al., si elle comporte un certain nombre d'incertitudes, résume sans aucun doute le meilleur des connaissances disponibles. Nous n'avons pas trouvé, dans la littérature scientifique, d'études dont les estimations divergeaient significativement des estimations présentées. En outre, les rapports commandés par les pouvoirs publics semblent, directement ou indirectement, reprendre des estimations similaires à l'une ou l'autre étude scientifique considérée par Freitag et al. (2020)¹². Elle rejoint ceux produits par l'organe des régulateurs européens des communications électroniques qui, dans le cadre d'une revue de la littérature existante, synthétise les estimations actuelles entre 2 à 4% avec un minimum de 1,5% et un maximum de 5%¹³.

Evolution récente de l’empreinte globale du numérique en GES

Les estimations de croissance de la part du numérique dans les émissions de GES sont nécessairement compliquées. Freitag et al., compilant les principales estimations faites dans la période de 2002 à 2012, suggèrent une croissance de l’ordre de 4% par année.

Au-delà de cette revue de la littérature existante, divers acteurs produisent également des chiffres sur la croissance de l’impact en GES. Pour le think tank *the Shift Project*⁴, le taux de croissance annuel des **émissions** dues au numérique est estimé à 6 % entre 2013 et 2019 et court un risque important d’atteindre 9% à court terme.

En comparaison avec l’ensemble des autres secteurs d’activité, la **part d’émissions** attribuable au numérique croît elle aussi, en moyenne de 3,2% par an (de 2,9% en 2013 à 3,5% en 2019).

En marge de ces projections à la hausse, le secteur technologique produit des publications qui suggèrent des tendances beaucoup plus optimistes. La GSMA, l’association de l’industrie des télécommunications mobiles, estime que les technologies mobiles ont déjà permis d’éviter une quantité importante de gaz à effets de serre en 2018 au point qu’1 gramme de CO_{2e} investi dans le numérique représente 10 grammes de CO_{2e} évités dans les autres secteurs¹⁵. Elle pose aussi que les émissions directes du secteur ICT vont baisser à hauteur de 1,97% des émissions mondiales d’ici 2030. Le GeSI estime quant à lui que le secteur de l’ICT est en mesure de diminuer les émissions de GES de 20% d’ici 2030 en stabilisant leur niveau de 2015¹⁶. Nous reviendrons dans la section suivante sur la manière avec laquelle aborder ce type de rapport.

1.1.2. La consommation électrique globale

Estimation et croissance de l’impact du numérique sur la consommation électrique globale

Le tableau ci-dessous reprend les 3 principales études fréquemment citées en matière d’évaluation de la consommation électrique nécessaire à faire fonctionner le numérique dans le monde. Les deux premières publications (Malmudin et Andrae) sont des publications scientifiques, la troisième provient de The Shift Project et est basée sur le modèle d’Andrae (avec mise à jour des chiffres disponibles et ajouts d’hypothèses). La quatrième étude, de l’agence allemande de l’énergie, compile entre autres les trois précédentes ; et la dernière est une étude provenant de The World Bank et de l’International Télécommunication Union (ITU) qui se base sur les publications des grandes entreprises du secteur.

Notons que les chiffres donnés ci-dessous sont pour des périmètres de l’ICT différents (les études ne prennent pas toutes en compte les mêmes équipements) et pour des années différentes.

Publication	Consommation électrique : Évaluations entre 2010 et 2021	Consommation électrique : Prévisions à 2025 - 2030
Malmudin et al. ¹⁷	Stable : environ 800 TWh entre 2010 et 2015 (soit 3,7% de la consommation mondiale ¹⁸ en 2015)	Cette étude ne fait pas de prévisions à long terme
Andrae ¹⁹	1607 TWh en 2020 (soit 6,7% de la consommation mondiale en 2020)	Scénario attendu : un taux de croissance annuel moyen de 4,9% entre 2020 et 2030.
The Shift Project ²⁰	1931 TWh en 2019 (soit 8,1% de la consommation mondiale en 2019).	Entre 2020 et 2025, le taux de croissance annuel moyen varie entre zéro (scénario : maîtrise de la consommation) et 9,8% (scénario : forte augmentation des usages).
Deutsche Energie-Agentur ²¹	~1400 à 1700 TWh en 2020 (soit de 6 à 7% de la consommation mondiale)	Scénario attendu : un taux de croissance annuel moyen de 6% entre 2020 et 2030.
The World Bank and ITU ²²	1196 TWh en 2021 (soit 4,7% de la consommation mondiale)	Cette étude ne fait pas de prévisions à long terme

Le tableau ci-avant indique clairement que, d'une part, la **consommation électrique liée au numérique n'est pas négligeable** et que, d'autre part, **sa tendance n'est pas à la baisse**. Cinq facteurs principaux peuvent générer une croissance de cette consommation: (1) la généralisation du smartphone à travers le monde; (2) le confort assisté (enceintes connectées, caméras de vidéo-surveillance personnelle) ; (3) l'essor de l'IoT et (4) de la vidéo (TV, écrans publicitaires, moniteurs de grande taille) ; et (5) les besoins de traitement et de transport de données non absorbés par le progrès technologique²³ (trafic de données mobiles, demande en capacités de calcul (i.e : l'IA) ; l'edge computing).

1.1.3. Les matériaux nécessaires à la fabrication

C'est un des autres paradoxes de la transition écologique et numérique : « Pour vivre propre, il faut des métaux sales »²⁴. En effet, pour produire les éoliennes, les véhicules électriques, les téléphones portables, ordinateurs et autres technologies numériques, ... une trentaine de matières premières dites critiques sont indispensables. Le qualificatif "critique" désigne un risque élevé de pénurie d'approvisionnement pour l'Union Européenne²⁵. Parmi ceux-ci, une catégorie particulière de métaux stratégiques sont devenus incontournables : les "terres rares", également surnommés "vitamines de l'ère moderne", car ils disposent de propriétés remarquables qui permettent des gains de performance importants pour les technologies. La demande de ces matériaux est sans cesse grandissante : on estime la croissance annuelle moyenne à +6% ; avec des chiffres bien supérieurs pour certains métaux rares (i.e. +2.500% pour le *néodyme* et +750% pour le *dysprosium*, tous deux nécessaires à fabriquer des aimants permanents pour booster les performances des véhicules électriques, de l'éolien en mer, des drones, de l'électronique ou encore de la robotique)

Outre les problématiques géostratégiques et économiques liées à ces ressources²⁶ (elles sont importées d'autres continents, principalement la Chine qui domine l'ensemble de la chaîne de valeur), il faut également souligner les lourds impacts environnementaux et sociaux liés à l'extraction de ces ressources ; ainsi que la grande quantité d'eau nécessaire au processus de raffinage.

Liste 2020 des matières premières critiques pour l'UE

Antimoine	Hafnium	Phosphore
Baryte	Terres rares lourdes	Scandium
Béryllium	Terres rares légères	Silicium métal
Bismuth	Indium	Tantale
Borate	Magnésium	Tungstène
Cobalt	Graphite naturel	Vanadium
Charbon à coke	Caoutchouc naturel	Bauxite
Spath fluor	Niobium	Lithium
Gallium	Platinoïdes	Titane
Germanium	Phosphate naturel	Strontium

D'un point de vue social, "les métaux critiques sont exploités à tout prix, parfois par des groupes armés, et le plus souvent au détriment des droits des êtres humains : 40.000 enfants travailleraient dans les mines du Sud du Congo selon un rapport de 2012 de l'Unicef ; 100.000 creuseurs travaillent dans les mines pour une bouchée de pain, selon une longue enquête du Washington Post. Peu équipés en matériel pour ce travail, ils s'exposent à d'importants risques (accidents mortels, maladies respiratoires, malformation des nourrissons, ...)." ²⁷

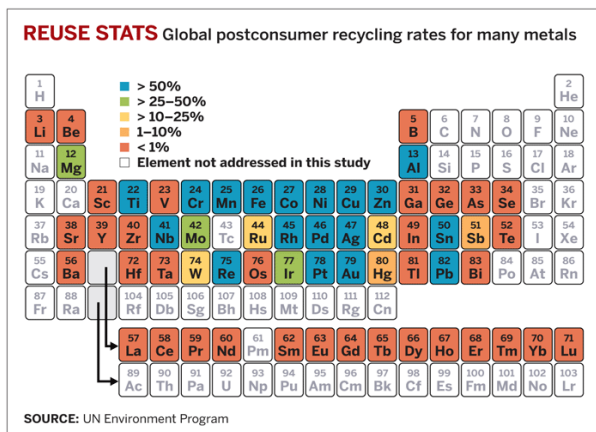
D'un point de vue environnemental, l'exploration et l'exploitation minière est polluante de par la production de zones d'accumulation de déchets, qui ont des conséquences néfastes sur les environnements. Mais ce sont surtout leurs propriétés chimiques qui rendent l'exploitation des métaux rares polluante : ces derniers ont la particularité d'être présents ensembles dans les gisements ; cela signifie qu'il faut les séparer pour les utiliser de manière isolée. L'extraction, le traitement et la séparation des terres rares sont très coûteux en énergie, en eau et en produits chimiques. Il faut extraire énormément de roches pour avoir une maigre quantité de terres rares en fin de processus (i.e. 50 tonnes de roche pour produire 1kg de Gallium²⁸, nécessaire aux semi-conducteurs et aux cellules photovoltaïques). Creuser de nouvelles mines de terres rares implique également la destruction des milieux naturels et de leur biodiversité. Creuser dans le sol et y déverser des produits chimiques entraîne la dégradation de la qualité de l'eau et des nappes phréatiques. Ces pollutions sont problématiques pour les ouvriers qui, parfois, ne disposent pas d'équipement adapté, et pour les habitants qui voient leur état de santé décliner²⁹.

1.1.4. Les déchets électroniques

Nous utilisons à ce jour environ 34 milliards d'appareils numériques. L'industrie des télécommunications prévoit que nous aurons 50 milliards d'objets connectés à l'IoT³⁰ d'ici quelques années. Ces appareils produisent de grandes quantités de Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques (DEEE).

Le dernier rapport de l'ONU³¹ en révèle que 53,6 millions de tonnes de DEEE ont été produites en 2019. Un chiffre record et en hausse de 21% en seulement cinq ans. Cette tendance inquiétante fait des déchets électroniques le flux de déchets ménagers qui connaît la croissance la plus rapide au monde.

Les déchets électroniques sont un réel danger pour la santé et l'environnement (pollution des sols, de l'air et des eaux), souligne également le rapport auquel ont également contribué le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).



Pour terminer, on peut souligner un très faible taux de recyclage de métaux rares ; dont à peine 1% pour le lithium et les terres rares³². La raison principale est d'ordre économique : le cours actuel de ces métaux n'est pas assez élevé pour rentabiliser les infrastructures nécessaires à la mise en place d'un recyclage industriel. Or l'emploi de ces métaux en quantités infimes complexifie leur recyclage et multiplie les traitements... donc les coûts³³.

1.1.5. L'empreinte du numérique en Europe et ailleurs

L'empreinte du numérique en Europe

On ne trouve pas de revue de littérature systématique des contributions scientifiques évaluant l'actuel impact du numérique en Europe. Les études existantes sont plus éparpillées, et se focalisent sur les émissions de GES et sur la consommation électrique induite par le numérique.

GreenIT.fr évalue les impacts environnementaux pour 1 an de services numériques en Europe³⁴. Les émissions de GES pour les services numériques sont évaluées à 4,2 % des émissions européennes. La consommation d'électricité pour les services numériques pendant la phase d'utilisation représente 9,3% de la consommation européenne d'électricité. Élément important, mis en évidence dans les travaux de GreenIT.fr, les différents lieux de l'impact : l'utilisation des ressources, minéraux et métaux ; l'utilisation des ressources fossiles ; le changement climatique ; les radiations ionisantes ; l'acidification ; l'émission de particules ; la formation d'ozone photochimique³⁵.

L'empreinte locale du numérique

En France, le Sénat estime que la consommation électrique pour les services numériques correspond à 10% de la consommation électrique française. L'empreinte carbone des services numériques en France équivaut à 2,5% de l'empreinte carbone de la France car l'électricité française est quatre fois moins carbonée que la moyenne européenne³⁶. S'y ajoutent 62,5 millions de tonnes de ressources pour produire et utiliser les équipements numériques (soit une masse de 932 kg par habitant), et 20 millions de tonnes de déchets³⁷ produits par an sur l'ensemble du cycle de vie (soit 299 kg par habitant).

En **Belgique**, CLIMACT estime que l'utilisation des solutions numériques représente environ 8% de la consommation électrique wallonne (soit plus de 90% de la production éolienne wallonne et plus que la consommation annuelle des trains belges). Cette estimation ne comprend pas le nombre de capteurs de l'Internet des Objets (IoT).

En **Suisse**, l'Université de Zurich a analysé 11 produits et services numériques dans leur impact sur la protection du climat³⁸. Les auteurs estiment que les « produits et services numériques génèrent plus d'émission (de CO₂) qu'ils n'en économisent ». En cause, des services toujours plus « rapides, pratiques, accessibles et toujours disponibles » qui induisent davantage de consommation de la part de l'utilisateur et – in fine – davantage de consommation électrique³⁹.

Projections futures locales de l'empreinte du numérique

On retrouve, au niveau des projections futures, une structuration similaire des chiffres telle qu'observée au niveau mondial. Un premier lot met en évidence la nécessité de prendre une série de mesures collectives au risque de voir l'empreinte du numérique prendre de l'ampleur dans les années à venir. Le Sénat **français** indique que l'empreinte du numérique pourrait augmenter de manière significative si rien n'est fait pour le limiter (+60 % d'ici 2040 soit 6,7% de l'empreinte carbone nationale). En **Belgique**, CLIMACT estime que « la consommation des équipements et infrastructures devrait connaître un taux de croissance annuelle important et particulièrement élevé à partir de 2025 » liée à la croissance de la consommation des réseaux et des centres de données. En outre, l'organisation prédit un triplement des émissions de GES d'ici 2030, mais suivant un profil plus linéaire que celui de la consommation d'électricité au regard de l'évolution attendue du mix énergétique belge.

Ces études côtoient d'autres types de contributions commanditées par les associations professionnelles de l'industrie numérique. Celles-ci soulignent les gains énergétiques et en CO₂ liés à l'introduction de technologies numériques. Au **Royaume-Uni**, le rapport *Tech for impact* publié par Deloitte, basé sur la méthodologie du GeSI, montre les gains d'efficacité générés par les innovations numériques et leur contribution dans la réduction des émissions de CO₂ du pays⁴⁰. En **Allemagne**, le rapport *Climate effects of digitization*, pose que le numérique est en mesure de contribuer, d'au moins pour moitié, à la réalisation des objectifs climatiques du pays⁴¹. En **Belgique**, le rapport *Digital4Climate* évoque une réduction de 10% des émissions de CO₂ totale de la Belgique en 2030⁴². En octobre 2022, le régulateur des télécoms publie *Sustainability of telecommunication networks and operators in Belgium* annonçant de manière axiomatique que « la transition numérique constitue l'un des principaux piliers de la transition écologique »⁴³. Enfin, aux **Etats-Unis**⁴⁴, le rapport du CTIA affirme que la technologie 5G à elle seule permettrait d'atteindre un cinquième des objectifs américains de réduction des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2025.

1.2. Se frayer un chemin dans l'existant

Les chiffres et études avancées dans la section précédente amènent une série de constats.

Un couplage que personne ne conteste - Le numérique impacte l'environnement à de multiples égards. S'il importe d'en préciser les contours, il faut tout d'abord reconnaître la formulation de cette problématique en tant que problème public pour l'opinion, le monde politique et les entreprises technologiques. Sa constitution en tant qu'enjeu collectif ne va pas de soi ; longtemps a-t-elle été considérée comme secondaire dans les débats sur le numérique. Les tendances observées au niveau mondial traduisent une interaction avérée du numérique avec l'environnement.

Une relation débattue – La Commission Européenne a adopté le vocable de *Twin transition* pour articuler l'impératif environnemental et les ambitions numériques. L'un et l'autre sont attendus de se renforcer mutuellement⁴⁵. Dans la communication *Façonner l'avenir numérique de l'Europe*, le numérique est présenté comme une solution visant à atteindre les ambitions climatiques : « L'adoption de solutions numériques et l'utilisation des données aideront à réussir la transition vers une économie neutre pour le climat, circulaire et plus résiliente »⁴⁶. Pour opérer cet équilibre, la Commission attend des acteurs économiques d'accepter leurs responsabilités sur le plan des standards écologiques⁴⁷. Elle reconnaît toutefois que ces deux transitions sont également susceptibles de s'influencer négativement : la consommation énergétique pourrait croître plus rapidement si les gains d'efficacité énergétique ne sont pas au rendez-vous, l'enjeu du traitement des déchets pourrait être beaucoup plus importante au vu de l'usage plus important du numérique, l'utilisation de matières premières et de matériaux rares pourrait aussi exploser sans compter les enjeux sociaux et éthiques posés dans les pays concernés⁴⁸. De son côté le GIEC mentionne, dans son dernier rapport technique⁴⁹ que « À l'heure actuelle, la compréhension des impacts directs et indirects de la numérisation sur la consommation d'énergie, les émissions de carbone et les possibilités d'atténuation est limitée. »

L'incertitude et l'absence de convergence sèment le doute - Si certains chiffres convergent sur le plan de l'actuelle consommation énergétique et des émissions carbone⁵⁰, les projections pour le futur divergent. Le chercheur Gauthier Roussilhe détaille les deux familles de projections relevées plus haut, l'une et l'autre s'opposant sur les impacts du numérique :

- D'une part, on trouve les rapports mettant en exergue l'efficacité énergétique permise par une accélération de la numérisation. Ces productions, émanant des industriels ou des représentants de leurs intérêts, pointent la complémentarité entre transition numérique et environnementale : « Certains estiment qu'accélérer la numérisation aura forcément un impact positif car cela augmenterait l'efficacité et l'optimisation des processus de production et de distribution – permettant une réduction de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. La question environnementale est alors intégrée en énonçant que, par défaut, le numérique peut réduire jusqu'à 20% des émissions de GES dans tous les autres secteurs ». Comme Roussilhe le met en évidence, la plupart des rapports promettant que la numérisation peut aider à la transition écologique influent sur les politiques du numérique en dépit du fait qu'ils surestiment l'efficacité du numérique et accusent de faiblesses majeures. L'auteur rappelle qu'il n'y a pas de « publication scientifique proposant une estimation globale des émissions évitées par la numérisation »⁵¹ ;
- D'autre part, on identifie les productions émanant de think tanks (the Shift Project, GreenIT) relevant les tensions entre l'élan numérique et l'agenda environnemental : ils estiment plutôt que l'urgence climatique implique une réduction de l'empreinte environnementale du numérique bien plus rapide. Dans cette optique, les taux de croissance annuelle estimés de son empreinte environnementale, et l'incertitude de ses impacts positifs, apparaissent comme un frein à la transition écologique. Dans la même lignée, la récente étude du réseau de recherche européen D4S, dirigé par L'Université Technique de Berlin, montre que « la numérisation, dans sa forme actuelle et dominante, aggrave plutôt qu'elle ne résout bon nombre des crises sociales et environnementales urgentes. »⁵²
- La rareté des évaluations de l'impact net du numérique sur l'environnement accentue encore cet effet de dualisation. Ainsi que le relève l'Agence wallonne du numérique : « Sur la question *Quelle est la balance de l'impact environnemental du numérique*, il est aujourd'hui encore difficile de se prononcer »⁵³. Confronté à la difficulté prédictive mais au vu des objectifs ambitieux adoptés par les Etats, un principe de précaution s'impose, poussant chaque secteur à réduire son empreinte, et tout particulièrement le secteur du numérique où aucune garantie solide ne permet aujourd'hui d'affirmer une réduction naturelle de cette tendance haussière.



