

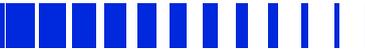


THE CARBON
TRANSITION
THINK TANK

PLANIFIER LA DÉCARBONATION DU SYSTÈME NUMÉRIQUE EN FRANCE: CAHIER DES CHARGES

NOTE D'ANALYSE

MAI 2023



01

**LA PLANIFICATION :
CAHIER DES CHARGES**

A. Planifier la transformation de l'économie française

Les contraintes avec lesquelles notre économie doit jouer à partir de maintenant sont imposées par la réalité physique du monde dans lequel nous évoluons : budget carbone, disponibilité énergétique, concurrence sur les sols, volatilité des approvisionnements en matériaux...

La vision physique de l'économie est un atout majeur pour nos prises de décision des années à venir, parce qu'elle est de même nature que le problème qu'elle cherche à éclairer. Décrire nos activités par des tonnes, des kilomètres, des TWh et des hectares permet deux choses essentielles au pilotage d'une société du XXI^{ème} siècle :

- **Comprendre l'ampleur des transformations à mener**, parce que la traduction des contraintes¹ se fait directement sur les activités qui sont concernées², sans impliquer d'intermédiaire complexe comme la variable monétaire ;
- **Identifier les concurrences à venir**, qui viendront de la disponibilité limitée de certaines ressources devenue rares. Ce sont les arbitrages inévitables qui en découleront qui doivent être documentés par les pouvoirs publics, les acteurs économiques et la société afin de ne pas devoir les réaliser dans l'urgence.

L'exercice du Plan de transformation de l'économie française (PTEF) de The Shift Project a appliqué cette approche, construite sur les quatre piliers que toute démarche de planification doit intégrer pour être à la hauteur des enjeux :

- **La vision physique et compétences**, qui quantifie les trajectoires et leviers grâce à des indicateurs quantitatifs et physiques tout en les traduisant en évolution du nombre d'emplois et des compétences nécessaires ;
- **La vision systémique**, qui agrège les feuilles de route sectorielles (bouclage énergie, bouclage matières et cohérence des secteurs interdépendants) pour vérifier la faisabilité physique de la trajectoire globale et faire ressortir les arbitrages inévitables ;
- **La coordination des acteurs**, la mise en pratique de la trajectoire n'advenant que si un espace de pilotage est construit ;
- **La gestion des risques**, le XXI^{ème} siècle étant celui des aléas, il est indispensable de s'être outillé pour pouvoir répondre aux imprévus (crises, retards industriels etc.) sans dévier du cap.

« Votre plan contient-il ... ? »

- Vision physique et compétences**
- Vision systémique**
- Coordination des acteurs**
- Gestion des risques**

• *Figure 1 •*
La « check-list » de la planification, sans laquelle toute initiative de planification est caduque
Source : The Shift Project

¹ Capacité maximum accessible par le système électrique en 2050, par exemple.

² La production d'hydrogène, la mobilité électrique ou le développement des centres de données, par exemple.

B. Planifier la décarbonation du système numérique

Le secteur des biens et services numériques, comme tous les autres secteurs, a besoin de ces outils pour parvenir à relever le défi de sa décarbonation. Pour lui, **l'exercice de planification**, tout juste amorcé à l'échelle nationale avec le lancement du Haut comité numérique écoresponsable (HCNE)³, **doit intégrer trois piliers indispensables** :

- **La trajectoire de référence** : tout exercice de planification doit s'appuyer sur une trajectoire et des objectifs quantitatifs de décarbonation. En France, la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) tient ce rôle, pour aiguiller les secteurs et leurs parties prenantes. Pour les acteurs du numérique, une telle référence est indispensable à construire et à intégrer à la prochaine mise à jour de la SNBC en 2023 ;
- **La vision physique et systémique** :
 - Les besoins en ressources du secteur numérique en France au cours de la trajectoire (énergie dont électricité, matériaux, eau) doivent être quantifiés et replacés dans un exercice de rebouclage avec les demandes des autres secteurs. ;
 - Pour chaque levier, doivent être identifiés leurs effets rebond éventuels et les mécanismes pour les endiguer ;
- **Des actions relevant des quatre grandes familles de leviers à mobiliser** :
 - **La mesure et la transparence** : sans mesure, pas de priorisation éclairée possible. Sans transparence, pas de mesure ni d'ordres de grandeurs fiables à disposition ;
 - **L'optimisation** : un levier complémentaire qui n'est véritablement utile qu'à services rendus constants, à coupler donc avec des mécanismes pour éviter les effets rebonds ;
 - **La réorganisation collective des usages vers la sobriété** : c'est la transformation en rupture des usages et des modèles économiques, sans laquelle les objectifs de décarbonation ne peuvent être atteints ;
 - **La formation et les compétences** : mettre effectivement en œuvre des feuilles de route au bon niveau d'ambition nécessite que les acteurs (industriels, opérateurs, entreprises et institutions) acquièrent et mobilisent les compétences et ressources humaines nécessaires.