Un regard expert, en bref

Quel est l'état des connaissances sur les interactions entre numérique et environnement ? Les publications qui se penchent sur cette question complexe divergent tant par leur qualité, leur méthodologie ou leur transparence. Certaines évaluent l'impact du numérique à l'échelle de la planète, alors que d'autres visent un territoire spécifique (ex. Europe, France, Wallonie). Les unes évaluent les enjeux environnementaux du numérique au sens large, tandis que d'autres se concentrent sur les émissions de GES ou la consommation électrique.

Malgré ces disparités, on peut y trouver des éléments de convergence :

- Les études montrent que le secteur numérique produisait entre 2% et 4% des **gaz à effet de serre** mondiaux (2018) : c'est l'équivalent de la flotte de camions sur la planète au même moment, et plus que l'aviation civile pourtant souvent pointée du doigt.
Les prévisions indiquent une augmentation rapide de ces émissions (de 4 à 6% par an).
- La **consommation électrique** du secteur lors de la phase d'usage du numérique, quant à elle, représente entre ~5 et 8 % de la consommation mondiale (entre 2019 et 2021).
Dit autrement, si « l'usage du numérique » était un pays, il serait le 3e plus gros consommateur d'électricité au monde, juste après la Chine et les USA.
Sans limitation des usages, une croissance significative de cette consommation est anticipée en raison de l'explosion du volume de données.

En marge des études scientifiques, une série de publications commanditées par les représentants du **secteur industriel** ne réfutent pas les tendances haussières précitées ; mais justifient cette augmentation des impacts directs par des gains plus importants de manière indirecte : des effets structurels dans d'autres secteurs permettraient même des économies d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre. Comme nous le détaillons dans notre analyse, ces études ne s'intéressent qu'aux effets indirects positifs, pas aux effets indirects négatifs ; elles sont donc biaisées.

Enfin, les rapports de grandes institutions (ONU, OMS, UE, etc.) permettent de mettre en lumière les pollutions environnementales (sol, air, eau) liées aux déchets électroniques ainsi qu'à l'extraction des matériaux nécessaires à la transition numérique et environnementale.

Ce premier regard amène trois constats :

- D'abord, celui de **l'impact direct négatif incontesté du numérique sur l'environnement**. L'extraction, la production, l'utilisation et la fin de vie des équipements physiques permettant les services digitaux ont un impact direct négatif considérable sur la planète. Il s'agit donc de reconnaître enfin le couple numérique-environnement comme un problème d'intérêt général ;
- Ensuite, force est de constater que **la relation numérique-environnement est une relation débattue** et que différents acteurs se mobilisent, chiffres et rapports à l'appui, pour appuyer la manière avec laquelle l'articulation entre les deux transitions doit s'établir ;
- Enfin, **les rapports contradictoires** (entre ceux produits par l'industrie poussant à une accélération de la numérisation, et ceux des think tanks invitant à sa réduction rapide) laissent planer de l'incertitude et **sèmement le doute** quant à l'impact global du numérique sur l'environnement.

Finalement, ce premier regard amène à conclure que les transitions numérique et écologique n'ont pas une tendance naturelle à se renforcer mutuellement. La jeunesse et la rareté des études existantes doivent mener à la prudence et à l'application du principe de précaution avant de conclure à la nécessité d'une numérisation à tous les étages.

2. Le regard politique

Comment organiser l'articulation des transitions numérique et environnementale ?
A la lumière de quel projet de société et de quels instruments penser cette articulation ?

En 2021, un groupe d'experts a été mandaté par le Gouvernement wallon pour évaluer l'impact environnemental, économique et sanitaire de la 5G. Qu'en est-il ressorti ? Des « experts déchirés »⁵⁴ et un rapport révélant « le choix impossible entre promesses économiques et urgence environnementale »⁵⁵. Le cas laisse présager la difficulté d'un choix explicite. Mais alors comment, dans l'action politique, articuler les transitions écologique et numérique ? Ce troisième regard envisage les options à disposition ainsi que les visions de société et les programmes d'action publique envisageables pour cette articulation.



2.1. Scénarios de transition

Dans un précédent rapport, AlterNumeris abordait la question du développement de la 5G au départ des imaginaires politiques⁵⁶. Notre rapport au numérique en général, et aux politiques du numérique en particulier, est nourri de manières de penser l'innovation et la place des technologies. Elles reposent sur des visions du monde, des représentations de la vie sociale et du sens de nos actions qui tapissent nos liens à la technique. Dans une démarche comparable quoique prospective, l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), organisme chargé d'accompagner l'Etat français dans la transition écologique et énergétique, envisage 4 scénarios d'articulation des transitions à l'horizon 2050. Ces scénarios envisagent des manières d'articuler numérique et environnement⁵⁷ et sont décrits ci-dessous. Le tableau de synthèse des 4 scénarios est disponible en Annexe 1.

S1 GÉNÉRATION FRUGALE

Des transformations importantes dans les façons de se déplacer, de se chauffer, de s'alimenter, d'acheter et d'utiliser des équipements permettent d'atteindre la neutralité carbone uniquement avec des puits naturels (forêts et sols), préservant ainsi les services écologiques associés.



Scénario 1 : Génération frugale - Sobriété radicale et transformation rapide des modes de vie

Ce premier scénario appelle à des mutations significatives des façons de se déplacer, de se chauffer, de s'alimenter, d'acheter et d'utiliser des équipements. Il implique la sanctuarisation de la nature, la réduction de la mobilité, la promotion de la mobilité douce, des indicateurs macro-économiques tournés vers les écarts de revenus et la qualité de vie plutôt que vers la croissance du PIB, la relocation de filières et la priorité accordée au commerce local, ou encore une production industrielle pilotée au départ des besoins fondamentaux. Elle appelle à une « modification drastique des modes de vie » conjointe à une dé-métropolisation en faveur des villes moyennes et rurales. La stratégie d'adaptation au changement climatique s'appuie sur une gouvernance

locale et une sobriété dans les comportements en termes de gestion des sols et de consommation de ressources. La décentralisation est maximale et l'Etat donne les objectifs, le choix des moyens revenant au local. Ce scénario entraîne la réduction par deux de la demande énergétique globale et une maîtrise des émissions de gaz à effet de serre⁵⁸.

Le rapport au numérique est guidé par la primauté de l'innovation sociale sur l'innovation technique, les low-tech et les mécanismes de réutilisation/réparation, la mutualisation, le numérique collaboratif et la recherche d'une stabilisation des flux pour permettre la stabilisation de la consommation des centres de données. La numérisation du monde doit être limitée, contrainte et exclusivement réservée aux usages répondant à des besoins fondamentaux ou garantissant un impact neutre sur l'environnement. Cette sobriété radicale dans les comportements se couple à la recherche d'efficacité énergétique pour réduire les émissions de GES.



S2 COOPÉRATIONS TERRITORIALES

Pour atteindre la neutralité carbone, la société mise sur une évolution progressive, mais à un rythme soutenu du système économique vers une voie durable alliant sobriété et efficacité.

Ce second scénario se veut moins radical, notamment dans son rapport à la sobriété. Il repose sur des plans de rénovation de logements, une attractivité des villes moyennes sur les grandes agglomérations, une mobilité maîtrisée par le développement de transports en commun, la relocalisation de l'économie dans les territoires pour réduire les transports de marchandises et la généralisation d'une logique de partage. Dans ce scénario, le lien entre sobriété et efficacité est plus progressif, plus négocié en ce qu'il vise la cohésion sociale et la coopération pragmatique pour aboutir. Il s'appuie sur une « gouvernance équilibrée entre le niveau national et régional » associant institutions publiques, secteur privé et société civile, et sur le génie écologique pour les programmes d'infrastructures et les politiques de la ville. C'est localement, à l'issue des relations entre toutes ces parties prenantes, que l'équilibre entre sobriété et efficacité est stabilisé. Il est attendu que la consommation énergétique diminue de moitié et que le bilan carbone soit négatif⁵⁹.

Si la sobriété numérique est de mise, la technologie sert à suivre les impacts environnementaux des transformations conduites. Elle se focalise sur la prévention des risques naturels et la production de solutions fondées sur l'ingénierie écologique⁶⁰, notamment dans la perspective de régénération des espaces naturels. L'open data est au cœur de la coopération et s'accompagne du développement de nouvelles formes de collaboration numériques sobres en énergie. La donnée n'est pas pensée comme un levier commercial mais comme un intrant en matière de prise de décision, par exemple en matière d'utilisation de l'eau, régi par des principes de frugalité.

S3 TECHNOLOGIES VERTES

C'est davantage le développement technologique qui permet de répondre aux défis environnementaux plutôt que les changements de comportements vers plus de sobriété.



Scénario 3 : Technologies vertes - Le développement technologique plutôt que les changements de comportements vers plus de sobriété.

Ce troisième scénario repose sur le développement technologique pour décarboner la société sans chercher à modifier fondamentalement les comportements individuels et collectifs. Il s'appuie sur la reconstruction des métropoles sur le modèle *smart city*, une mobilité accrue grâce aux infrastructures et à l'électrification, la concentration des transports sur les axes ferroviaires et fluviaux, et l'électrification des véhicules. La recherche est celle de l'efficacité par la prolifération des technologies d'optimisation. La stratégie vise le contrôle des risques climatiques par l'innovation technologique. La consommation énergétique finale est tirée à la hausse par rapport au scénario

précédent et le gain carbone est plus faible⁶¹. La production des outils numériques demande beaucoup d'énergie, de ressources et de matières premières⁶². La décarbonation de l'industrie s'opère via l'électrification, le recours à l'hydrogène et la « mobilisation maximale de la biomasse notamment forestière pour produire de l'énergie et récupérer le CO₂ pour le stocker en sous-sol »⁶³.

Le numérique est envisagé comme une technologie centrale ; en la matière, il ne s'agit pas de se centrer sur la réduction des impacts négatifs mais la création d'impacts positifs. Les systèmes automatisés et de traitement en temps réel des données structurent l'agriculture intensive. Les capteurs, algorithmes prédictifs et dispositifs d'intelligence artificielle régulent les villes, les industries, les infrastructures et les habitations. Les politiques économiques soutiennent l'accélération du développement de ces technologies, basées sur l'exploitation intensive de la donnée. Vu les effets rebond massifs, le scénario s'appuie sur des politiques de réglementation et de tarification pour contenir l'explosion des usages.



S4 PARI RÉPARATEUR

La société place sa confiance dans la capacité à gérer, voire à réparer les systèmes sociaux et écologiques avec plus de ressources matérielles et financières pour conserver un monde vivable. Les technologies de captage et stockage de CO₂, indispensables, sont incertaines et consommatrices d'électricité.

personnes vivant partiellement ou totalement dans des métavers. La globalisation s'accroît encore. Le pilotage des politiques de sécurité, l'approvisionnement en ressources stratégiques (énergie et eau) et la constitution de stocks pour répondre aux tensions d'approvisionnement deviennent des enjeux politiques majeurs. La demande énergétique est forte⁶⁴. L'industrie s'appuie sur une électrification massive, des politiques de recyclage intensives et des puits de carbone artificiels. L'utilisation de la biomasse est généralisée à des fins énergétiques, de même que les énergies renouvelables, le biogaz et le biocarburant. Face à l'insuffisance, il sera misé sur l'importation de gaz décarboné au départ de pays spécialisés dans cette production. La maîtrise des GES s'appuie sur le recours aux puits artificiels, au captage et au stockage géologique de l'utilisation de la biomasse mais aussi du CO₂ dans l'air ambiant. La raison pour laquelle ce scénario est apparenté à un pari est que ces technologies en sont à un stade expérimental.

Le numérique doit permettre de maintenir les modes de vie et de répondre aux enjeux écologiques locaux (pollution, bruit, biodiversité...). La nature est remplacée par des alternatives technologiques : « Les objets techniques produits sont caractérisés par leur autonomie, s'auto-régulant et fonctionnant comme de véritables organismes, à l'instar des abeilles-robots développées pour la pollinisation des cultures. À défaut de sauvegarder la nature, on la recrée ». L'intelligence artificielle vise à anticiper et à se montrer résilient. Des systèmes d'alerte sont implantés. La nature doit être contrôlée, l'aversion aux risques est particulièrement importante et, en cas de menace, les tensions doivent être maîtrisées.

Scénario 4 : Pari réparateur - Le maintien des modes de vie et l'hyper-développement de technologies intensives et réparatrices.

Ce dernier scénario maintient en l'état les modes de vie et la consommation de masse. Il repose sur le développement massif des technologies de captage et de stockage du carbone, et une exploitation maximale des ressources naturelles. Le bâti fait l'objet d'un usage généralisé de la domotique sans aucun effort de rénovation, les distances parcourues augmentent, les automobiles sont connectées, les villes sont optimisées par le numérique par souci de confort et de sécurité. La nature (sous-sols, mer, hauteurs, territoires reculés, ...) est colonisée par la technique pour en tirer plein potentiel (« La nature (...) est technicisée et dominée grâce au biomimétisme : façades complètement végétalisées, arrosage pilotable, mesures constantes de paramètres météorologiques et climatiques pour optimiser les rendements de l'agriculture urbaine »). La réalité tangible devient virtuelle ou augmentée, avec des

2.2. Articuler les transitions

L'examen de ces scénarios, au-delà de la projection et du débat qu'ils permettent, ouvre deux lignes de discussion additionnelles : d'une part, l'état des discussions entre efficacité et sobriété, et, d'autre part, les programmes d'action publique permettant leur déploiement dans le concret.

2.2.1. Les pôles de l'efficacité et de la sobriété

L'articulation entre transition numérique et environnementale s'échafaude sur des équilibres distincts dont le paramétrage s'ancre dans le duo sobriété et efficacité. Les deux premiers scénarios accrochent la problématique à partir du prisme de la sobriété ; les deux seconds reposent sur l'idéal de progrès technique ancré dans l'optimisation et l'efficacité. L'ADEME observe aussi que les scénarios 1 et 4 sont des scénarios limites dont l'adoption apparaît difficile voir lointaine⁶⁵.



L'efficacité appelle à faire autant (voire plus) de numérique mais avec moins d'énergie. Elle repose sur l'idée que l'innovation technologique est en mesure de générer des gains énergétiques et de réduire l'impact environnemental du numérique.



La sobriété appelle à faire moins de numérique pour diminuer l'impact environnemental. C'est par des changements de comportement et d'organisation qu'elle procède. « La sobriété numérique, c'est passer d'un numérique instinctif voire compulsif à un numérique piloté, qui sait choisir ses directions : au vu des opportunités, mais également au vu des risques »⁶⁶. Elle passe par une posture nette à l'égard du « *Digital4Futile* », tel que décrit par David Bol, professeur à l'UCLouvain, bâti sur la création de besoins artificiels, de technologies polluantes ou de l'obsolescence programmée dont l'impact environnemental négatif est avéré. « La question de 'l'utilité' d'un apport est bien entendu une question subjective, mais qu'il est nécessaire de poser collectivement et de manière explicite, malgré sa complexité, si l'on veut assurer la résilience du système numérique »⁶⁷.

Si la sobriété évoque la diminution du recours au numérique, elle appelle aussi à « un processus social et politique de coordination, de négociation, qui vise à instituer un partage équitable des efforts de réduction de consommation de l'énergie »⁶⁸. En tant que catégorie politique, elle se détache des approches liant la sobriété numérique à la responsabilité individuelle. L'exemple de la limite personnelle à la consommation de données est illustratif : les abonnements s'ouvrent à l'illimité mais les messages à destination des utilisateurs vont dans le sens d'une auto-limitation des usages. Ici entendue, la sobriété appelle à une réflexion au niveau des politiques publiques. « Alors que les approches privilégiant l'efficacité et les renouvelables tendent à techniciser et à dépolitiser les enjeux énergétiques, l'institutionnalisation de la sobriété (...) permettrait de redynamiser les débats démocratiques sur la transition énergétique (...) »⁶⁹. Souvent associée à des idéalizations positives (sobriété heureuse et ascétisme joyeux) et négatives (âge de pierre et régression matérielle), la sobriété agite des questions de justice sociale, secoue les modèles économiques basés sur la croissance, interroge sur la base éthique de la répartition des efforts⁷⁰.

Sobriété et efficacité constituent ainsi deux pôles du débat. Les projets de société - qui trouvent un ancrage concret dans les scénarios de l'ADEME - articulent différemment ces deux traceurs.

2.2.2. Les programmes d'action publique

Si les futurs possibles sont multiples, ils n'en sont pas pour autant flottants ou abstraits ; ils sont appelés à être déployés au concret. Les instruments permettant de mettre ces scénarios en œuvre sont divers⁷¹ : information, incitation, promotion, investissement, régulation, interdiction, sanction, ... Ils peuvent être rangés dans de nombreuses catégories selon qu'ils se concentrent sur des mécanismes de marché, des interventions directes de l'Etat, la prise en charge par la société civile, etc. Dans les faits, les politiques du numérique, explicitées ou non, s'appuient sur différents leviers d'action.

Programme techno-capitaliste : le primat de l'efficacité

L'intervention publique se centre sur le soutien et la promotion du numérique en tant que levier attendu de croissance économique. L'articulation avec la transition environnementale est externalisée à d'autres acteurs spécialisés ou à la responsabilité individuelle du consommateur. La question environnementale est dissociée de la stratégie numérique d'un État ou d'un territoire : transitions numérique et écologiques courent en parallèle. Le rapprochement s'effectue par un soutien spécifique aux innovations numériques visant un impact environnemental positif, ou une contribution à des programmes connexes (tel que le développement durable ou l'économie circulaire). C'est donc dans le pari de l'efficacité que réside l'articulation entre les transitions.

L'action publique s'appuie sur les leviers suivants :

- Garantir l'auto-régulation du secteur numérique dans l'adoption de normes de durabilité ;
- Garantir le bon fonctionnement et la compétitivité du marché du numérique ;
- Soutenir l'innovation numérique, le développement de l'écosystème numérique et de start-ups, à fortiori dans le cadre d'innovation promouvant la réduction de l'impact environnemental ;
- Assurer l'investissement public dans les infrastructures de connectivité ;
- Faire reposer les choix technologiques sur les « réponses du marché » ;
- Former les travailleurs et les citoyens aux compétences numériques ;
- Appuyer les politiques de numérisation des services publics ;
- Protéger contre les risques concomitants à l'usage du numérique (ex : cybersécurité, ...) ;
- (...)

En Wallonie, la stratégie numérique s'articule en 5 thématiques : (1) Territoire numérique (connecté au haut débit, permettant un accès illimité aux usages numériques, catalysant le développement industriel et économique), (2) Secteur numérique (secteur fort, recherche de pointe); (3) Relance économique (augmentation forte de l'intensité numérique des entreprises); (4) Services publics; (5) Education (acquisition de compétences et développement des usages). Le plan s'appuie sur quatre indicateurs socio-économiques : le PIB du secteur du numérique, le PIB industriel, la balance commerciale du secteur du numérique, et le niveau de maîtrise des technologies et usages numériques. La question de l'environnement se loge dans le sous-programme *Digital Wallonia 4 Circular* visant à "soutenir les solutions numériques en faveur de la transition durable et liées au développement d'un secteur du numérique plus vert au niveau de l'économie wallonne".

Programme social-démocrate : la négociation entre efficacité et sobriété

Ce programme relève d'une autre posture dans le chef des Etats. Fin 2021, le Sénat français concrétise la possibilité d'un recours à d'autres leviers d'action publique⁷². L'efficacité est contrebalancée par un penchant pour la sobriété caractérisé par la réduction, la substitution et la recherche d'une plus grande longévité dans l'usage de dispositifs numériques. Cette famille aspire donc à modifier les techniques pour les rendre plus éco-compatibles et à aménager les rapports producteurs et consommateurs. Dans leur essai sur le sujet⁷³, J.Laïnae et N.Alep parlent d'alternumerisme pour désigner ce programme alliant développement numérique, croissance verte, innovation et rentabilité. Dans ce programme (porté par des acteurs tels que le Shift Project ou Green IT), l'Etat se dote d'outils pour monitorer l'articulation des transitions, inscrire la sobriété comme un axe d'action, réguler la pratique du numérique sur le plan de la production et de la consommation, contraindre les acteurs à l'adoption de comportements sur le plan de l'utilisation des données, taxer les pratiques ...

L'action publique s'appuie sur les leviers suivants :

- Disposer d'outils de mesure et de données utiles au pilotage du scénario ambitionné⁷⁴ ;
- Disposer de méthodes communes d'évaluation de l'empreinte environnementale du numérique et créer un observatoire des impacts environnementaux du numérique ;
- Inscrire la sobriété numérique comme thème de formation à l'école et dans la diplomation des ingénieurs en électronique et informatique⁷⁵ ;
- Investir dans les innovations numériques qui recèlent un potentiel de gain environnemental et désinvestir celles qui n'en ont structurellement pas la capacité ;
- Allonger la vie des équipements par l'extension des garanties constructeurs et l'obligation de réparabilité des équipements, (...) ouvrir des guides de réparation et d'accès aux pièces de rechange sans surcoût, introduire une taxe carbone ciblée sur les équipements numériques grand public neuf⁷⁶ ;
- Renforcer la lutte contre l'obsolescence programmée par la sanction et augmenter la durée de garantie légale de conformité pour les équipements numériques ;
- Réduire la TVA sur la réparation de terminaux et les objets électroniques reconditionnés ;
- Soutenir l'innovation mixte low-tech et high-tech;
- Évaluer la pertinence de certificats de sobriété numérique comme instruments de régulation⁷⁷ ;
- Limiter le déploiement de l'IA aux projets dont le gain environnemental global est prouvé, en favorisant la complémentarité et non l'empilement des réseaux (4G et 5G, par exemple)⁷⁸ ;
- Interdire les forfaits mobiles avec un accès aux données illimitées et obliger la tarification au moins pour partie proportionnelle au volume de données fixé par le forfait ;
- Obliger les services de médias audiovisuels à la demande d'adapter la qualité de la vidéo téléchargée à la résolution maximale du terminal et interdire la pratique du défilement infini des services de communication au public en ligne ;
- Réguler les dispositifs captant l'attention des utilisateurs ;
- Faire souscrire les centres de données à des engagements contraignants de réduction de leurs impacts environnementaux et conditionner l'avantage fiscal des centres de données à des critères de performance environnementale ;
- (...)

Ce type de programme se retrouve par exemple dans les chemins de transition proposés par Québec Circulaire, le Pôle québécois de concertation visant à accélérer la transition vers l'économie circulaire au Québec⁷⁹. Ce plan repose sur trois ambitions à atteindre à l'horizon 2040 : (1) la sobriété énergétique et matérielle s'est imposée pour la conception, la fabrication et l'usage du numérique ; (2) la priorisation collective des usages du numérique permet d'en assurer une juste répartition ; (3) l'innovation et les modes de financement du numérique respectent les limites planétaires, et offrent des outils accessibles au service de la transition. Cette stratégie propose de mobiliser divers moyens d'actions: mécanismes de choix collectifs pour arbitrer les usages numériques, redirection de l'investissement, mise en place d'instruments incitatifs et coercitifs pour l'adoption d'outils permettant de quantifier l'empreinte du numérique, encadrement de l'obsolescence, adoption de pratiques qui contribuent à l'allongement de la durée de vie des appareils, détournement des innovations non compatibles avec la transition (ex. : économie de l'attention), ...

Programme de décroissance numérique : la sobriété radicale

Une troisième famille d'instruments se concentre sur « la qualité du milieu de vie et tente de modifier notre relation au technique, (...) notre mode de consommation et de production »⁸⁰. Davantage qu'un équilibre négocié entre efficacité et sobriété, c'est une transformation profonde des comportements économiques et politiques qui est recherchée dans le sens d'un dépassement du programme capitaliste d'exploitation de la donnée et de son rapport à la croissance économique. Le scénario de "sobriété radicale" s'inscrit dans un programme de décroissance numérique défini par Caccamo autour des principes suivants⁸¹ :

- Diminution collective des équipements et de la masse des données par la remise en cause de nos besoins en termes de technologies numériques ;

- Application d'un principe de durabilité visant à ce que les technologies jugées nécessaires soient "minimales, peu complexes, réparables, conviviales et économes en ressources". Ce type de programme peut également se revendiquer du recours aux *small, low* et *slow tech* ;
- Application d'un principe d'autoproduction visant à se détacher des modèles hégémoniques du numérique pour l'inscrire dans des circuits courts et un dispositif de production relocalisé. L'accent est placé sur la décentralisation et sur l'expérimentation basée sur les besoins : « l'innovation distribuée est observée dans des situations où des acteurs hétérogènes ont des compétences et des savoirs complémentaires, forment des réseaux ou des communautés créatives, coopèrent de façon assez informelle et co-produisent les objets techniques et leurs usages » (Joly et al., 2015) ;
- Application d'un principe de mise en commun de la valeur produite par le numérique par la mise en place des communs numériques.

Comme le suggèrent Lainaë et Alep, cette troisième vision s'ancre dans une critique du numérique qui dépasse de loin sa dimension environnementale et qui pose que la régulation ou l'alternative numérique est impossible. Articuler les transitions implique de contenir, de limiter et de faire reculer le numérique. Autrement dit, atteindre les ambitions environnementales ne peut être atteint qu'en restreignant la place du numérique dans nos existences. Il est considéré qu'un programme social-démocrate est naïf dans ses espoirs de régulation (normes, indicateurs de suivi, comités éthiques, contrôles publics, ...) qui, au-delà de son inefficacité, a vocation à alimenter une bureaucratie lourde pour tous les acteurs en présence. Pour Alep, c'est d'une rupture politique, productive et culturelle dont il est question ; une désescalade numérique ne repose pas simplement sur la diminution du recours au numérique, mais aussi sur une organisation différente de la société pour pouvoir s'en passer⁸². Cela implique non seulement le remplacement du numérique par une véritable alternative, de même qu'un vaste mouvement d'éducation populaire permettant de soumettre chaque choix technique à une véritable réflexion politique.



Un regard politique, en bref

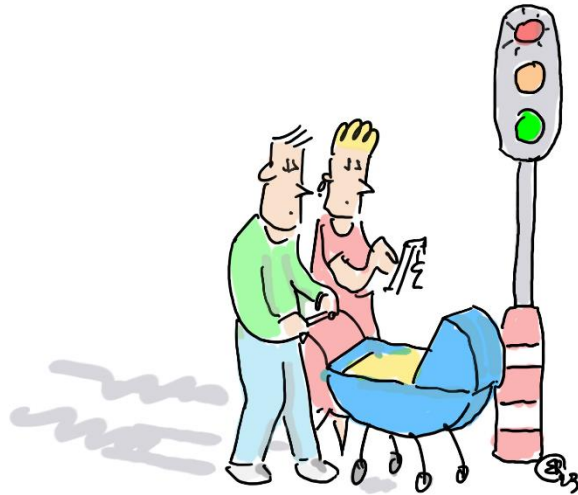
A la question "Comment articuler les transitions numérique et environnementale ?", différents scénarios émergent. Chaque scénario est porteur d'un certain 'mode de vie' en ce qu'il recouvre des habitudes de mobilité, de production, de consommation, d'habitation, de rapport au temps et à l'autre, ainsi qu'à l'implication dans la vie de la cité. Le numérique ne fait pas exception : sa place et son rôle, sa diffusion et ses modalités de contrôle, son lien à l'innovation et ses usages sont distincts en fonction des scénarios. Penser l'articulation des transitions amènent plusieurs constats :

- **Une politique du numérique est indissociable de son versant environnemental.**
Trop souvent, la transition numérique est évoquée de façon isolée, sectorielle, liée à un usage particulier, découplée de la transition environnementale. Le geste opéré par les scénarios met fin à cette dissociation. Il pose le numérique dans des visions d'avenir permettant de clarifier les postures et d'éclairer les conséquences - explicites ou non - de la numérisation des sociétés.
- **Une politique du numérique s'articule autour des catégories de sobriété et d'efficacité.**
Les scénarios - et les imaginaires politiques qu'ils incarnent - sont traversés par des dosages et des articulations de ces deux pôles que sont la sobriété et l'efficacité. Il revient de reconnaître la nécessité d'une mise à l'échelle collective de ces deux dimensions.
- **Une politique du numérique s'appuie sur un programme d'action publique.**
Les programmes d'action publique sur lesquels reposent les politiques du numérique doivent être identifiés : les programmes techno-capitalisme, social-démocrate et de sobriété radicale.

3. Le regard citoyen

Comment approcher les informations produites ? Comment se saisir d'un rapport produit sur le sujet et lancé dans l'espace public ? Quel est le statut et la force de ce qui est produit ?

Il n'est pas rare que, lors d'un nouveau rapport ou d'une nouvelle évaluation, des chiffres se diffusent dans la presse. Exemples récents : « Le numérique pourrait réduire les émissions belges de CO₂ de 10%, selon Agoria ⁸³, « Au moins 10% de baisse des émissions CO₂ en 2030 grâce au digital, selon une étude d'Agoria » ⁸⁴



Comment se positionner, en tant que citoyen, à l'égard de ces informations souvent condensées ? Si le premier regard posé par ce rapport envisageait l'essentiel des connaissances produites en matière d'évaluation de l'impact environnemental, ce troisième regard offre une plongée dans la mécanique de ces évaluations. Pour illustrer le propos, le rapport *Digital4Climate*, publié par la fédération des entreprises technologiques belges en 2022, est ici mobilisé en tant qu'étude de cas.

3.1. L'impact du numérique sur l'environnement : une grille de lecture

La grille de lecture proposée s'articule autour de quelques questions-clés qui permettent au lecteur de positionner l'évaluation produite et d'approcher, de manière structurée, les résultats présentés. Si, souvent, le temps fait défaut pour apprécier l'actualité, ces repères permettent d'adopter une posture critique et consciente des enjeux sur les relations entre numérique et environnement.



Quel processus de production ?

Suis-je face à de la littérature scientifique ou de la littérature grise ?



Quel périmètre ?

Comment cadre-t-on les notions abordées dans la question de recherche ?

En l'occurrence, ici : les notions de numérique, d'environnement et d'impact ?



Quelle transparence et pertinence méthodologique ?

Que ce soit à propos des modèles et bases de données utilisés, des hypothèses de travail formulées et des limitations du travail dans son ensemble.



Quelles conclusions et recommandations ?

Les conclusions reflètent-elles fidèlement l'ensemble du travail ?

Les recommandations sont-elles en lien direct avec les conclusions ?



3.1.1. Quel processus de production de l'évaluation ?

Littérature scientifique ou littérature grise – Bien que souvent amalgamées, différents types de contributions coexistent.

La *littérature grise* désigne les documents produits par l'administration, l'industrie, l'enseignement supérieur et la recherche, les services, les ONG, les associations, etc., qui n'entrent pas dans les circuits habituels d'édition et de distribution⁸⁵. Il est possible de distinguer cette littérature d'une production qui a fait l'objet d'une relecture par des pairs scientifiques ou d'un processus de révision mené en comité scientifique. Cette relecture par des pairs – souvent longue et donnant lieu à nombre d'échanges et de relectures – adresse les éléments suivants : «

- La question scientifique et les hypothèses qui sont faites sont-elles claires et bien posées ?
- La méthode utilisée est-elle appropriée pour répondre à la question posée ?
- Les analyses des données sont-elles appropriées ?
- Les conclusions tirées sont-elles conformes aux résultats obtenus ?
- L'article (...) est-il suffisamment clair et détaillé pour permettre à d'autres chercheurs de reproduire ces travaux ?
- Les résultats représentent-ils une avancée de la connaissance suffisamment importante pour mériter publication dans cette revue ? Ou est-ce une avancée mineure, incrémentale, de la connaissance, bonne à publier mais dans une revue à diffusion plus restreinte/spécialisée ? »⁸⁶

Au-delà des intérêts associés à une publication, le format de publication doit d'abord être questionné. Une publication dans une revue scientifique pose des garanties complémentaires quant à la solidité du dispositif de recherche mis en place et à la fiabilité de l'évaluation produite. Est-ce à dire que toute autre production n'est pas pour autant fiable ou valide ? Pas nécessairement. Mais elle n'emporte pas avec elle ces garanties supplémentaires offertes par le filtre de la publication scientifique et la révision par les pairs.



3.1.2. Quel périmètre pour l'étude?

Si la question de l'impact des technologies numériques sur l'environnement doit être posée, l'analyse appelle à un large spectre. En effet, de façon générale, sans **vision holistique** d'une problématique systémique complexe, les solutions directes envisagées pourraient juste déplacer les problèmes ailleurs (concept de **transfert d'impact**), voire les empirer. Le périmètre est donc essentiel !

Exemple du quotidien

De plus en plus d'aéroports se targuent d'être "neutre en CO₂". Comment est-ce possible ? Au-delà des organisations qui ne communiquent aucun chiffre clair afin d'étayer ce genre de propos ou de celles qui parient sur des technologies qui n'existent pas encore, les aéroports fournissant des données plus détaillées ont trouvé une astuce assez simple : exclure de leur périmètre d'étude les émissions du trafic aérien !⁸⁷

Dans le cas particulier d'une étude, la question de recherche peut nous aider à y voir plus clair.

Quelle question de recherche ? – Poser une question permet de cadrer un enjeu. Sa formulation n'est donc pas neutre. Pour répondre à la question "Quel est l'impact du numérique sur l'environnement ?", les trois notions fondamentales à cadrer sont le *numérique*, l'*environnement* et l'*impact*.

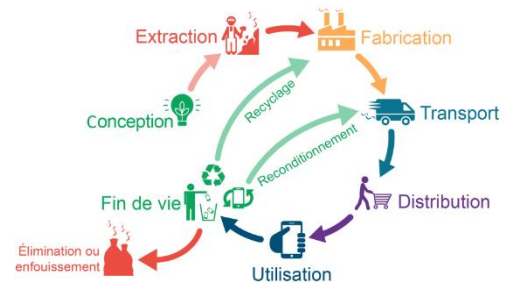
3.1.2.1 Quel périmètre pour le numérique ?

Quels équipements ? – Pour qu’une évaluation d’impact soit assez exhaustive que pour être valorisée, elle doit pouvoir reposer sur un examen des trois types d’équipement produits au risque de mettre de côté un pan important de l’empreinte considérée. Ainsi, il convient de s’intéresser :

- Aux centres de données;
- Aux réseaux de transmission de ces mêmes données ;
- Aux terminaux se trouvant dans les mains et dans les habitations des utilisateurs.

L’évaluation doit pouvoir être la plus explicite possible dans l’étendue du périmètre couvert et préciser les pans d’équipement non-pris en considération. Ce critère peut induire des variations importantes.

Quelles phases du cycle de vie ? – Par extension au point précédent, l’empreinte environnementale directe du numérique se marque dans les trois phases du cycle de vie de ces équipements : (1) l’extraction des matières premières nécessaires, la fabrication et la distribution des équipements, (2) l’utilisation des équipements et (3) la fin de vie des équipements. Aussi, pour qui a l’ambition d’évaluer un impact environnemental, il importe de considérer ces trois phases sans quoi une part importante des effets pourrait être négligée.



Ainsi que le constatent Pirson et Bol, les recherches porteuses de l’ambition d’un examen complet du cycle de vie sont encore rares en dépit du fait que des méthodologies générales existent. Très peu d’analyses du cycle de vie existent par exemple pour examiner les impacts de l’IoT. De même, ces évaluations sont difficilement comparables entre elles dans la mesure où, de l’une à l’autre, les périmètres d’équipements et les bases de données diffèrent, dans un contexte technologique où l’arrivée de nouveaux dispositifs est particulièrement rapide⁸⁸.

Exemple du quotidien

On voit de plus en plus de publicités mentionnant des véhicules électriques ou hydrogène comme « zéro émission ». Outre le fait que le vecteur énergétique utilisé provient probablement de sources carbonées, on comprend qu’on ne parle ici que de la phase d’utilisation du véhicule (pas de rejet de GES directs pendant l’usage) en omettant les autres phases du cycle de vie du véhicule (fabrication et fin de vie) qui, eux, émettent assurément des GES.



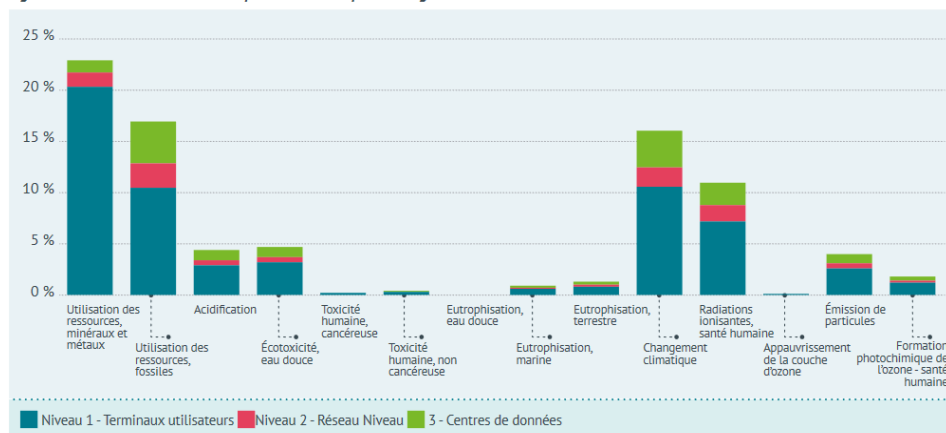
3.1.2.2 Quel périmètre pour l'environnement ?

La notion d'environnement est très large. Dans sa recommandation méthodologique de 2013 visant à pouvoir mesurer et indiquer la performance environnementale des produits et organisations, L'Union Européenne a défini **14 catégories d'impact environnementaux ainsi que leurs indicateurs associés**⁸⁹. On y retrouve notamment l'épuisement des ressources abiotiques, l'acidification, l'écotoxicité des eaux douces, les radiations ionisantes ou encore le changement climatique. Tous ces indicateurs sont importants, dans la mesure où la plupart d'entre eux permettent d'évaluer si l'humanité franchit ou non les **limites planétaires**⁹⁰.

Or, la plupart des rapports et études traitant de l'impact du numérique ne prennent en compte qu'un volet bien défini de l'environnement : les émissions de gaz à effets de serre et, avec lui, la question du climat. Or, si on adresse la question de l'impact du numérique sur l'environnement, ce n'est là qu'un angle fort limité. En effet, le numérique est de nature à porter un effet sur nombre d'autres composantes. Rares sont pourtant les études qui les prennent en considération, souvent du fait de la complexité de la démarche d'évaluation. Ce biais d'attention peut entraîner un « effet tunnel » qui se matérialise par une focalisation unique sur les émissions carbone en négligeant d'autres pans pourtant impactés au premier chef par le numérique.