³ <https://www.banquedesterritoires.fr/le-numerique-ecoresponsable-son-haut-comite>

1. Quelle trajectoire de référence pour le numérique ?

a. Les dynamiques globales du numérique se confirment

Les dynamiques actuelles du numérique dans le monde et leurs évolutions sur les cinq dernières années confirment les enjeux identifiés depuis plusieurs années par The Shift Project et les autres acteurs de l'impact environnemental du numérique⁴.

Les impacts du système numérique mondial croissent selon une dynamique particulièrement rapide et incompatible avec sa décarbonation, avec une croissance de ses émissions carbonées évaluée à **+ 6 %/an en moyenne au niveau mondial** par The Shift Project (The Shift Project, 2021), et à environ **+ 2 à 4 %/an en France** par le Haut Conseil pour le Climat, le rapport d'information du Sénat et l'étude ADEME-Arcep (ADEME & Arcep, 2023; HCC, 2020; Sénat, 2020).

Les optimisations incrémentales ne parviennent pas à compenser le développement soutenu de ses infrastructures, parcs et flux (ADEME & Arcep, 2023; Bol et al., 2020; European Commission, 2020; GreenIT.fr, 2019; IEA, 2022; The Shift Project, 2021). Ce constat continue de se vérifier et s'est illustré au cours des cinq dernières années, qui devaient pourtant marquer un plafonnement de ces impacts grâce au progrès technologique (IEA, 2019; ITU-T, 2020; Masanet et al., 2020). **Pour illustration, la consommation électrique des centres de données**, quelque fois citée comme preuve emblématique de l'absorption de l'augmentation des volumes grâce aux gains d'efficacité énergétique⁵, **est en fait clairement orientée à la hausse** :

- **Au niveau international**, l'IEA⁶ estime maintenant l'augmentation de la consommation des centres de données à **+ 10 à 60 % entre 2015 et 2020, sans prise en compte de l'activité de minage de cryptomonnaies**⁷ (IEA, 2022) ;
- **Dans des pays comme les Etats-Unis**, les tendances prévues sont exponentielles, avec des estimations atteignant **+ 10 %/an depuis 2014 et jusqu'en 2030 au moins** (McKinsey & Company, 2023) ;
- **Au niveau européen**, la Commission estime que la consommation des centres de données a grimpé de plus de **40 % entre 2010 et 2018**, et qu'elle est sur le chemin d'une nouvelle **augmentation de 20 % d'ici 2025** (European Commission, 2020) ;
- **En France**, elle est estimée par l'étude ADEME-Arcep à **12 TWh en 2020** et projetée à 15 TWh en 2030 et près de 40 TWh en 2050 (**soit une multiplication par 3,5 en 30 ans**) dans son scénario tendanciel (ADEME & Arcep, 2023, p. 65, 69, 71, 82, 83).

Des méthodologies sont aujourd'hui en cours de développement pour déterminer sous quelles conditions l'introduction d'une solution connectée permet de réduire l'empreinte carbone nette d'un système (The Shift Project, 2020). Ces conditions de pertinence peuvent (et doivent) être évaluées au cas par cas. **Aucun consensus scientifique n'existe cependant aujourd'hui pour démontrer la compensation**, parfois évoquée sans fondement dans le débat public, de

⁴ Par exemple, de manière non-exhaustive : (The Shift Project, 2018) (GreenIT.fr, 2019) (The Shift Project, 2021).

⁵ Le périmètre des études du type de celles précédemment citées (IEA, 2019; ITU-T, 2020; Masanet et al., 2020) ne documente pas certains des axes les plus déterminants dans l'impact carbone et environnemental global du numérique (terminaux et phase de production notamment), traitant la consommation électrique des centres de données.

⁶ International Energy Agency, ou Agence Internationale de l'énergie (AIE).

⁷ Avec prise en compte des activités de minage de cryptomonnaies, la consommation des centres de données augmente de 60 à 125 % entre 2015 et 2020 selon les estimations de l'IEA (IEA, 2022).

l’empreinte du numérique par une réduction de celle des autres secteurs au global. Toutes les études académiques récentes⁸ mettent en évidence l’existence d’effets de second ordre ou d’effets systémiques qui viennent contrebalancer les impacts positifs de premier ordre lorsque ceux-ci existent⁹. La croissance des impacts du numérique est donc bien un enjeu à traiter aujourd’hui avec le même niveau d’ambition que pour les autres secteurs de l’économie.

b. Le numérique français ne fait pas exception

Le numérique représente 2,5 % de l’empreinte carbone du pays en 2020¹⁰ et 11 % de la consommation électrique nationale (ADEME & Arcep, 2023; HCC, 2020)¹¹. Les études prospectives se succèdent et concluent à **une hausse tendancielle de plus en plus forte de l’empreinte carbone sur la décennie 2020 - 2030 : + 45 % selon la dernière étude effectuée par l’ADEME et l’Arcep (ADEME & Arcep, 2023, 65, 69, 73, 75, 78, 79).**

Scénarios tendanciels GES numérique - France			
en MtCO ₂ e	2020	2030	Evolution
Sénat (2020)	15,4	18,3	19%
HCC (2020)	15,2	20,3	34%
ADEME-Arcep (2023)	17,2	25	45%

Tableau 1 - Projections de l’empreinte carbone du numérique en France (scénarios tendanciels)
Source : (ADEME & Arcep, 2023; HCC, 2020; Sénat, 2020)

La consommation électrique du numérique a longtemps été estimée par RTE, comme devant baisser tendanciellement du fait des progrès d’efficacité énergétique (RTE, 2022, p. 883, Annexes au chapitre 3). Il est aujourd’hui de plus en plus clair, notamment au vu et au su de la multiplication de projets d’implantation de data centers toujours plus imposants, qu’il faille **aligner les prévisions sur une tendance radicalement opposée.**

Scénarios tendanciels Consommation électrique numérique - France			
en TWh	2020	2030	Evolution
Sénat (2020)	44,2	56	27%
HCC (2020)	44,4	67,2	51%
ADEME-Arcep (2023)	51	54,4	7%
Estimation The Shift Project	51,2	66,9	31%

Tableau 2 - Projections de la consommation électrique du numérique en France (scénarios tendanciels)
Source : (ADEME & Arcep, 2023; HCC, 2020; Sénat, 2020; The Shift Project, 2023)

⁸ Voir par exemple (Rasoldier et al., 2022), (Court & Sorrell, 2020)

⁹ Ces impacts positifs de premier ordre ne sont d’ailleurs pas intrinsèques à une solution numérique ou à une technologie mais dépendent de conditions aux limites qui doivent être satisfaites par le système objet de la numérisation ; voir (The Shift Project, 2020).

¹⁰ 15,1 MtCO₂e selon le Haut conseil pour le climat (HCC, 2020, p.17) et 16,9 MtCO₂e selon l’évaluation ADEME-Arcep (ADEME & Arcep, 2023).

¹¹ Pour comparaison, cela signifie qu’en termes de consommation électrique le numérique a atteint le niveau de l’intégralité de l’éclairage dans notre pays (domestique, tertiaire, industrie, voirie etc.) (AFE, 2018). Il représente donc 10 fois celle du seul éclairage public (qui représente 10 % de l’éclairage) (AFE, 2018), sur lequel de nombreuses considérations se sont focalisés au moment de l’établissement des plans de sobriété à l’automne 2022, qui a été un exemple de situation de concurrences intersectorielles fortes d’accès à l’électricité.

Au vu des tendances observées dans les précédents rapports prospectifs (HCC, 2020; Sénat, 2020) et selon nos estimations provisoires (The Shift Project, 2023)¹², la consommation électrique du numérique en France devrait passer de 51 TWh en 2020 à environ 67 TWh en 2030, soit une augmentation de plus de 30 %, due pour moitié aux centres de données. **La consommation électrique du numérique en 2030 pourrait donc excéder d'environ 20 à 30 TWh l'hypothèse prise dans les scénarios RTE** (RTE, 2022, p. 107, 883, 885, Annexes au chapitre 3), qui tablent sur une décroissance de cette consommation¹³.