Pour la première fois, GreenIT.fr évalue en 2021 l'impact environnemental du numérique en Europe via une analyse multicritère du cycle de vie⁹¹. Cette analyse est conforme aux normes ISO 14040:2006 et ISO 14044:2006, avec une normalisation permettant la comparaison avec les limites planétaires. Les critères sont composés de 8 indicateurs environnementaux les plus significatifs (tirés des recommandations européennes mentionnées ci-dessus), ainsi que 4 indicateurs de flux (flux de matières, de déchets, d'énergie primaire et d'énergie finale liés aux services numériques). Cela permet de mettre en évidence que l'impact premier de l'ICT sur l'environnement passe d'abord par l'usage des ressources (métaux et minerais) et que **le changement climatique ne peut être efficacement atténué sans adresser en même temps les autres problématiques environnementales liées à une activité telle que l'ICT**⁹².

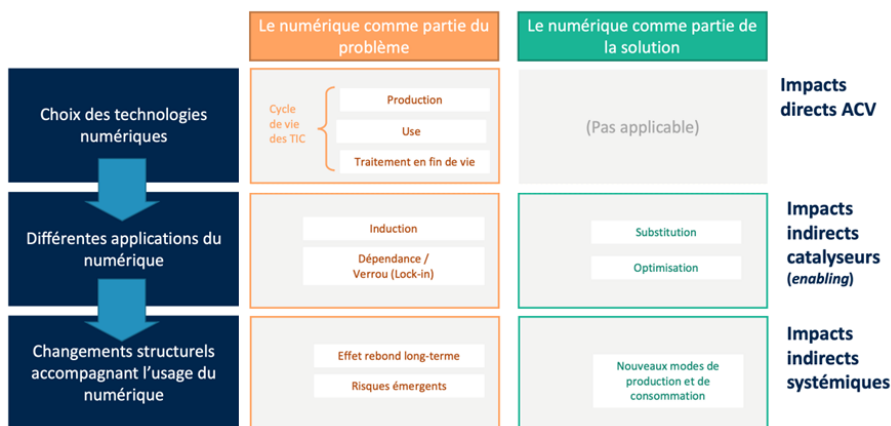
Figure 1 - Distribution normalisée et pondérée de l'impact le long des 3 niveaux



Ce dernier élément rappelle à quel point, en dépit de la sensation d'immatérialité qu'il laisse planer, le numérique repose sur des équipements, des infrastructures et des chaînes de production qui sont bel et bien réels et on-ne-peut plus matériel. Au-delà des terminaux qui tiennent au creux de la main, ce sont des centres de données, des serveurs, des câbles, des réseaux d'antennes, bref, une structure matérielle maillée et complexe dont la fabrication, le fonctionnement et la fin de vie ne se limitent pas à des effets en termes d'émissions de CO₂. Les conséquences sont également réelles sur la consommation d'eau et de ressources non-renouvelables, la pollution des sols, de l'air et de l'eau avec des conséquences pour l'agriculture et pour la santé des populations vivant autour des sites d'extraction et des décharges peu réglementées.

3.1.2.3 Quel périmètre pour l'impact ?

Une évaluation de l'impact environnemental doit pouvoir intégrer la diversité des effets engendrés par le numérique sur l'environnement. Le modèle d'Hilty⁹³, modèle reconnu et validé, notamment mobilisé par l'Agence wallonne du Numérique⁹⁴, pointe la nécessité de considérer, dans la balance entre l'ICT comme problème ou solution du point de vue environnemental, les différents niveaux d'impact des choix technologiques posés.



Les effets directs sont-ils pris en compte ? - Les effets directs concernent les impacts générés par une technologie aux différents stades de son cycle de vie (production, usage, fin de vie), pris indépendamment des effets indirects de l'utilisation de cette technologie. En la matière, le coût environnemental et énergétique, même si on peut s'atteler à chercher des manières de le réduire, est toujours net.

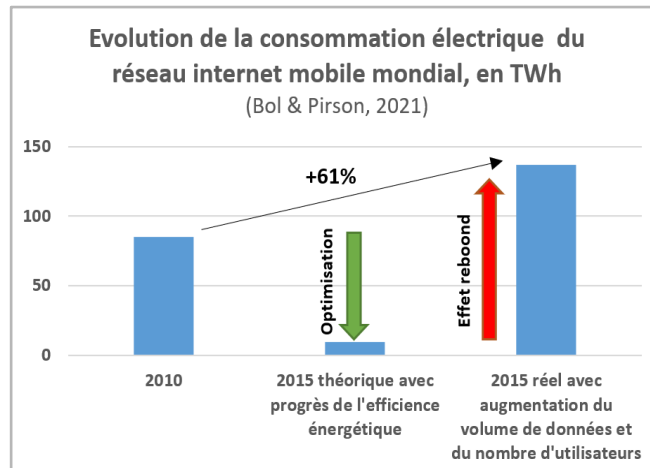
Les effets indirects sont-ils pris en compte ? – Les effets indirects concernent les conséquences de l'utilisation des technologies. D'une part, ces technologies peuvent réduire le bilan environnemental par des effets d'optimisation, des gains d'efficacité énergétique ou des effets de remplacement d'une technologie consommatrice par une alternative plus économe. C'est principalement la démonstration faite par les promoteurs du message *IT4Green* qui, au départ d'un scénario posant l'expansion de l'usage d'une technologie numérique, mettent en évidence la réduction de la consommation électrique et, avec elle, de l'impact carbone. D'autre part, ces technologies peuvent également aggraver la situation sur le plan environnemental dans la mesure où elles induisent plus de consommation, de trafic ou de nouveaux usages, et génèrent des problèmes d'obsolescence de l'existant dans la mesure où leur utilisation nécessite le remplacement d'une quantité d'équipements actifs.

Les effets structurels sont-ils pris en compte ? – Enfin, au troisième rang des effets, on retrouve une dualité semblable. D'un côté, le numérique est présenté comme une solution s'il est en mesure, du point de vue de l'exploitation des ressources, d'être découplé de sa croissance. De l'autre, il est susceptible d'engendrer des effets inattendus allant à rebours des impacts escomptés. Ce dernier point relève de ce qu'on nomme l'effet rebond qui relève de diverses variantes⁹⁵ :

- « Les effets rebond directs apparaissent (...) lorsqu'une plus grande quantité de la même ressource est consommée suite à une amélioration de la productivité avec laquelle est fabriquée cette ressource ». L'exemple est celui de la miniaturisation des processeurs ; ceux-ci étant de plus en plus petits, ils requièrent de moins en moins de matériau à la fabrication. En conséquence, la baisse de leur prix fait augmenter drastiquement la demande. La consommation explose et l'obsolescence de l'existant s'accélère ;
- Les effets rebond indirects « apparaissent lorsqu'une production plus efficace d'une ressource entraîne une diminution des prix des biens et services qui l'utilisent, ce qui induit une augmentation de leurs ventes et donc la consommation d'autres ressources »⁹⁶. L'exemple est ici celui du télétravail où la diminution des déplacements professionnels, dont on s'attend pourtant à ce qu'ils réduisent au global les émissions de GES, sont remplacés et même dépassés par des déplacements personnels⁹⁷. De la même manière, en comparaison à des enseignements en présentiel et en « papier », l'*e-learning* peut générer des effets inattendus, par exemple, en termes de consommation électrique et de chauffage, et ainsi engendrer un impact environnemental plus important⁹⁸ ;

- Enfin, les effets rebond structurels, touchant l'ensemble de l'économie, « apparaissent lorsque la baisse des coûts d'une ressource clé induit une réduction des prix des biens intermédiaires et finaux dans toute l'économie, provoquant des changements structurels dans les modes de production et de consommation »⁹⁹. Par exemple, l'utilisation de sources d'énergie plus verte comme les panneaux photovoltaïques induit une augmentation mondiale de consommation d'électricité d'environ 30%¹⁰⁰.

“L'effet rebond et les consommations induites, c'est un peu l'éléphant dans la salle. Tout le monde sait que ça existe mais c'est plus confortable de garder cela dans un coin de la tête avec l'espoir que les effets positifs effacent complètement les effets négatifs.”¹⁰¹, commente Nicolas van Zeebroeck, professeur en Économie et de stratégie numérique (Solvay Brussels School)



Dans cette balance complexe qui régit l'adoption de technologies numériques, **il importe de disposer d'une lecture exhaustive prenant en considération ces trois niveaux d'impact au risque d'opérer des gains localisés mais des pertes globales.** Les effets d'induction et d'obsolescence, ainsi que les effets rebond et les risques émergents doivent être considérés au même titre que les effets d'optimisation et de substitution. **C'est la balance de tous ces effets qui permet d'obtenir une image de l'impact environnemental.**

3.1.3. Quelle transparence et pertinence méthodologique ?



Les fondements méthodologiques de la démarche doivent être explicités au maximum, que ce soit au niveau des **bases de données** mobilisées, des **hypothèses** de travail formulées et des **limitations** du travail dans son ensemble.

Une *évaluation d'impacts passés* doit se faire sur des données les plus fiables possibles. Une *estimation d'impact futur*, quant à elle, n'est rien d'autre qu'un exercice prospectif : définir les conséquences futures d'un choix technologique. Cet exercice requiert de poser des **hypothèses** sur l'évolution attendue d'une consommation énergétique ou la transformation de comportements humains suite à l'adoption d'une technologie. Si la fixation d'hypothèses est inévitable dans ce type d'évaluation, il est attendu qu'elles soient suffisamment étayées, justifiées et pertinentes.

Dans les deux cas décrits ci-dessus, les **bases de données** utilisées doivent être accessibles et la question de leur provenance peut être un indicateur de pertinence : sont-ce des données brutes/primaires, ou des données plutôt secondaires (donc extraites d'autres études ayant déjà fait des hypothèses d'analyse sur base de données primaires ou même secondaires) ; et est-ce que les données et chiffres utilisés sont crédibles et applicables par rapport à la question de recherche ?

Aussi, de la transparence est attendue sur les choix posés et les opérations réalisées. Dans l'idéal, le lecteur doit être en mesure de répliquer les démarches effectuées par les auteurs jusqu'au résultat présenté. Enfin, comme l'exige toute démarche de pensée rigoureuse, un exposé des **limites** de l'exercice doit être clairement identifiable et le plus exhaustif possible.



3.1.4. Quelles conclusions et recommandations ?

Les études étayées sont parfois longues, techniques et fastidieuses. Pour ouvrir le résultat de ces études à un public plus large qui n'aurait pas le temps et/ou les compétences de s'approprier l'entièreté du contenu, elles contiennent la plupart du temps un « résumé exécutif » à destination des décideurs, ou encore un « abstract » qui retrace les grandes lignes des travaux.

On comprend dès lors l'importance des **conclusions** et des **recommandations** qui en découlent : l'essentiel de la communication autour de l'étude tournera autour d'elles.

Il est donc fondamental de pouvoir vérifier que les conclusions reflètent fidèlement l'ensemble du travail. Les conclusions (et la communication qui en est faite) font-elles preuve de la nuance nécessaire ? Sont-elles intellectuellement honnêtes, ou sont-elles (volontairement ou non) tronquées, voire fallacieuses ?

Quant aux recommandations, on attend premièrement qu'elle soit en lien direct avec les conclusions et résultats de l'étude. Ensuite, on peut s'interroger sur la conception du monde qu'elles dessinent et sur leurs implications concrètes qu'elles engendrent.

3.2 Un exemple de lecture : le rapport *Digital4Climate*

Mai 2022. Agoria – la fédération belge de l'industrie technologique – publie le rapport *Digital4Climate* après que, quelques mois plus tôt, Bitkom – représentant des techs allemandes – et CTIA – lobby du sans-fil étatsunien, publient un rapport du même acabit, tous les trois commandités auprès de la firme de consultance Accenture¹⁰². La synthèse de la mouture belge formule des conclusions sans ambages : « D'ici 2030, l'impact du numérique sur le climat sera cinq fois plus positif que son empreinte totale »¹⁰³. Le rapport avance que le déploiement de solutions numériques dans 4 secteurs-clés de l'économie belge est de nature à réduire significativement les émissions de CO₂, de 10,4 à 13,3 mégatonnes en 2030, soit 10% des émissions totales actuelles du pays. Plus loin, en écho aux scénarios dessinés dans le rapport, on lit : « En résumé, plus la numérisation est forte, plus elle permet de réduire les émissions de CO₂ »¹⁰⁴. Et Agoria de conclure, dans la synthèse présentée sur son site web : « La transition numérique et la transition verte peuvent se renforcer mutuellement, assurer une croissance durable et contribuer à la prospérité économique et sociale de la Belgique »¹⁰⁵.

Dans la suite de cette section, nous allons dans un premier temps remettre la publication du rapport *Digital4Climate* dans le contexte de l'actualité, pour ensuite l'analyser à partir de la grille de lecture établie dans la section précédente.

3.2.1 Contexte de publication du rapport *Digital4Climate*

Au regard de l'état actuel du débat public autour du numérique, force est de constater que l'élan numérique entre en tension avec les aspirations en matière de soutenabilité environnementale et de justice sociale exprimées par les populations. Encore très largement méconnu du grand public et des médias jusqu'il y a peu, l'impact du numérique sur l'environnement devient un caillou pointu dans la botte de nombre de promoteurs industriels, en Belgique et ailleurs.

Le secteur numérique, de son côté, est hautement au fait des risques que la question environnementale fait peser aux différents points de sa chaîne de production, de l'extraction et la fabrication, en passant par le transport, jusqu'à l'utilisation et la fin de vie. Considérant que ces chaînes sont globalisées, elles sont fortement soumises aux problèmes d'approvisionnement, par exemple dans le domaine des composants électroniques, liés au moins autant au contexte international qu'aux aléas climatiques locaux et aux matières premières de plus en plus difficiles à extraire de façon rentable et soutenable. A ce titre, le rapport Meadows¹⁰⁶ du MIT nous prévenait il y a déjà cinquante ans des limites de la croissance et de l'inévitabilité d'un pic de production, suivi d'une période de décroissance, qu'elle soit voulue ou non.

On voit donc l'intérêt que peuvent avoir les lobbys du numérique à tenter de démontrer, qu'au contraire, les technologies numériques font du bien à l'environnement et qu'à ce titre, il faut accélérer leur développement.

Ainsi, les études reprises dans le tableau ci-dessous ont été commanditées par des organisations référencées comme 'lobby' dans le registre de transparence de la Commission Européenne¹⁰⁷.

Titre de l'étude ¹⁰⁸	Année	Commanditaire	Auteur
<i>Digital4Climate</i> : Study about the contribution of digital technologies to reduce carbon emissions in Belgium	2022	Agoria, lobby belge	Accenture
<i>Climate effects of digitization</i> : Study to estimate the contribution of digital technologies to climate protection	2021	Bitkom, lobby allemand	Accenture
<i>5G Connectivity</i> : A Key Enabling Technology to meet America's Climate Change Goals	2022	CTIA, lobby étasunien	Accenture
<i>Mobile Net Zero</i> : State of the Industry on Climate Action	2022	GSMA, lobby mondial	GSMA
<i>The Enablement Effect</i> : The impact of mobile communications technologies on carbon emission reductions	2019		
<i>#SMARTer2030</i> : ICT Solutions for 21st Century Challenges	2015	GeSI, lobby mondial	Accenture

L'argument facile serait de considérer que, pour des raisons industrielles et commerciales, ces rapports ne sont que des documents promouvant les intérêts de leur commanditaire auprès des décideurs. Si de tels cas de figure se sont déjà produits par le passé, si l'influence des lobbys en matière numérique n'est plus à démontrer et si ceux-ci sont prompts à utiliser l'arme du discrédit pour répondre à leurs contradicteurs, il nous semble plus approprié de plonger dans le cœur des arguments et des modes de démonstration.

Le but l'analyse ci-après n'est pas d'incriminer le fait que des acteurs socio-économiques prennent des positions publiques visant à défendre leurs intérêts ou promouvoir une vision de société ; il est d'engager sur le fond des arguments. C'est là que l'esprit critique peut se déployer pleinement et que la controverse prolifique peut être engagée.

3.2.2 Analyse du rapport Digital4Climate



3.2.2.1 Quel processus de production pour Digital4Climate ?

Suis-je face à de la littérature scientifique ou de la littérature grise ?

Le commanditaire, et auteur des recommandations : Agoria

Le commanditaire du rapport *Digital4Climate* est le **lobby belge** chargé de la représentation des intérêts des entreprises technologiques, Agoria. Les statuts de l'organisation précisent : « L'association a pour objet de s'engager pleinement au service de ses membres et d'user de toute son influence auprès des instances publiques et des organisations privées pour rendre l'environnement socio-économique pour ses membres plus favorables aux entreprises (...) et d'assurer en concertation permanente avec ses membres la promotion de leurs intérêts (...) »¹⁰⁹. Son conseil d'administration est composé quasi intégralement de grands dirigeants d'entreprises technologiques belges. En l'occurrence, il ne s'agit ni d'un institut de recherche public - travaillant d'initiative ou à la demande d'un gouvernement, ni d'un centre de recherche universitaire - visant à contribuer à un champ de connaissances. Il s'agit d'un groupe d'intérêt organisé défendant les intérêts économiques de ses membres.

L'auteur : Accenture

En tant que commanditaire, Agoria a confié à la firme de consultance Accenture le soin de la production du rapport. Accenture est donc l'auteur de cette étude, mais également d'autres du même style. Lesdites études utilisent ainsi les mêmes méthodes et hypothèses, ce qui pourrait expliquer pourquoi elles aboutissent aux mêmes conclusions. Il y a également lieu de se poser la question du **conflit d'intérêt**, la firme de consultance Accenture étant référencée par la GSMA comme un des "fournisseurs les plus utilisés par les opérateurs de réseaux mobiles", au même titre que Microsoft, Apple ou Google.

Type de littérature : littérature grise

Ce rapport fait donc partie de la **littérature grise** : il n'est pas une publication scientifique ayant été soumise à un comité éditorial. A sa lecture, il y a donc lieu de tenir à l'esprit les intérêts défendus par son commanditaire et les biais que cela peut induire dans ses conclusions et recommandations.



3.2.2.2 Quel périmètre pour Digital4Climate ?

Comment cadre-t-on les notions abordées dans la question de recherche ?

En l'occurrence, ici : les notions de numérique, d'environnement et d'impact ?

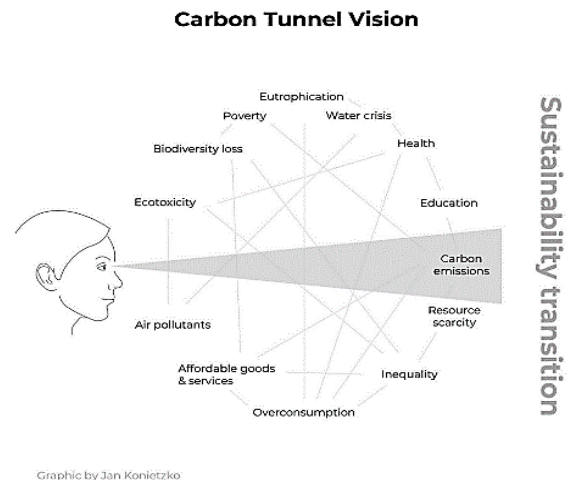
Quel périmètre pour l'environnement dans Digital4Climate ?

La question de recherche posée est la suivante : « Les technologies digitales peuvent-elles permettre une contribution significative à l'atteinte des objectifs climatiques de la Belgique à l'horizon 2030 ? »¹¹⁰. Une lecture rapide de cette question permet de souligner que les conclusions qui seront à tirer de ladite étude ne pourront concerner que l'empreinte climatique en particulier et non l'empreinte environnementale - nous sommes donc en présence d'une **approche monocritère de l'environnement**.