Les travaux en cours au sein de RTE pour la mise à jour de son bilan prévisionnel (2023 - 2035) constituent de ce fait une opportunité à saisir de revoir cette hypothèse.

Compte tenu des concurrences intersectorielles fortes d'accès à l'électricité se posant dans le cadre de la décarbonation de nos activités à horizons 2030 et 2050 (RTE, 2022; The Shift Project, 2022), perpétuer la sous-estimation chronique des impacts du numérique présenterait un risque important pour l'exercice de planification nationale.

Il est indispensable de produire une trajectoire du numérique qui tienne compte de cet indicateur et qui assure la cohérence entre les différentes projections pilotant le déploiement de nos infrastructures nationales (électriques comme numériques), faute de quoi le risque serait fort de devoir répondre par des importations d'électricité plus carbonée à des besoins excédentaires.

c. Produire une trajectoire de référence pour le numérique français

Produire une trajectoire de référence pour la réduction des impacts du secteur est indispensable pour mobiliser les acteurs sur les transformations à mener. Elle permet de :

- **Fixer un cadre quantitatif commun** de concertation, de construction et d'évaluation des leviers à déployer pour décarboner à la bonne échelle à moyen (3 ans) et long termes (2030 et 2050) ;
- **Intégrer l'effort de planification sectoriel dans l'exercice de planification national** mené par le SGPE¹⁴, qui doit produire une vision cohérente des évolutions à mener au niveau de nos infrastructures, tissus économiques et usages.

Cette trajectoire doit permettre de rendre le numérique français compatible avec l'Accord de Paris et l'objectif 2°C et **être intégrée à la mise à jour de la SNBC de 2023 (SNBC3)** afin de pouvoir devenir la trajectoire de référence dont ont besoin les acteurs.

Les objectifs mondiaux SBTi¹⁵ pour les technologies numériques, fixés par les acteurs industriels (GSMA, GeSI¹⁶) visent une réduction des émissions du secteur dans son ensemble¹⁷ de 45 % d'ici 2030 (par rapport à 2020 (SBTi et al., 2020, p. 9))¹⁸. The Shift Project propose de prendre

¹² Détails sur ces estimations provisoires disponibles en Annexe de ce document, ainsi que dans les documents complémentaires de cette note d'analyse (The Shift Project, 2023).

¹³ Lorsque l'on considère tout le numérique, terminaux et centres de données inclus.

¹⁴ Secrétariat à la planification écologique

¹⁵ Science Based Targets Initiative

¹⁶ GSMA : GSM Association, association rassemblant les acteurs internationaux de la connectivité mobile (constructeurs, opérateurs etc.). | GeSI : Global enabling Sustainability Initiative, groupement d'acteurs internationaux du numérique et des télécommunications, dont la mission est d'œuvrer sur le numérique durable.

¹⁷ Phase de production et phase d'utilisation.

¹⁸ On peut déduire, à partir des données de l'ITU sur les GES de la phase d'usage (ITU-T, 2020, p. 24, 25, 26), que la trajectoire SBTi prévoit une augmentation de la consommation d'électricité de 40 % entre 2020 et 2030 à l'échelle mondiale. Cette dynamique est cohérente avec l'estimation provisoire de The Shift Project pour la France en 2030

cet objectif comme base de la construction de trajectoire nationale. Il est en effet cohérent à la fois avec les ambitions auxquelles le secteur s'engage au niveau international, avec les objectifs de réduction des émissions nationales (- 40 % en 2030 par rapport à 1990¹⁹) et avec les objectifs « Fit for 55 » fixés par l'Union européenne (- 45 % en 2030 par rapport à 2005 pour les secteurs non-soumis à l'EU ETS²⁰, dont le numérique fait partie (European Commission, 2021) (HCC, 2022, p. 42, 44)).

Il faut toutefois tenir compte de l'hypothèse prise dans l'objectif SBTi d'une division par 3 de l'intensité carbone de l'électricité utilisée, qui ne peut pas être répliquée telle quelle dans le contexte français (ITU-T, 2020; SBTi et al., 2020) et qui ne pourra donc être mobilisée par les acteurs pour atteindre leurs objectifs.