Le rapport se concentre ainsi exclusivement sur les émissions de GES ; concédant cependant - sur la base du rapport GreenIT.fr (d'ailleurs abondamment cité par les auteurs) - qu'une analyse multicritère devrait être privilégiée¹¹¹. Les autres impacts environnementaux, tels que l'usage de l'eau, la production de déchets ou la réduction des ressources rares, se trouvent hors de l'analyse.

Faire le lien entre transition numérique et transition écologique au départ du rapport *Digital4Climate* est donc fallacieux dans la mesure où il ne vise qu'une seule des composantes de la thématique environnementale, à savoir les émissions de GES. Le rapport *Digital4Climate* s'enferme ainsi dans une vision restreinte appelée 'Carbon Tunnel Vision' illustrée ci-contre. Cette vision est dangereuse puisqu'elle ignore les transferts d'impacts potentiels ; dis autrement elle ignore dans quelle mesure la numérisation accélérée, implémentée au nom de la diminution des rejets de GES, contribue à aggraver, dans des proportions autrement conséquentes, les autres dimensions de la donne environnementale.

S'il convient de concéder que les évaluations impliquant ces autres dimensions environnementales sont encore rares, il s'agira de s'assurer que les conclusions du rapport et la communication effectuée à son sujet permettent de bien discerner la portée attribuable aux constats.



Quel périmètre pour le numérique dans Digital4Climate ?

Les **équipements** pris en compte dans cette étude **couvrent les équipements numériques, des infrastructures et des centres de données**¹¹². Cependant, le rapport indique explicitement qu'en matière d'équipements numériques, les **dispositifs de divertissement (TV et consoles de jeux) sont laissés de côté**¹¹³. Ce choix est questionnable dans la mesure où : (1) les données sont disponibles à ce sujet ; (2) ces dispositifs sont porteurs d'une part d'impact environnemental particulièrement importante.

Pour terminer, le rapport prend bien en compte **l'ensemble du cycle de vie des technologies**. Sont introduites dans le calcul d'impact direct la production des équipements et leur utilisation (en général les deux phases dominantes du cycle par rapport à l'impact climatique), mais aussi leur fin de vie¹¹⁴. La maintenance, les mises à jour et les réparations ne sont pas prises en compte, faute de modèle et de données disponibles.

Quel périmètre pour l'impact dans Digital4Climate ?

Les impacts **direct** et **indirect positifs** sont bien pris en compte dans le rapport *Digital4Climate*. Ce n'est cependant pas le cas des **impacts indirects négatifs**, tels que les effets de verrou ou d'induction, ou encore l'effet rebond.

L'effet rebond est pourtant reconnu et mentionné dans le rapport. Pour autant, il est disqualifié par le rapport au motif que les recherches ne sont pas aujourd'hui univoques et que le calcul est impossible à effectuer dans le contexte du rapport¹¹⁵. De façon contradictoire, il y est ensuite précisé... un calcul : si l'effet rebond avait été introduit, la réduction des émissions du numérique resterait 2,6 à 2,9 fois plus importante que ses émissions directes (contre 5 fois sans considérer l'effet rebond).

Souvenons-nous du modèle d'Hilty : certes le numérique a des impacts négatifs directs et des impacts positifs indirects (applications rendues possibles par l'usage du numérique) mais il y a aussi des effets négatifs indirects. Ceux-ci peuvent se présenter comme des effets rebond indirects (ex: surconsommation due au e-shopping, chauffage accru des logements dû au télétravail) et il y a des effets systémiques très difficiles à quantifier aussi bien positifs que négatifs. Dans ce cadre, **tenir un bilan comptable entre les impacts directs négatifs et les impacts indirects positifs n'offre qu'une vue très parcellaire de la situation.**



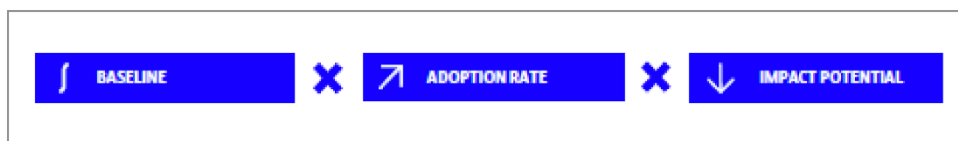
3.2.2.3 Quelle transparence et pertinence méthodologique pour Digital4Climate ?

Que ce soit à propos des modèles et bases de données utilisés, des hypothèses de travail formulées et des limitations du travail dans son ensemble.

La méthodologie du rapport *Digital4Climate* ne répond pas à l'approche exhaustive nécessaire. Elle est calquée sur la même méthode de calcul que celle utilisée dans le cadre du rapport SMARTer2030 publié en 2015 par Global e-Sustainability Initiative et Accenture Strategy¹¹⁶. Ce rapport pointe que l'ICT peut réduire les émissions de gaz à effet de serre de 20% d'ici 2030, soit une réduction des émissions de 12 GtCO₂eq au niveau mondial par rapport à une progression des émissions *Business as usual*¹¹⁷. Le rapport s'appuie sur une démarche top-down (base de données disponibles et projection sur base d'hypothèses) et bottom-up (entretiens menés auprès d'experts du secteur).

Le découpage suivant reprend les chapitres dans l'ordre du rapport.

L'impact indirect positif – Dans un premier temps, le rapport se concentre sur l'impact indirect positif de certaines technologies numériques : en quoi le numérique peut contribuer à diminuer les émissions d'activités existantes ? La démarche de calcul est basée sur la formule suivante :



Baseline : Les auteurs partent des projections d'émissions pour 2030 pour mesurer l'effet potentiel de l'intégration de solutions numériques¹¹⁸. L'estimation des émissions de 2030 est calculée à partir des données de l'Agence européenne pour l'environnement en 2019 projetées sur la base de prévisions industrielles ou du scénario "With Existing Measures" (WEM) du plan national belge pour l'énergie et le climat¹¹⁹. Ce faisant, les auteurs du rapport *Digital4Climate* partent du principe qu'aucune mesure de réduction des émissions de CO₂ ne sera prise en Belgique avant 2030 (comme par ex. l'usage d'énergies renouvelables). Ce choix est explicité : éviter de comptabiliser deux fois l'impact des technologies numériques¹²⁰. Au vu de la formule employée, ce choix est de nature à **amplifier artificiellement la réduction des émissions estimées** en valeur absolue.

Adoption Rate : Plusieurs secteurs sont identifiés (construction, mobilité et logistique, énergie et production) dans lesquels des technologies spécifiques sont examinées (par exemple, en matière de mobilité et de logistique : le

télétravail, les *smart traffic lights & signals*, et le *smart logistics*). Le modèle repose sur une série d'hypothèses relatives au taux d'adoption de ces technologies visées d'ici 2030. Pour pouvoir évaluer leur effet, il faut pouvoir estimer leur taux de dissémination dans nos vies quotidiennes. Les résultats avancés dans les différents domaines sont repris et synthétisés en Annexe 2.

Le rapport ne **donne aucune information sur les bases de données** secondaires servant à formuler ces taux d'adoption. Les auteurs pointent qu'elles sont tirées de "sources généralement reconnues" et qu'elles ont été validées par au moins trois experts indépendants pour chaque secteur¹²¹. Le rapport ne mentionne pas lesdites sources utilisées pour définir les taux d'adoption, ni même la fonction desdits experts. Or, il est clair que la nature de la source impacte fortement la qualité et la fiabilité d'une estimation : entre une comparaison internationale, une étude de marché, un article scientifique, un sondage ou des projections commerciales fondées sur des espoirs de vente, le résultat diffère. On considère également que, **lorsque les taux d'adoption reposent sur des éléments d'ordre comportemental, un facteur d'incertitude encore plus grand doit être pris en considération**. Il n'existe pas de modèle permettant de représenter les comportements et de passer à l'échelle de la généralisation sans se confronter à des incertitudes de taille. On ne peut que difficilement prédire l'effet que l'introduction de compteurs intelligents aura sur les comportements des consommateurs.

Les estimations en la matière appellent donc à la prudence. Enfin, le rapport utilise à plusieurs reprises des proxys¹²² pour évaluer le taux d'adoption. Par exemple, pour évaluer l'adoption de feux de signalisation intelligents, la situation dans les villes d'Anvers et de Bruxelles est considérée comme représentant la situation au niveau national. Autre exemple : pour évaluer le taux d'adoption de Smart Logistics en Belgique, des données allemandes ont été utilisées. Si ce type de démarche peut fonder la formulation d'une hypothèse, il importe d'explicitement les raisons de la pertinence d'une telle extrapolation.

Impact potential – Au départ des données de référence et de l'estimation du taux d'adoption des technologies, les réductions des émissions sont calculées. Ici, **le rapport Digital4Climate ne permet en aucun cas de déterminer les éléments sur lesquels repose cette dernière étape du calcul**. Le rapport fait régulièrement référence à un modèle dont les composantes ne sont pas connues.

Relativement à l'impact potentiel global de ces technologies, ces constats amènent à questionner les équilibres du bilan carbone national. Si le secteur numérique s'attribue des gains dans d'autres secteurs (construction, mobilité, ...), comment réagiront les autres secteurs intégrant ces technologies ? Cela signifierait en effet que, d'un point de vue comptabilité globale des émissions, les autres secteurs ne pourraient plus s'attribuer ces gains, qui sont pourtant des gains directs dans leur secteur. Autrement dit, les autres secteurs devront faire davantage « d'efforts » de réduction dans leur propre secteur et ne pourront plus comptabiliser les gains réalisés grâce au numérique.

L'impact direct - L'empreinte carbone directe des technologies numériques en Belgique est estimée par les auteurs du rapport diminuer de 4 à 16% à l'horizon 2030, en dépit de la forte augmentation de la consommation électrique liée à ces technologies. De manière surprenante, **ces niveaux de réduction de l'empreinte carbone directe pour 2030 sont bien en deçà de l'objectif sectoriel fixé à -45% entre 2015 et 2030**. Ces objectifs sont pourtant proposés par la Science Based Target initiative (SBTi), et soutenus par l'ITU, le GSMA et le GeSI¹²³.

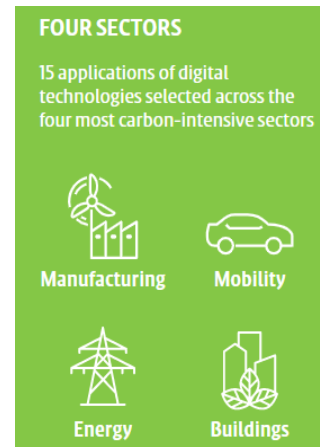
Après avoir rappelé à quel point les estimations sur le futur des technologies numériques est hautement incertain, le lecteur est laissé à court d'explications et renvoyé aux annexes pour avoir de l'information sur les variables et les hypothèses à l'origine des estimations portant sur l'impact direct. **Il y est impossible de savoir comment l'impact est calculé sur la quantité d'émissions, ni même comment les variables en présence s'articulent et se pondèrent pour obtenir le résultat**. De manière assez surprenante et nullement documentée, on découvre par exemple que l'impact de l'utilisation finale et de la demande en IoT est attendue à la baisse, sans aucune explication sur la manière dont cela se produira dans un contexte d'adoption à la hausse des technologies numériques.

Limitations - Le rapport explicite une série de limites liées aux choix posés qui contribuent à sa transparence méthodologique. Outre le fait qu'**aucune marge d'erreur n'est jamais mentionnée** dans l'étude, d'autres limitations - plus inhérentes aux méthodologies choisies - sont passées sous silence.

Pour modéliser les gains indirects du numérique, l'évaluation est menée à partir d'une approche basée sur des cas d'usage préalablement sélectionnés, plutôt qu'à partir d'une approche basée sur toutes les technologies d'un secteur¹²⁴. Un cas d'usage est défini comme une application pratique d'une ou plusieurs technologies numériques permettant la réduction des émissions de GES dans un secteur ou un processus particulier¹²⁵. La justification avancée est la possibilité de calculer l'impact de ces technologies là où elles sont déjà implantées, et donc de bénéficier de chiffres réels et existants. L'effet de 15 cas d'usage est donc calculé.

Le choix des technologies et des secteurs concernés est justifié au regard de leur poids dans les principaux émetteurs de CO₂ en Belgique¹²⁶. La logique de sélection du rapport est de se porter sur les technologies les plus prometteuses sur le plan de la réduction d'émission carbone. Selon les auteurs, cette approche est particulièrement conservatrice dans la mesure où d'autres technologies actuelles ou futures sont tout aussi prometteuses, et auraient pu être sélectionnées pour accentuer encore l'abattement de l'empreinte carbone liée à leur déploiement. Cette approche a pour vertu de pouvoir en effet s'ancrer sur des données passées et des chiffres collectés dans le cadre d'expérimentations pratiques. Elle pêche toutefois par un aléa majeur, à savoir la non-prise en compte du développement d'autres technologies dans les secteurs visés et dans d'autres secteurs, et dont l'impact global est de nature à peser négativement sur l'empreinte totale. Autrement dit, **cette approche requiert une prudence extrême sur le plan des conclusions qui pourront être tirées dans la mesure où le spectre technologique couvert est limité et sélectif.**

Pour terminer, tous les secteurs choisis ne sont pas indépendants les uns des autres : ils interagissent entre eux. Ainsi, évaluer les gains globaux en faisant la somme des gains de chaque secteur individuellement, c'est **prendre le risque de compter potentiellement plusieurs fois le même gain** dans le résultat global.



3.2.2.4 Quelles conclusions et recommandations pour *Digital4Climate* ?

Les conclusions reflètent-elles fidèlement l'ensemble du travail ?

Les recommandations sont-elles en lien direct avec les conclusions ?

Lorsqu'il s'agit de tirer les leçons d'un tel exercice, c'est, au regard des éléments qui précèdent, de nuance et de prudence dont il doit être question. Le raccourci qui conduit à associer transition numérique accélérée et transition écologique tel que mis en évidence par Agoria dans sa communication et dans l'introduction du rapport pose question : « En résumé, plus la numérisation est forte, plus elle permet de réduire les émissions de CO₂. Agoria est fermement convaincue que les technologies numériques peuvent contribuer à apporter une réponse au défi climatique. La transition numérique et la transition verte peuvent se renforcer mutuellement, assurer une croissance durable et contribuer à la prospérité économique et sociale de la Belgique ». **En aucun cas le rapport ne permet d'aboutir à de telles conclusions.** Cet aspect caricatural du message d'ensemble peut laisser craindre des conclusions commerciales découplées des limites et du détail de la démarche d'analyse présentée dans le rapport. L'appel généralisé à plus de numérisation ne découle en rien de la lecture du rapport ; tout au plus permet-il une tentative de généralisation sur la base des technologies évaluées.

S'ensuit, dans le rapport, une série de recommandations à destination des entreprises et des gouvernements. Premièrement, il faut être très attentif sur le procédé utilisé : **les recommandations** faites par Agoria (le commanditaire), **manquent de nuance et de lien direct avec l'étude réalisée.** En effet, on peut lire que ces recommandations se basent uniquement sur des interviews séparées de 20 entreprises belges. Il n'y a aucun détail supplémentaire de ces interviews : on ne sait pas qui a été entendu ni ce qu'il s'est dit. Deuxièmement, si l'on trouve tout de même quelques propositions directement articulées avec le contenu de *Digital4Climate* (par exemple l'invitation à l'adoption des technologies examinées dans le rapport), la plupart des propositions ont un lien très indirect avec le contenu du rapport (par exemple l'appel à l'amélioration de la connectivité par le déploiement de la 5G). Notons, pour

ce dernier élément, que la recommandation n'intègre en rien l'impact écologique dans l'équation alors que, comme discuté par ailleurs¹²⁷, toutes les interrogations sont possibles à ce sujet^{128 129}.

On notera au passage que d'autres études, au périmètre environnemental plus large, élaborent des recommandations bien plus nuancées que celles de *Digital4Climate*. Ainsi, dans le rapport wallon « Impacts environnementaux et climatiques des outils numériques »¹³⁰, Digital Wallonia et l'Agence wallonne du Numérique – alignés avec les conclusions de GreenIT.fr - recommandent entre autres la sobriété des usages numériques.

Enfin, observons le monde que ces recommandations, mises bout à bout, font advenir. Pour que les scénarios esquissés se réalisent, cela requiert de vivre dans des *smart houses*, d'augmenter significativement les pratiques de télétravail ou d'aller plus avant dans le développement de *smart cities*. Dans ces domaines, des alternatives existent et d'autres politiques de mobilité, d'énergie ou de développement urbain peuvent également être mobilisées. Ces propositions constituent donc une option politique possible, une société envisageable parmi d'autres au regard du souci environnemental, comme évoqué précédemment dans la section dédiée au regard politique.

3.3. D'une grille de lecture à un regard citoyen

Il est possible de relever une série de points positifs dans le rapport : la prise en considération de l'ensemble du cycle de vie des technologies numériques ou encore l'approche sectorielle par études de cas permettant de visibiliser des technologies au potentiel intéressant. De même, une page spécifique est consacrée aux limites de l'étude ; y sont pointés les incertitudes relatives à la *baseline* et aux taux d'adoption, les limites du calcul du cycle de vie où certaines phases n'ont pas été considérées, ou encore la non-considération de l'effet rebond.

Dans le même temps, le rapport fait preuve de faiblesses ou de vides invitant à la prudence à l'égard des chiffres avancés :

1. l'environnement n'est considéré que sur le seul angle du climat ;
2. les taux d'adoption sont faiblement étayés et les démarches de calcul du potentiel d'impact ne sont pas explicitées pour les impacts indirects ;
3. aucun élément ne permet de reconstituer les ordres de grandeur avancés pour les impacts directs ;
4. l'effet rebond, bien que reconnu comme ayant un impact significatif, n'est pas comptabilisé ;
5. les conclusions ne reflètent que très peu l'ensemble de l'étude et les recommandations y sont peu liées.

Le tableau ci-contre permet d'illustrer rationnellement la synthèse de cette analyse avec un indicateur qualitatif de fiabilité / confiance.

	Digital4Climate
1. Quel processus de production ? Littérature scientifique ou littérature grise ?	
2. Quel périmètre ? ... pour l'environnement ? ... pour le numérique ? Quels équipements ? Quelles phases du cycle de vie ? ... pour l'impact du numérique ? Effets directs, indirects et structurels	
3. Quelle transparence et pertinence ? ... sur les bases de données ? ... sur les hypothèses de travail ? ... sur les limitations ?	
4. Quelles conclusions et recommandations ?	
Légende : La confiance est accordée La confiance est mitigée La confiance n'est pas accordée	

3.4. Les autres études de ce genre sont-elles plus fiables ?

On le constate dans ce qui précède : une lecture rapide, à la lumière de quelques critères-clés, permet une appropriation de ce genre de rapport, une balance de ses qualités et limites, ainsi qu'une interprétation distanciée et critique sur les éléments de communication qui en sont finalement diffusés dans l'espace public. Le chercheur Gauthier Roussilhe a examiné en détails des études comparables à *Digital4Climate* produites par des représentants d'entreprises du secteur, dont l'essentiel des démarches consiste, à partir de cas d'usage particuliers, à extrapoler et à mettre en avant les effets d'activation qui permettent de réduire les émissions en mettant de côté ceux qui les augmentent. Il y constate nombre de vides méthodologiques, d'hypothèses mal étayées et une tendance à la minimisation de l'effet rebond. Et le chercheur de conclure : « **L'étude des affirmations d'impacts positifs du numérique sur le climat permet de conclure que celles-ci ne peuvent pas être utilisées pour informer les décisions politiques ou la recherche. Elles reposent sur des données extrêmement parcellaires et des hypothèses trop optimistes pour extrapoler des estimations globales. (...) la présente analyse suggère que, aujourd'hui, le secteur numérique n'offre pas de garantie sur la question environnementale** »¹³¹. Des observations du même type existent par ailleurs : les papiers ne fournissent que trop peu d'informations sur les hypothèses et les scénarios formulés, l'effet rebond est souvent indûment écarté, les extrapolations des études de cas sont forcées^{132,133}. Ces considérations ne sont pas du pinaillage intellectuel : sans méthodologies solides, les transferts d'impacts environnementaux sont biens réels.

Il importe d'établir une distinction claire entre ce qui relève de difficultés méthodologiques réelles, de failles évitables et d'affirmations politiques allant clairement au-delà de ce qu'une étude isolée peut permettre d'affirmer. Évaluer les effets du numérique sur le climat en particulier – et l'environnement en général – est un exercice complexe qui s'appuie sur nombre d'hypothèses. L'évaluation de l'impact environnemental du numérique pâtit de nombreuses difficultés, ainsi que l'observe Roussilhe : la nature transversale du numérique (un secteur en soi et dispersé dans d'autres secteurs), la focalisation sur l'énergie et les émissions de GES négligeant l'impact matériel (difficilement calculable) menant à une sous-estimation de l'impact de la fabrication, l'absence de données de référence issues de l'écosystème asiatique, l'omission de nouvelles tendances influant sur la croissance du secteur (IoT, Blockchain, ...), la difficulté d'obtenir des données de la part des industriels, ou encore le fait que des facteurs d'impact décisifs tels que la consommation de ressources rares ou d'eau ne soient pas intégrés. Dans sa dernière publication¹³⁴, il identifie et synthétise l'ensemble des lacunes (de connaissance et de méthodologie) concernant les effets directs et indirects du numérique sur l'environnement.

De souligner également l'absence de méthodologie commune aux études existantes et donc les épineuses comparaisons entre rapports : « Les freins à l'application de certains référentiels (multicritères notamment) résident dans la complexité de leur mise en œuvre. Les méthodes sont développées mais les outils nécessaires à leur application (par exemple les bases de données) n'existent pas. »¹³⁵ Des pistes de rapprochement existent toutefois, telles que l'existence de normes méthodologiques communes pour les analyses de cycle de vie (ISO 14040¹³⁶ et 14044¹³⁷). La convergence des démarches vers des standards communs est de nature à augmenter la capitalisation des connaissances, à renforcer les savoirs existants et à en faciliter l'utilisation concrète.



Un regard citoyen, en bref

Poser un regard citoyen sur une publication portant sur l'impact environnemental du secteur numérique peut s'avérer complexe, voire déroutant. Quelle confiance accorder aux études sur le sujet ? Quels critères d'évaluation appliquer ? Comment faire le tri entre conclusions alarmistes et celles poussant à toujours plus de numérique ?

Le présent document met à disposition du citoyen une grille de lecture leur permettant de lire les différents rapports publiés de façon critique. Cette grille de lecture s'articule sur **quatre grands axes**, à travers desquels les failles et qualités intrinsèques d'une publication se dévoilent. Ces axes d'évaluation mènent à **neuf indicateurs de confiance** (vert/orange/rouge) produisant un tableau de bord consultable en un clin d'œil, comme illustré ci-contre.

A titre d'illustration, la dernière étude *Digital4Climate* d'un lobby belge a été passée au crible. Notre analyse révèle un seul indicateur positif incitant à la confiance, deux indicateurs mitigés et six indicateurs incitant à la méfiance. **Cette évaluation suggère que la reprise du rapport *Digital4Climate* dans un contexte de décision politique serait inappropriée, voire contre-productive pour l'environnement.**

		Digital4Climate
1. Quel processus de production ?	Littérature scientifique ou littérature grise ?	
2. Quel périmètre ?	... pour l'environnement ?	
	... pour le numérique ?	
	Quels équipements ?	
	Quelles phases du cycle de vie ?	
	... pour l'impact du numérique ?	
	Effets directs, indirects et structurels	
3. Quelle transparence et pertinence ?	... sur les bases de données ?	
	... sur les hypothèses de travail ?	
	... sur les limitations ?	
4. Quelles conclusions et recommandations ?		

Légende :		La confiance est accordée
		La confiance est mitigée
		La confiance n'est pas accordée

Conclusion et recommandations

La transition écologique et la transition numérique se renforcent-elles ou se contredisent-elles ? Sont-elles compatibles ? Peuvent-elles cohabiter et, si oui, de quelle manière ?

Le regard expert, qui objective l'état des connaissances, amène à conclure que ces deux transitions sont bien liées, mais que leur relation est débattue - laissant planer un futur hasardeux sur l'impact du numérique sur l'environnement. Il est ainsi infondé d'affirmer que ces deux transitions se renforcent naturellement. La jeunesse et la rareté des études existantes doivent mener à la prudence et à l'application du principe de précaution avant de conclure à la nécessité d'une numérisation à tous les étages.

Le regard politique nous invite à élargir notre champ de vision : il y a bien plusieurs scénarios possibles pour cette double transition, chacun incarnant un certain imaginaire politique et porteur d'un certain mode de vie. Chaque discours doit ainsi être analysé à la lumière de l'imaginaire qu'il véhicule et des modes de vie qu'il sous-tend.

Le regard citoyen offre une grille de lecture permettant de lire, de façon critique, les différentes études publiées sur les sujets traitant de l'impact du numérique sur l'environnement - et d'ainsi se positionner face à la question. Le dernier rapport "*Digital4Climate*" d'un lobby belge, pris comme cas d'usage de cette grille d'analyse, affiche des écueils non négligeables qui incitent à la plus grande prudence lors de la reprise de ses conclusions dans la sphère publique et politique.

A la lumière de ces conclusions, les recommandations suivantes peuvent être formulées :

1. Adopter le réflexe des 3 regards (expert, politique, citoyen) dès qu'une nouvelle connaissance est produite.

On ne peut que s'étonner du traitement de ces nouvelles connaissances par certains politiques, particulièrement lorsque celles-ci sont produites par des groupes d'intérêts industriels.

En effet, l'application des 3 regards sur la dernière étude belge en date (*Digital4Climate*) suggère que la reprise de cette étude dans un contexte de décision politique serait inappropriée, voire contre-productive pour l'environnement.





Des ministres¹³⁸ ont pourtant pris l'étude en référence.

2. Dans l'incertitude, appliquer le principe de précaution.

Face à la difficulté de déterminer si oui ou non l'essor de la numérisation entraîne une réduction nette de l'empreinte écologique globale, et face à la nécessité de plus en plus urgente de faire décroître celle-ci, la simple application du principe de précaution conduirait à la conclusion suivante : chaque secteur économique doit travailler à la réduction de son empreinte écologique, sans exception pour le numérique

Annexe 1 – Synthèse des 4 scénarios de l'ADEME

LA SOCIÉTÉ EN 2050

						
MODS DE VIE	Société	<ul style="list-style-type: none"> Recherche de sens Frugalité choisie mais aussi contrainte Préférence pour le local Nature sanctuarisée 	<ul style="list-style-type: none"> Évolution soutenable des modes de vie Économie du partage Équité Préservation de la nature inscrite dans le droit 	<ul style="list-style-type: none"> Plus de nouvelles technologies que de sobriété Consumérisme « vert » au profit des populations solvables, société connectée Les services rendus par la nature sont optimisés 	<ul style="list-style-type: none"> Sauvegarde des modes de vie de consommation de masse La nature est une ressource à exploiter Confiance dans la capacité à réparer les dégâts causés aux écosystèmes 	Société
	Alimentation	<ul style="list-style-type: none"> Division par 3 de la consommation de viande Part du bio : 70 % 	<ul style="list-style-type: none"> Division par 2 de la consommation de viande Part du bio : 50 % 	<ul style="list-style-type: none"> Baisse de 30 % de la consommation de viande Part du bio : 30 % 	<ul style="list-style-type: none"> Consommation de viande quasi-stable (baisse de 10 %), complétée par des protéines de synthèse ou végétales 	Alimentation
	Habitat	<ul style="list-style-type: none"> Rénovation massive et rapide Limitation forte de la construction neuve (transformation de logements vacants et résidences secondaires en résidences principales) 	<ul style="list-style-type: none"> Rénovation massive, évolutions graduelles mais profondes des modes de vie (cohabitation plus développée et adaptation de la taille des logements à celle des ménages) 	<ul style="list-style-type: none"> Déconstruction-reconstruction à grande échelle de logements Ensemble des logements rénovés mais de façon peu performante : la moitié seulement au niveau Bâtiment Basse Consommation (BBC) 	<ul style="list-style-type: none"> Maintien de la construction neuve La moitié des logements seulement est rénovée au niveau BBC Les équipements se multiplient, alliant innovations technologiques et efficacité énergétique 	Habitat
	Mobilité des personnes	<ul style="list-style-type: none"> Réduction forte de la mobilité Réduction d'un tiers des km parcourus par personne La moitié des trajets à pied ou à vélo 	<ul style="list-style-type: none"> Mobilité maîtrisée - 17 % de km parcourus par personne Près de la moitié des trajets à pied ou à vélo 	<ul style="list-style-type: none"> Mobilités accompagnées par l'État pour les maîtriser : infrastructures, télétravail massif, covoiturage + 13 % de km parcourus par personne 30 % des trajets à pied ou à vélo 	<ul style="list-style-type: none"> Augmentation forte des mobilités + 28 % de km parcourus par personne Recherche de vitesse 20 % des trajets à pied ou à vélo 	Mobilité des personnes
ÉCONOMIE	Technique Rapport au progrès, numérique, R&D	<ul style="list-style-type: none"> Innovation autant organisationnelle que technique Règne des low-tech, réutilisation et réparation Numérique collaboratif Consommation des data centers stable grâce à la stabilisation des flux 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement massif (efficacité énergétique, EnR et infrastructures) Numérique au service du développement territorial Consommation des data centers stable grâce à la stabilisation des flux 	<ul style="list-style-type: none"> Ciblage sur les technologies les plus compétitives pour décarboner Numérique au service de l'optimisation Les data centers consomment 10 fois plus d'énergie qu'en 2020 	<ul style="list-style-type: none"> Innovations tout azimut Captage, stockage ou usage du carbone capté indispensable Internet des objets et intelligence artificielle omniprésents : les data centers consomment 15 fois plus d'énergie qu'en 2020 	Technique Rapport au progrès, numérique, R&D
	Gouvernance Échelles de décision, coopération internationale	<ul style="list-style-type: none"> Décision locale, faible coopération internationale Réglementation, interdiction et rationnement <i>via</i> des quotas 	<ul style="list-style-type: none"> Gouvernance partagée Fiscalité environnementale et redistribution Décisions nationales et coopération européenne 	<ul style="list-style-type: none"> Cadre de régulation minimale pour les acteurs privés État planificateur Fiscalité carbone ciblée 	<ul style="list-style-type: none"> Soutien de l'offre Coopération internationale forte et ciblée sur quelques filières clés Planification centralisée du système énergétique 	Gouvernance Échelles de décision, coopération internationale
	Territoire Rapport espaces ruraux-urbains, artificialisation	<ul style="list-style-type: none"> Rôle important du territoire pour les ressources et l'action « Démétropolisation » en faveur des villes moyennes et des zones rurales 	<ul style="list-style-type: none"> Reconquête démographique des villes moyennes Coopération entre territoires Planification énergétique territoriale et politiques foncières 	<ul style="list-style-type: none"> Métropolisation, mise en concurrence des territoires, villes fonctionnelles 	<ul style="list-style-type: none"> Faible dimension territoriale, étalement urbain, agriculture intensive 	Territoire Rapport espaces ruraux-urbains, artificialisation
	Macro-économie	<ul style="list-style-type: none"> Nouveaux indicateurs de prospérité (écarts de revenus, qualité de la vie...) Commerce international contracté 	<ul style="list-style-type: none"> Croissance qualitative, « réindustrialisation » de secteurs clés en lien avec territoires Commerce international régulé 	<ul style="list-style-type: none"> Croissance verte, innovation poussée par la technologie Spécialisation régionale Concurrence internationale et échanges mondialisés 	<ul style="list-style-type: none"> Croissance économique carbonée Fiscalité carbone minimaliste et ciblée Économie mondialisée 	Macro-économie
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> Production au plus près des besoins 70 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage 	<ul style="list-style-type: none"> Production en valeur plutôt qu'en volume Dynamisme des marchés locaux 80 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage 	<ul style="list-style-type: none"> Décarbonation de l'énergie 60 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage 	<ul style="list-style-type: none"> Décarbonation de l'industrie pariant sur le captage et stockage géologique de CO₂ 45 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage 	Industrie	

Annexe 2 - Synthèse commentée des hypothèses considérées dans le rapport “Digital4Climate” pour évaluer l’impact indirect du numérique

En matière de construction : Les émissions de GES peuvent être réduites de 8,3 à 10,8%. Le point de départ considéré est le scénario WEM.

Smart Homes BMS	Adoption de la technologie : L’adoption d’un Building Management System (BMS) destiné à contrôler les équipements électriques et mécaniques, mais aussi l’intégration de caméras, de capteurs de mouvement et de portes automatiques pour les particuliers.	61 à 86% en 2030 (17% en 2020)
	Impact sur les émissions : Économies d’énergie	11% de réduction des émissions
	Notre commentaire : La prévision de taux d’adoption le plus élevé est basé sur l’hypothèse qu’en la matière, la Belgique deviendrait un des meilleurs élèves européens et rejoindrait ainsi la Grande-Bretagne. La source de l’estimation n’est pas connue.	
Smart Homes Compteurs intelligents	Adoption de la technologie : L’impact attendu des compteurs intelligents. Il est supposé que l’installation de ces compteurs pèsera sur les comportements individuels par la transparence qu’ils permettent. L’indicateur est celui du % de maisons équipées.	78 à 100 % en 2030 (3% en 2020)
	Impact sur les émissions : Économies d’énergie générées par des comportements plus conscients.	3% de réduction des émissions
	Notre commentaire : Le critère d’équipement des maisons n’est pas totalement lié à l’évolution des comportements. Poser que 100% de maisons équipées correspondrait à 100% de changement dans les comportements tend à la surévaluation du taux d’adoption et, partant, du taux de réduction des émissions.	
Smart Commerces BMS	Adoption de la technologie : L’adoption d’un Building Management System (BMS) destiné à contrôler les équipements électriques et mécaniques (lumières, ventilation, ...) pour les commerces	54 à 60% en 2030 (20% en 2020)
	Impact sur les émissions : Économies d’énergie	28% de réduction des émissions
	Notre commentaire : La prévision de taux d’adoption est basée sur le taux de croissance des BMS commerciaux en Europe. La source n’est pas connue.	
Smart Construction BIM	Adoption de la technologie : L’adoption d’un logiciel permettant aux architectes d’optimiser leurs opérations (déchets, économies de temps et de transport ; ...)	81 à 89% en 2030 (40% en 2020)
	Impact sur les émissions : Réduction des déchets, augmentation des rénovations et économie de temps en transport et opération	7% de réduction des émissions
	Notre commentaire : La prévision de taux d’adoption le plus élevé est basée sur l’hypothèse qu’en la matière, la Belgique deviendrait un des meilleurs élèves européens. La source de l’estimation n’est pas connue.	

En matière de mobilité et logistique : Les émissions de GES peuvent être réduites de 10,6 à 14,2%. Le point de départ considéré est le scénario WEM.

Virtualisation du travail	Adoption de la technologie : Part de télétravailleurs fréquents (2 jours par semaine ou plus).	42 à 49% en 2030 (12% en 2020)
	Impact sur les émissions : Diminution des émissions liées à l'utilisation des transports pour se rendre au travail.	16% de réduction des émissions
	Notre commentaire : Le taux d'augmentation de la population en télétravail de 42% est le fruit d'une recherche Accenture. Le taux le plus élevé d'adoption correspond au niveau de télétravail durant le pic de la période Covid.	
Smart traffic light & signals	Adoption de la technologie : Proportion de « smart intersections » à Anvers et Bruxelles. La situation pondérée à Anvers et Bruxelles est utilisée comme proxy pour toutes les villes de Belgique.	100 à 112%. (35% en 2020).
	Impact sur les émissions : Optimisation du trafic	16% de réduction des émissions
	Notre commentaire : Considérer la situation d'Anvers et de Bruxelles comme des proxys pour l'ensemble des villes de Belgique est de nature à surévaluer le taux d'adoption. 112% correspond à une extension de ces dispositifs aux zones rurales. Là encore, il est permis de douter d'une adoption aussi large dans des petites communes au regard notamment du coût des dispositifs sur les finances publiques.	
Smart Logistics (Route & freight optimization)	Adoption de la technologie : Proportion d'entreprises de transport connectées. La situation allemande a été considérée en tant que proxy	25 à 37%. (9% en 2020).
	Impact sur les émissions :	37% de réduction des émissions
	Notre commentaire : Les données allemandes ont été utilisées en tant que proxy. La source de l'estimation n'est pas connue.	
Smart Logistics (Rail freight modal substitution & digitalization)	Adoption de la technologie : La proportion de fret automatisé opérant sur le marché belge a été prise en considération	74 à 90%
	Impact sur les émissions : Effet de substitution et accroissement de l'efficacité sur le plan des émissions	8%
	Notre commentaire : Les sources ne sont pas connues	
Smart Logistics (Inland navigation modal substitution & automation)	Adoption de la technologie : Proportion de véhicules autonomes opérant sur le marché belge	57 à 74%
	Impact sur les émissions : Effet de substitution et accroissement de l'efficacité sur le plan des émissions	6%
	Notre commentaire : La source ne sont pas connues	

En matière d'industrie : Les émissions de GES peuvent être réduites de 10 à 12,3%. Le point de départ considéré est le scénario WEM.

Digital Design & Production (Simulation procédés) de	Adoption de la technologie : Taux de pénétration d'applications de modélisation de simulation dans les industries de procédés. Il est considéré que les industries des sciences de la Vie sont un bon indicateur pour les industries de procédés.	51 à 62% en 2030 (6% en 2020)
	Impact sur les émissions : Diminution des émissions liées au déploiement d'applications de modélisation de simulation dans les industries de procédés.	9% de réduction des émissions
	Notre commentaire : Le domaine des sciences de la vie a été considéré pour les industries de procédés. Ce choix n'a pas été expliqué. Les sources ne sont pas connues.	
Digital Design & Production (Prototypage virtuel et jumelage)	Adoption de la technologie : Taux de pénétration d'applications de prototypage virtuel dans les industries de produits. Il est considéré que les industries CPG sont un bon indicateur pour les industries de produits.	56 à 67%. (2% en 2020).
	Impact sur les émissions : Diminution des émissions liées au déploiement d'applications de prototypage virtuel dans les industries de produits.	9% de réduction des émissions
	Notre commentaire : Le domaine des biens de consommation emballés a été considéré pour les industries de procédés. Ce choix n'a pas été expliqué. Les sources ne sont pas connues.	
Smart Manufacturing (Automatisation de fabrication)	Adoption de la technologie : Taux de pénétration d'automatisation intelligente dans la production en Belgique.	95 à 100%. (53% en 2020).
	Impact sur les émissions : Diminution des émissions grâce aux économies d'énergie venant du déploiement de l'automatisation de la fabrication dans le secteur belge de la fabrication.	25% de réduction des émissions
	Notre commentaire : Les sources ne sont pas connues.	
Smart Manufacturing (Entretien prévisionnel)	Adoption de la technologie : Proportion d'entreprises adoptant un entretien prédictif dans le secteur de la fabrication en Belgique.	60 à 80%. (15% en 2020).
	Impact sur les émissions : Diminution des émissions grâce aux économies d'énergie venant du déploiement d'entretiens prédictifs dans le secteur belge de la fabrication.	9% de réduction des émissions
	Notre commentaire : Les sources ne sont pas connues.	

En matière d'énergie : Les émissions de GES peuvent être réduites de 12 à 14,5%. Le point de départ considéré est le scénario WEM.

Efficacité grâce au numérique	Adoption de la technologie : Proportion de centrales à énergie renouvelable avec des technologies ICT. Contribution d'expert : 80% à 100% des nouvelles centrales à énergie renouvelable sont à équiper avec des technologies numériques.	61 à 74% en 2030 (0% en 2020)
	Impact sur les émissions : Diminution des émissions grâce à l'augmentation de l'efficacité et de la production du renouvelable à l'aide des technologies numériques (principalement jumeau numérique et entretien prévisionnel)	7% de réduction des émissions
	Notre commentaire : Les prévisions d'ELIA ont été utilisées pour estimer la baseline 2030 sans mesures additionnelles.	
Réseaux flexibles	Adoption de la technologie : Proportion de DSR et de centres de stockage qui peuvent répondre aux critères de flexibilité totale. Les scénarios accélérés considèrent une adoption agressive du stockage « Vehicle-to-grid (V2G) ».	70 à 79%. (27% en 2020).
	Impact sur les émissions : Réduction des émissions due à une diminution des interruptions des installations, grâce à une DSR efficace et l'utilisation de solutions de stockage.	18% de réduction des émissions
	Notre commentaire : Les prévisions d'ELIA ont été utilisées pour estimer la baseline 2030 sans mesures additionnelles.	

Glossaire

AR (Réalité Augmentée) : technologie superposant une image sur la vision qu'a l'utilisateur de son environnement.

Edge Computing : forme d'informatique réalisée sur site ou à proximité d'une source de données déterminée, qui réduit ainsi la nécessité de traiter les données dans un datacenter distant.

GES (Gaz à effets de serre) : Les gaz à effet de serre sont à l'origine des gaz naturellement présents dans l'atmosphère. En absorbant une partie de la lumière du Soleil et de la chaleur émise par la Terre, ils garantissent les conditions de la vie sur notre planète. L'effet de serre qu'ils provoquent est donc un phénomène naturel. Malheureusement, l'activité humaine a généré de gigantesques quantités de certains gaz, ainsi que l'accumulation de nouvelles substances, amplifiant l'effet de serre naturel et provoquant des dérèglements sans précédent.

GeSI (Global enabling Sustainability Initiative) : initiative interprofessionnelle qui se veut créer et mettre en œuvre des solutions numériques soutenables. Son conseil d'administration est notamment composé en 2023 de géants des télécommunications (Verizon, AT&T, T-mobile US, Taiwan Mobile Fondation, Deutsch Telekom, TDC NET, Telstra, ETNO, Huawei, etc.)

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) : lieu d'expertise synthétisant l'état des connaissances sur le changement climatique et le rôle de l'activité humaine, le GIEC publie des rapports scientifiques sur lesquels s'appuient les États pour trouver des accords dans la lutte contre le réchauffement.

GSMA (Global System for Mobile Communications) : association internationale représentant les intérêts de plus de 750 opérateurs et constructeurs de téléphonie mobile de 220 pays du monde, auxquels s'ajoutent 400 autres entreprises de la sphère de la téléphonie mobile plus large, qui sont membres associés.

IA (Intelligence Artificielle) : ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine.

TIC / ICT (Technologies de l'information et de la communication) : les techniques de l'informatique, de l'audiovisuel, des multimédias, d'Internet et des télécommunications.

IIoT (Internet des objets industriel) : intégration de l'apprentissage machine, de la technologie du big data, de l'analyse des capteurs et de l'automatisation de la communication machine à machine. Cela se fait en sachant que l'Internet des objets sera mis à l'échelle et piloté par les entreprises. L'idée est que les machines intelligentes peuvent saisir et communiquer des données avec plus de précision pour aider les entreprises à trouver les problèmes plus rapidement et à accroître leur efficacité globale.

IIoT (Internet des Objets) : réseau d'objets (tels que des capteurs et des actionneurs) qui peuvent capturer des données de manière autonome et s'auto-configurer intelligemment en fonction des événements physiques du monde, permettant à ces systèmes de devenir des participants actifs dans divers processus publics, commerciaux, scientifiques et personnels.

Métavers : Le métavers ou metaverse correspond à un monde virtuel, il est la contraction de « meta » et « univers ».

Open Data : désigne un mouvement, né en Grande-Bretagne et aux États-Unis, d'ouverture et de mise à disposition des données produites et collectées par les services publics (administrations, collectivités locales...).

VR (Réalité Virtuelle) : technologie permettant de plonger une personne dans un monde artificiel créé numériquement

Références

¹ www.consilium.europa.eu/fr/policies/climate-change/

² www.harris-interactive.fr/opinion_polls/developpement-du-numerique-et-enjeux-environnementaux-une-possible-cohabitation

³ Olivier Vidal, CNRS “[Matières premières et énergie à l’échelle mondiale dans la transition énergétique](#)” (2019)

⁴ > *Le rapport Digital4Climate a été présentée devant la ministre Tinne Van der Straeten d’après les déclarations d’Agoria*
> *La réponse de Willy Borsu à propos de Digital4Climate au Parlement de Wallonie, le 09/06/22* <https://www.parlement-wallonie.be/pwpages?p=interp-questions-voir&type=28&iddoc=112180>

⁵ www.consilium.europa.eu/fr/policies/climate-change/

⁶ www.harris-interactive.fr/opinion_polls/developpement-du-numerique-et-enjeux-environnementaux-une-possible-cohabitation

⁷ Olivier Vidal, CNRS “[Matières premières et énergie à l’échelle mondiale dans la transition énergétique](#)” (2019)

⁸ GreenIT.fr (2019), Empreinte environnementale du numérique mondial : « En 2019, l’univers numérique est constitué de 34 milliards d’équipements pour 4,1 milliards d’utilisateurs, soit 8 équipements par utilisateur. En 2019, la masse de cet univers numérique atteint 223 millions de tonnes, soit l’équivalent de 179 millions de voitures de 1,3 tonnes (5 fois le parc automobile français) ».

⁹ L’étude englobe les résultats publiés - et fréquemment cités - par les équipes de Jens Malmmodin chez Ericsson, de Anders Andrae chez Huawei et de Lofti Belkhir de la McMaster University. Les études publiées par ces trois équipes de recherche procèdent généralement en : (1) établissant une liste des dispositifs considérés ; (2) convenant, pour chaque dispositif, de la quantité de gaz à effet de serre émis lors de sa production, de son transport et de son utilisation ; (3) estimant le nombre de dispositifs produits et leur durée de vie.

¹⁰ Freitag et al. (2020). [The climate impact of ICT: A review of estimates, trends and regulations.](#)

¹¹ La plupart de ces chiffres sont repris dans divers rapports relevant de la littérature grise. Nous mentionnerons, à titre d’exemple, deux rapports. En premier lieu, le rapport commandé par le BEREC (Board of European Regulator for Electronic Communication) auprès des compagnies Wik Consult et de Ramboll évoque une fourchette entre 1.5% à 5% pour ce qui est de la part des ICT dans les émissions de gaz à effet serre (BEREC, 2021, p21). De façon révélatrice : le rapport renvoie à un rapport intermédiaire publié par le Ministry of Transport and Communications de Finlande (Finland, 2020), qui lui-même renvoie à l’étude de Belkhir et Elmelligi (2018), prise en compte par Freitag et al. (2020).

¹² Commission européenne (2020), *Façonner l’avenir numérique de l’Europe*, communication de la Commission européenne, au Parlement européen, au Conseil européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions : “The environmental footprint of the sector is significant, estimated at 5-9% of the world’s total electricity use and more than 2% of all emissions” .

¹³ www.berec.europa.eu (2022) : [External Sustainability Study on Environmental impact of electronic communications](#)

¹⁴ The Shift Project (2020), [Impact environnemental du numérique : tendances à 5 ans et gouvernance de la 5G](#)

¹⁵ GSMA (2019). Carbon Trust, *The Enablement Effect – The impact of mobile communications technologies on carbon emission reductions*

¹⁶ GeSI (2015). *SMARTer2030 – ICT Solutions for 21st Century Challenges*, 201

¹⁷ Malmmodin et al. (2018) [The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015](#)

¹⁸ Les chiffres pour la consommation électrique mondiale proviennent [des chiffres de l’AIE](#).

¹⁹ Andrae (2020) [New perspectives on internet electricity use in 2030](#)

²⁰ The Shift Project (2021) [Impact environnemental du numérique : Tendances à 5 ans et gouvernance de la 5G](#)

-
- ²¹ Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2023) „[Neue Energiebedarfe digitaler Technologien – Untersuchung von Schlüsseltechnologien für die zukünftige Entwicklung des IKT-bedingten Energiebedarfs](#)“
- ²² The World Bank and ITU (2023), [Measuring the Emissions & Energy Footprint of the ICT Sector: Implications for Climate Action](#).
- ²³ Le dernier rapport de l'Agence Internationale de l'Energie souligne, entre autres, la croissance historique et à venir de la consommation électrique globale des Data Centers, de l'IA et des cryptomonnaies ; indiquant que l'Internet des Objets et la multiplication des réseaux 5G sont les principaux vecteurs de croissance des Data Centers.
=> International Energy Agency (2024), [Electricity 2024 – Analysis and forecast to 2026](#) (p31-32)
- ²⁴ Le Soir (13/04/2018), [interview de G. Pitron](#)
- ²⁵ Commission Européenne (2020), [Résilience des matières premières critiques : la voie à suivre pour un renforcement de la sécurité et de la durabilité](#)
- ²⁶ Le Monde (10/06/2022), [L'approvisionnement en métaux, enjeu critique de la transition énergétique](#)
- ²⁷ ADEME (2017), [Epuisement des métaux et minéraux : faut-il s'inquiéter ?](#)
- ²⁸ ibidem
- ²⁹ Institut CNRS français (2022), [Les terres rares : le paradoxe environnemental](#)
- ³⁰ Matt Hatton & William Webb (2020), The Internet of Things Myth
- ³¹ Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G., [The Global E-waste Monitor–2020](#), United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA)
- ³² Commission Européenne (2020), [Résilience des matières premières critiques : la voie à suivre pour un renforcement de la sécurité et de la durabilité](#)
- ³³ Institut CNRS français (2014), [Le recyclage des métaux](#)
- ³⁴ Bordage, F., de Montenay, L., Benqassem, S., Delmas-Orgelet, J., Domon, F., Prunel, D., Vateau, C. et Lees Perasso, E. GreenIT.fr. (2021), [Le numérique en Europe : une approche des impacts environnementaux par l'analyse du cycle de vie](#)
- ³⁵ Chaque année, les pays membres de l'Union Européenne : (1) Utilisent presque 5800 tonnes de ressources, matériaux et métaux rares pour la fabrication de technologies numériques et presque 4000 pétajoules PJ (unité de mesure d'énergie) de ressources fossiles, soit 26,4% des limites planétaires; (2) Génèrent 185 millions de tonnes équivalent CO2 pour le cycle de vie complet de leurs technologies numériques, soit 40,7% des limites planétaires ; (3) Exploitent plus de 570 millions de tonnes de matières premières pour la fabrication de technologies numériques et produisent plus de 115 millions de tonnes de déchets de technologies numériques en fin de vie.
- ³⁶ https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-12/#tab-googlechartid_chart_11
- ³⁷ Un rapport de l'ONU révèle que 53,6 millions de tonnes métriques de déchets électroniques ont été produites en 2019 dans le monde. Un chiffre record et en hausse de 21% en seulement cinq ans. Cette tendance fait des déchets électroniques le flux de déchets ménagers qui connaît la croissance la plus rapide au monde !
- ³⁸ Bieser, Kalte, Hilty (2022), [Auswirkungen digitaler Produkte auf den Klimaschutz](#)
- ³⁹ LePoint.fr (2022), [Sobriété énergétique : et si on s'attaquait aux plateformes de streaming ?](#)
- ⁴⁰ “The UK's total greenhouse gas emissions between 2019 and 2030 are estimated by BEIS to fall by 48 MtCO_{2e},8 equivalent to 11% of total UK CO_{2e} emissions in 2018.9 The environmental impact that can be attributed to digital technologies in 2030 is estimated to be equivalent to 15% of this decrease, reducing UK 2030 emissions by 7.2 MtCO_{2e}”.

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/technology-media-telecommunications/deloitte-uk-tech-for-impact.pdf>

⁴¹ Digital technologies can contribute almost half to Germany achieving its 2030 climate goals. This emerges from the first results of a study by the digital sector's business association Bitkom, conducted by Accenture. In the four areas examined so far, CO₂ emissions in Germany can be reduced by as much as 120 megatonnes in 2030 through targeted and accelerated deployment of digital solutions. That corresponds to almost one of every two tonnes that Germany still has to save if it is to reach the climate objectives it has set itself. <https://www.bitkom.org/climate-protection>

⁴² "Les émissions de CO₂ en Belgique en 2019, l'année précédant la pandémie de corona, étaient d'environ 116,5 mégatonnes de CO₂. Ces émissions de CO₂ seront réduites de 10,4 à 13,3 mégatonnes de CO₂ en 2030 grâce au déploiement de solutions numériques dans les 4 secteurs belges les plus intensifs en CO₂, soit environ 10% des émissions totales de la Belgique aujourd'hui". <https://www.agoria.be/fr/a-propos-de-nous/agoria-news/federal/dici-2030-15-technologies-numeriques-reduiront-les-emissions-de-co2-de-5-fois-le-total-des-emissions-du-numerique>

⁴³ IBPT (2022), [Communication du Conseil de l'IBPT du 29 novembre 2022 concernant l'étude relative à la durabilité des réseaux de télécommunications en Belgique](#)

⁴⁴ CTIA (2022), [5G Connectivity - A Key Enabling Technology to Meet America's Climate Change Goals](#)

⁴⁵ Commission européenne (2020), [Shaping Europe's digital future](#) : "Dans ses orientations politiques, la présidente de la Commission, Mme von der Leyen, a souligné la nécessité pour l'Europe de mener la transition vers une planète saine et un nouveau monde numérique. Ce double défi de la transformation verte et numérique doit aller de pair. Il nécessite, comme le prévoit le "Green Deal" européen, un changement de cap immédiat vers des solutions plus durables, économes en ressources, circulaires et neutres sur le plan climatique." (Traduction DeepL.com)

⁴⁶ Commission européenne (2021), [Une boussole numérique pour 2030 : l'Europe balise la décennie numérique](#)

⁴⁷ Commission européenne (2020), [Shaping Europe's digital future](#) : "Cependant, il est également évident que le secteur des TIC doit subir sa propre transformation écologique. L'empreinte environnementale du secteur est importante, estimée à 5-9% de la consommation totale d'électricité dans le monde et à plus de 2% de l'ensemble des émissions. Les centres de données et de télécommunications devront devenir plus efficaces sur le plan énergétique, réutiliser l'énergie perdue et utiliser davantage de sources d'énergie renouvelables. Ils peuvent et doivent devenir neutres sur le plan climatique d'ici à 2030. La manière dont les équipements TIC sont conçus, achetés, consommés et recyclés est également importante. Au-delà des exigences d'écoconception en matière d'efficacité énergétique, les équipements TIC doivent devenir totalement circulaires, c'est-à-dire conçus pour durer plus longtemps, pour être correctement entretenus, pour contenir des matériaux recyclés et pour être facilement démontés et recyclés." (Traduction DeepL.com)

⁴⁸ Commission européenne (2022), [Questions and answers on the 2022 Strategic Foresight Report](#) : "(1) La consommation d'énergie pourrait augmenter si les technologies numériques ne deviennent pas plus efficaces sur le plan énergétique. Les TIC sont responsables de 5 à 9 % de la consommation mondiale d'électricité. Cette consommation pourrait augmenter à mesure que l'utilisation de la blockchain, de l'internet des objets, des plateformes, des moteurs de recherche et des applications de réalité virtuelle s'intensifient. (2) L'utilisation accrue des technologies numériques pourrait augmenter les déchets électroniques et leur impact sur l'environnement. Il pourrait atteindre 75 millions de tonnes d'ici à 2030. (3) Les transitions verte et numérique nécessiteront davantage de matières premières. Par exemple, l'utilisation du lithium dans l'UE, principalement dans les batteries, devrait augmenter de 3 500 % d'ici à 2050. Toutefois, l'extraction, l'exploitation minière et le traitement de ces matières premières peuvent également nuire à l'environnement et à la sécurité de l'eau. Cela peut également soulever des questions d'ordre éthique. Cela dit, l'UE et ses États membres disposent déjà d'un bon cadre législatif pour veiller à ce que l'exploitation minière se déroule dans des conditions respectueuses de l'environnement et de la société" (Traduction DeepL.com)

⁴⁹ Pathak M, Slade R, Shukla P, Skea J, Pichs-Madruga R, Urge- Vorsatz (2022), [Technical summary, Climate Change 2022](#) : "At present, the understanding of both the direct and indirect impacts of digitalisation on energy use, carbon emissions and potential mitigation is limited"

⁵⁰ Pirson et Bol (2021), [Assessing the embodied carbon footprint of IoT edge devices with a bottom-up life-cycle approach](#) :

"Plusieurs documents s'accordent sur l'empreinte carbone absolue actuelle des TIC, qui est évaluée à environ 1 000 à 2 000 MtCO₂-eq, soit 2 à 4 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) (Freitag et al., 2021). Une part importante de cette empreinte est attribuée à la production de TIC, estimée entre 281 et 543 MtCO₂-eq (Freitag et al., 2021) en 2020. Toutefois, il n'y a pas de consensus sur les tendances futures. L'IoT étant une partie croissante des TIC, elle devrait également faire l'objet d'analyses concernant les impacts environnementaux et la durabilité (Stead et al., 2019, Nižetić et al., 2020, Belkhir et Elmeligi, 2018). Ce constat est étayé par les Analyses de Cycle de Vie (ACV) existantes des appareils TIC (Ercan et al., 2016), qui montrent que la production de composants électroniques représente une part importante des impacts environnementaux, en particulier pour les appareils alimentés par batterie. Par exemple, l'empreinte carbone incorporée des smartphones représente plus de 70 % de l'empreinte globale (Louis-Philippe et al., 2020). Malheureusement, beaucoup moins de recherches ont été menées sur les impacts directs générés par la production et le déploiement massifs de l'IoT". (Traduction DeepL.com)

-
- ⁵¹ Roussilhe, Ligozat et Quinton (2023), [A review of the state of knowledge of the environmental effects of digitization](#) : "To the best of our knowledge, no scientific publication so far has provided an assessment of the global (current or potential) enabling effects of digitization for GHG emission mitigation."
- ⁵² Digitalization for Sustainability (D4S) lead by TU Berlin (2022): [Digital Reset - Redirecting Technologies for the Deep Sustainability Transformation](#).
- ⁵³ Agence du Numérique & Digital Wallonia (2022) : [Impacts environnementaux et climatiques des outils numériques](#)
- ⁵⁴ Le Soir (11/03/2021), [La 5G déchire les experts belges](#)
- ⁵⁵ RTBF (16/02/2021), [Rapport sur la 5G en Wallonie : les experts expriment leurs divergences](#)
- ⁵⁶ AlterNumeris (2021), [La 5G - au-delà du 'pour ou contre'](#)
- ⁵⁷ ADEME (2022), [Prospective - Transitions 2050](#) : "La richesse des scénarios construits, visant la neutralité carbone en 2050, ne peut évidemment s'apprécier qu'à la lecture des travaux complets de l'Agence. En fonction des choix, les mix énergétiques diffèrent. Si l'enjeu climatique est prédominant dans l'exercice, il ne doit pas faire oublier d'autres enjeux majeurs tels que la biodiversité ou la pression exercée sur les ressources naturelles (eau d'irrigation, matériaux de construction) dont la teneur varie d'un scénario à l'autre."
- ⁵⁸ Ce scénario divise par 2 la consommation finale d'énergie à 790 TWh par an (1 772 TWh en 2015). Il ne mobilise que des puits de carbone biologiques et permet d'arriver à -42 millions de tonnes équivalentes carbone par an (401 MtCO₂eq en 2015).
- ⁵⁹ La consommation finale d'énergie est ramenée à 833 TWh et les émissions à -28 MtCO₂eq.
- ⁶⁰ Rey, F., Dutoit, T., Côte, F. & Lescourret, F. (2015). L'ingénierie écologique au service de l'aménagement du territoire. *Sciences Eaux & Territoires*, 16, 2-3 : "L'ingénierie écologique peut être définie comme un domaine d'action par et pour le vivant, c'est-à-dire qu'elle correspond à l'utilisation par le praticien des connaissances, concepts et théories de l'écologie, pour des finalités écologiques et/ou sociales qui sont souvent plus ou moins intimement mêlées (écotechnologies, agro-écologie, agro-foresterie, réhabilitation écologique, etc.). (...) On assimile souvent l'ingénierie écologique aux projets de restauration écologique de milieux naturels ou semi-naturels, terrestres ou aquatiques. L'ingénierie écologique a enfin pour objectif la création de nouveaux écosystèmes ayant un bénéfice pour l'homme et la biosphère (toits verts, mésocosmes, etc.)".
- ⁶¹ La consommation finale d'énergie est amenée à 1.074 TWh par an et les émissions à -9 Mt CO₂eq.
- ⁶² ADEME (2022), [Prospective - Transitions 2050](#) : « La fourniture d'énergie doit répondre à la demande de biens et de services, en particulier numériques, fortement consommateurs ainsi qu'aux besoins de mobilités. Pour cela, la biomasse est très mobilisée, en particulier les déchets pour la méthanisation et le bois pour l'énergie. Grâce aux ressources disponibles, la pyrogazéification tient un rôle important dans ce scénario ».
- ⁶³ ADEME (2022), [Prospective - Transitions 2050](#)
- ⁶⁴ La consommation finale d'énergie est amenée à 1 360 TWh et les émissions de 1 Mt CO₂eq.
- ⁶⁵ Pour le premier scénario, les mutations radicales des comportements peuvent induire un risque quant à son acceptation sociale; pour le second, les technologies le rendant viables (en matière de captage et stockage de CO₂) ne sont pas à un état de développement permettant d'envisager leur déploiement à court terme.
- ⁶⁶ The Shift Project (2020), [Déployer la sobriété numérique](#)
- ⁶⁷ Ibidem
- ⁶⁸ Villalba, B. (2016). Sobriété : ce que les pauvres ont à nous dire. *Revue Projet*, 350, 39-49.
- ⁶⁹ Semal, L., Szuba, M. & Villalba, B. (2014). « Sobriétés » (2010-2013) : une recherche interdisciplinaire sur l'institutionnalisation de politiques locales de sobriété énergétique. *Natures Sciences Sociétés*, 22, 351-358.
- ⁷⁰ Villalba, B. (2016). Sobriété : ce que les pauvres ont à nous dire. *Revue Projet*, 350, 39-49.

-
- ⁷¹ Voir l'abondante littérature en études des politiques publiques (*Policy Studies*) et, plus particulièrement, les variantes anglo-saxonne et francophone sur les instruments de politiques publiques. Voir par exemple Hood and Margetts (2007).
- ⁷² Proposition de loi visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique n° 2021-1485 du 15 novembre 2021), parue au JO n° 266 du 16 novembre 2021 <http://www.senat.fr/dossier-legislatif/pp120-027.html>
- ⁷³ J. Lainaï et N. Alep (2020), «Contre l'alternumerisme : pourquoi nous ne vous proposerons pas d'écogestes numériques ni de solutions pour penser une démocratie numérique »
- ⁷⁴ ARCEP (2020), [Pour un numérique soutenable](#)
- ⁷⁵ EcoInfo CNRS par F. Berthoud (2019), Eco-conception <https://ecoinfo.cnrs.fr/2019/02/19/eco-conception/>
- ⁷⁶ G. Roussilhe (2022), [Explications sur l'empreinte carbone du streaming et du transfert de données](#)
- ⁷⁷ JP Nicolai, L. Peragin (2022), Revue de l'OFCE, 176 : [Les certificats de sobriété numérique comme instrument de régulation de la pollution numérique](#)
- ⁷⁸ Bordage, F., de Montenay, L., Benqassem, S., Delmas Orgelet, J., Domon, F., Prunel, D., Vateau, C. et Lees Perasso, E. GreenIT.fr. (2021). [Au-delà des chiffres : Comprendre les impacts environnementaux du numérique et agir](#)
- ⁷⁹ Chemins de transition (2022). Comment faire converger la transition numérique et la transition écologique au Québec dans un horizon de 20 ans ? Rapport final du défi numérique
- ⁸⁰ Petit, V. (2017). Transition écologique et numérique. Vers des territoires communs? Revue d'Économie Régionale & Urbaine, 797-818
- ⁸¹ E. Caccamo, <https://polemos-decroissance.org/> (2020), [Société post-croissance et technologies numériques](#)
- ⁸² N. Alep, extraite du n°1 de la revue Permanences critiques : [Quelques pistes de réflexion pour une décroissance numérique](#)
- ⁸³ L'Echo (03/05/2022) : [Le numérique pourrait réduire les émissions belges de CO2 de 10%, selon Agoria](#)
- ⁸⁴ RTBF (03/05/2022) : [Au moins 10% de baisse des émissions CO2 en 2030 grâce au digital, selon une étude d'Agoria](#)
- ⁸⁵ Joachim Schöpfel (2015), « Littérature « grise » : de l'ombre à la lumière »
- ⁸⁶ Association Française pour l'Information Scientifique (2014), [Comprendre le système de publication scientifique](#)
- ⁸⁷ Journal Nice-Matin, (06/11/2021), [L'aéroport de Nice peut-il être neutre en carbone? : "De fait, un aéroport pollue. Parce qu'il y a du trafic aérien, des activités aéroportuaires et des activités mobiles. Mais la plupart des groupes aéroportuaires ne prennent pas toutes ces sources en compte quand ils font l'inventaire de leurs émissions"](#)
- ⁸⁸ Pirson et Bol (2021), [Assessing the embodied carbon footprint of IoT edge devices with a bottom-up life-cycle approach](#)
- ⁸⁹ Commission européenne (2013), [2013/179/UE](#) : Recommandation de la commission du 9 avril 2013 relative à l'utilisation de méthodes communes pour mesurer et indiquer la performance environnementale des produits et des organisations sur l'ensemble du cycle de vie
- ⁹⁰ En 2009, une équipe internationale de 17 chercheurs définissent 9 limites planétaires : ce sont les seuils que l'humanité ne devrait pas dépasser pour ne pas compromettre les conditions favorables dans lesquelles elle a pu se développer et pour pouvoir durablement vivre dans un écosystème sûr. Actuellement, 6 limites sur les 9 ont déjà été franchies..
- ⁹¹ Bordage, F., de Montenay, L., Benqassem, S., Delmas-Orgelet, J., Domon, F., Prunel, D., Vateau, C. and Lees Perasso, E. GreenIT.fr. (2021), [Digital technologies in Europe: an environmental life cycle approach.](#)
- ⁹² Ibidem, p10 : *"We observe an inversion of "trends" between the most impactful environmental indicators for ICT, climate change and resource use (minerals and metals). This shows that climate change cannot be effectively mitigated without at the same time addressing the other environmental issues related to an activity such as ICT. This is to be understood in the light of technology resource dependency: each specific non-renewable resource used can become a separate issue in its own right in the case of a flow shortage or if a material becomes scarce"*

⁹³ Hilty, L. M. (2008). Environmental impact of ICT-A conceptual framework and some strategic recommendations. OECD workshop on ICT and environmental challenges Copenhagen; Hilty, L. M., & Aebischer, B. (2015). Ict for sustainability: An emerging research field. In ICT Innovations for Sustainability (pp. 3-36). Springer International Publishing.

⁹⁴ Agence du Numérique & Digital Wallonia (2022) : [Impacts environnementaux et climatiques des outils numériques](#)

⁹⁵ EcoInfo CNRS (2016), [Effets rebond du numérique](#)

⁹⁶ Ibid.

⁹⁷ Ibid. : « Par exemple, dans les cas du téléachat, du télétravail et des téléconférences, une partie importante des économies de déplacement est annulée par l'augmentation des trajets non professionnels pour faire des courses ou accompagner des membres de sa famille dans des déplacements de loisir. Falch (2012) montre par exemple que c'est au Danemark que l'on trouve le plus fort effet rebond lié au télétravail (73%). En effet, pour ce pays le télétravail a permis réduire les déplacements domicile-travail motorisés de 105 km par semaine. Mais il a dans le même temps occasionné des déplacements personnels de 77 km, qui annulent en partie les kilomètres économisés grâce au télétravail, d'où un effet rebond de 73% (77 km/105 km) ».

⁹⁸ Gossart (2016), [Rebound effects and ICT : a review of the literature](#) : "Des effets indirects de rebond ont également été observés en ce qui concerne les services TIC visant à réduire les transports. Par exemple, dans le cas du téléachat, du télétravail et de la téléconférence, "une partie substantielle des économies de transport est annulée par l'augmentation des transports à d'autres fins telles que les achats et l'augmentation des transports effectués par d'autres membres de la famille" (...) Dans le domaine de l'apprentissage en ligne, Herring et Roy ont étudié les impacts environnementaux de trois systèmes d'enseignement supérieur [39]. Ils ont conclu que "l'enseignement électronique n'entraîne pas de réduction des émissions d'énergie ou de CO2 par rapport à l'enseignement à distance sur support papier, en raison d'effets de rebond, par exemple en ce qui concerne l'utilisation des ordinateurs et le chauffage domestique". (ibid., p. 525) Quant à Caird et al, leur étude de 30 cours d'enseignement supérieur dans des systèmes d'enseignement sur le campus et à distance dans 15 institutions britanniques a révélé que, malgré les effets de rebond, l'enseignement en ligne conduisait à la dématérialisation".

⁹⁹ EcoInfo CNRS (2016), [Effets rebond du numérique](#)

¹⁰⁰ Agence du Numérique & Digital Wallonia (2022), p16, [Impacts environnementaux et climatiques des outils numériques](#)

¹⁰¹ La Libre Belgique (03/05/2022), [Relever le défi de la neutralité carbone grâce au digital, est-ce réaliste ? "On n'échappera pas à une forme de sobriété digitale... et elle n'arrivera pas spontanément"](#)

¹⁰² Accenture a aussi participé aux rapports du GeSI SMARTer2020 et 2030, mais aussi <https://5gclimate.ctia.org/> Cela peut expliquer pourquoi tous ces rapports vont dans le même sens : ils sont réalisés par les mêmes gens, sur base de la même méthodologie et des mêmes données.

¹⁰³ Agoria (2023), ["D'ici 2030, 15 technologies numériques réduiront les émissions de CO2 de 5 fois le total des émissions du numérique"](#)

¹⁰⁴ Ibid.

¹⁰⁵ Ibid.

¹⁰⁶ D. Meadows, D. Meadows, J. Randers, W. Behrens III (MIT) (1972), Les Limites à la croissance ([The Limits to Growth](#))

¹⁰⁷ Registre de Transparence Européen : <https://ec.europa.eu/transparencyregister/public/consultation/search.do>

¹⁰⁸ Les études sont disponibles en libre accès sur le site web des commanditaires référencés.

¹⁰⁹ Status d'Agoria : <https://www.agoria.be/system/files/documents/2021-01/status-et-reglement-d-ordre-interieur.pdf>

¹¹⁰ Agoria (2022), [Digital4Climate - Study about the contribution of digital technologies to reduce carbon emissions in Belgium](#)

"The central intention of the study is to answer the question of whether digital technologies, in addition to other key levers, can make a relevant contribution to achieving the Belgian cli-mate goals by 2030. To this end, a quantitative model of the incremental carbon abatement of digital technologies by 2030 was contrasted with the projected carbon emissions of digital technologies in 2030". (p.9)

¹¹¹ Ibid. : *“The objective of this report is to derive meaningful insights and recommendations for a broad range of stakeholders related to the contribution of digital technologies in view of GHG emissions. Additional environmental impacts, related to water use, waste generation, resource depletion, etc., have been left out of the analysis to reduce the complexity and associated uncertainty of the forecasting model. Recent endeavours to consider impacts across the whole range of planetary boundaries, as done by Benqassem et al. (2021), are for sure much needed and future forecasting should consider multi-criteria analysis to the fullest extent”* (p. 61)

¹¹² Ibid. : *“The calculation methodology takes into consideration the end user & IoT devices, the networks and the data centres in their whole life cycle”* (p. 16)

¹¹³ Ibid. : *“End user and IoT devices covered in this study focus on ICT- and IoT-related devices, and hence exclude entertainment devices, such as TVs and gaming consoles”* (p.16)

¹¹⁴ Ibid. : *“The overall calculation approach builds on the data provided by the recent study by Benqassem et al. (2021). The reason for this is twofold: first, it is a comprehensive study and encompasses all life cycle stages and granular data on a wide range of devices, networks and data centres. Second, for the purpose of this report, its focus on the European Union is considered more relevant than related studies at the global level. This report, therefore, leverages the Benqassem et al. (2021) study to derive the GHG footprint of a subset of digital technologies in Belgium for 2019, as the basis for the subsequent forecasting until 2030”*. (p.75)

¹¹⁵ Ibid. : *“There is no quantification of the rebound effects based on the study results, as the literature base is very heterogeneous, and no reliable calculation was possible for each application”* (p.74).

¹¹⁶ Ibid. *“This methodology is based on the widely recognised GeSI studies (e.g. Smarter 2030). Estimations of all values were based on secondary research from generally recognised sources (+200 sources) and validated by at least three independent experts for each sector”* (p.11).

¹¹⁷ Scénario dans lequel pas ou très peu de mesures sont prises dans le but de réduire les émissions de CO₂.

¹¹⁸ Ibid. *“For buildings, manufacturing and mobility & logistics, 2019 baselines were projected to 2030 based on the appropriate WEM scenarios of the National Energy and Climate Plan (NECP). For energy, 2030 emissions were based on Elia forecasts for electricity demand and carbon intensity, adjusted recently with new commitments by the Belgian Government around nuclear and offshore wind”* (p.13).

¹¹⁹ Ibid. *“The estimated 2030 emissions that can be addressed by a use case lever will be calculated from the 2019*

European Environment Agency (EEA) data which is projected to 2030 based on the industry forecasts or the With Existing Measures (WEM) scenario of the National Energy and Climate Plan (NECP)” (p.11).

¹²⁰ Ibid. *“It is important to note that the baseline emissions used in the quantitative model are higher than the volumes that will be achieved in 2030 if the measures in the NECP are effectively implemented. As the WEM scenario includes less carbon reducing efforts than the With Applied Measures (WAM, also from the NECP) scenario, it is a better basis for estimating the carbon reduction effect of digital technologies. Specifically, this avoids double counting the reduction effect of digital as much as possible, as the additional carbon reduction efforts in the WAM scenario implicitly include some digital impact. As such, not all new reduction measures for direct emissions were included in the 2030 scenario (e.g. use of renewable energy)”* (p.13)

¹²¹ *“Estimations of all values were based on secondary research from generally recognised sources (+200 sources) and validated by at least three independent experts for each sector”* (p.11).

¹²² Un proxy est une sorte d'indicateur indirect. Il est une variable qui n'est pas directement pertinente mais qui remplace une variable non observable ou pour laquelle aucune donnée n'est disponible.

¹²³ www.itu.int/en/mediacentre/Pages/PRO4-2020-ICT-industry-to-reduce-greenhouse-gas-emissions-by-45-percent-by-2030.aspx; www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=14084; www.itu.int/en/action/environment-and-climate-change/Documents/20200227-Guidance-ICT-companies-report.PDF; www.gsma.com/betterfuture/climate-company-guidance

¹²⁴ Ibid. : *“In this study, the carbon abatement effect of digital technologies is calculated from a use case perspective, rather than a technology perspective”*. (p.10).

¹²⁵ Ibid. : *“In this context, a use case is defined as a practical application of one or more digital technologies that enables a reduction in CO₂e emissions in a particular business or process (e.g. smart homes)”* (p.10).

-
- ¹²⁶ Ibid. "The use cases that served as the basis for carbon abatement calculations were selected from four key sectors: manufacturing, mobility & logistics, energy and buildings". (p.11).
- ¹²⁷ AlterNumeris (2021), [La 5G Au-delà du 'Pour ou Contre'](http://www.alternumeris.org/la-5g-au-dela-du-pour-ou-contre/) - www.alternumeris.org/la-5g-au-dela-du-pour-ou-contre/
- ¹²⁸ Miguel Coma (2021) , [5G La Nouvelle Utopie](#)
- ¹²⁹ The Shift Project (2021), [Impact Environnemental du Numérique : Tendances à 5 Ans et Gouvernance de la 5G](#)
- ¹³⁰ Agence du Numérique & Digital Wallonia (2022) : [Impacts environnementaux et climatiques des outils numériques](#)
- ¹³¹ G. Roussilhe (2021), [Que peut le numérique pour la transition écologique ? État des lieux de l’empreinte écologique du numérique et étude de ses impacts positifs annoncés pour la transition](#)
- ¹³² Rasoldier, A., Combaz, J., Girault, A., Marquet, K., Quinton, S. (2022), How realistic are claims about the benefits of using digital technologies for GHG emissions mitigation?
- ¹³³ Vlad C Coroamă, Pernilla Bergmark, Mattias Höjer and Jens Malmodin (2020), [A Methodology for Assessing the Environmental Effects Induced by ICT Services – Part I: Single Services](#).
- ¹³⁴ Roussilhe, Ligozat et Quinton (2023), [A review of the state of knowledge of the environmental effects of digitization](#)
- ¹³⁵ Auteurs : Yasmine Aiouch (Deloitte), Augustin Chanoine (Deloitte), Léo Corbet (Deloitte), Pierrick Drapeau (Deloitte), Louis Ollion (Deloitte), Valentine Vigneron (Deloitte), avec les contributions de Caroline Vateau (APL-datacenter), Etienne Lees Perasso (Bureau Veritas), Julie Orgelet (DDemain), Frédéric Bordage (GreenIT.fr) et Prune Esquerre (IDATE) (2022), [Évaluation de l’impact environnemental du numérique en France et analyse prospective, Etat des lieux et pistes d’actions](#).
- ¹³⁶ ISO 14040 : norme qui spécifie les principes et le cadre applicables à la réalisation d'analyses du cycle de vie
- ¹³⁷ ISO 14044 : norme qui spécifie les exigences et fournit les lignes directrices pour la réalisation d'analyses du cycle de vie
- ¹³⁸ > Le rapport Digital4Climate a été présentée devant la ministre Tinne Van der Straeten [d’après les déclarations d’Agoria](#)
> La réponse de Willy Borsu à propos de Digital4Climate au Parlement de Wallonie, le 09/06/22 <https://www.parlement-wallonie.be/pwpages?p=interp-questions-voir&type=28&iddoc=112180>