Afin d'accorder l'objectif avec les spécificités de la situation française, The Shift Project propose de recalibrer l'objectif SBTi en intégrant deux hypothèses²¹ :

- La répartition particulière de l'impact entre phases de production et d'utilisation²²,
- L'hypothèse d'une division par 2 de l'intensité carbone de l'électricité utilisée à 2030, en accord avec les projections RTE retenue dans le cadre du PTEF (RTE, 2022; The Shift Project, 2022) ;

L'objectif SBTi ainsi recalculé devient une réduction de 30 %. **The Shift Project préconise de construire la trajectoire française autour de cet objectif de - 30 % à 2030.**

Cette trajectoire doit s'appuyer sur une vision physique des segments du système numérique (terminaux, centres de données, infrastructures réseaux), permettant de décrire :

- **Les dynamiques tendanciennes de croissance du secteur** et de leurs impacts carbone associés ;
- **Les effets de seuils**, notamment dans les progrès continus d'efficacité énergétique, qui limiteront les prolongations de tendances ;
- **L'ampleur quantitative des transformations à mener sur le système numérique** et sur les logiques des acteurs qui le composent (typologies d'usage, modèles économiques, mécanismes publics de réglementations et accompagnement).

La trajectoire SBTi a été établie sur la base de la recommandation L-1470 publiée par l'UIT (ITU-T, 2020) et concerne l'empreinte propre du numérique. **Cette recommandation n'ignore pas l'existence d'impacts indirects du numérique sur les émissions d'autres secteurs, positifs (émissions évitées) ou négatifs (émissions induites).** Elle les évoque explicitement mais **n'en déduit pas pour autant qu'il faille tenir compte d'une sorte d'effet de compensation qui conduirait à un objectif moins ambitieux de réduction des émissions propres du numérique.**

(+ 31 %, cf. Tableau 1). Le taux de croissance plus faible en France que dans le Monde est en effet aligné avec la moindre croissance du parc d'équipements.

¹⁹ Complété de l'objectif d'une division par un facteur supérieur à 6 des émissions en 2050 par rapport à 1990. Objectifs inscrits dans l'art. L100-4 du Code de l'énergie par la loi relative à l'énergie et au climat de 2019 (Légifrance, 2019) et la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte de 2015 (Légifrance, 2015).

²⁰ European Union Emissions Trading System : système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne.

²¹ Détails de l'approche disponible dans les documents complémentaires (The Shift Project, 2023).

²² Poids très fort de la phase de production (89 %) dans les émissions de secteur au niveau français (ADEME & Arcep, 2023, p. 72).

La proposition de The Shift Project est de conserver une logique identique, non seulement parce que la quantification des impacts indirects du numérique s'avère extrêmement ardue et dépendante d'un nombre d'hypothèses très important, mais aussi parce qu'un objectif ambitieux de réduction des émissions propres incitera à une analyse des usages permettant de discriminer ceux qui recèlent un potentiel d'émissions évitées et les autres.

Proposition

Construire une trajectoire de décarbonation pour le secteur « biens et services numérique » en France :

- Intégrée à la mise à jour de la SNBC prévue en 2023 (SNBC3)
- Fixant un objectif de réduction de - 30 % à 2030 par rapport à 2020.

2. La vision physique et systémique

La **trajectoire de référence** construite pour le numérique doit être **déclinée en une description des évolutions suivies par les activités constitutives du secteur** en s'appuyant sur des indicateurs physiques : **parc et flux d'équipements, stock et flux de données, évolution des infrastructures réseaux et centres de données**. C'est cette description concrète du secteur qui permettra de traduire les objectifs macroscopiques en **points de repères clairs et prévisibles** pour les opérateurs réseaux, les régulateurs, les fournisseurs de services, les opérateurs de centres de données... et leur donner la capacité de construire leurs stratégies.

Une fois la trajectoire de référence construite, **planifier la transformation du secteur numérique** passe donc par **trois autres étapes** :

- **Traduire la trajectoire de référence en feuilles de route quantitatives de décarbonation au bon niveau d'ambition**, au niveau des entreprises²³, des territoires²⁴ ou des sous-secteurs numériques²⁵ ;
- **Dans ces feuilles de route, décrire et quantifier les besoins en ressources** qui pourraient limiter leur faisabilité (demande et besoin de l'acteur, une fois sa feuille de route déployée, en énergie dont électricité, en puissance installée d'énergies renouvelables, en eau, en disponibilité des approvisionnements en métaux) ;
- **Intégrer ces feuilles de route dans l'exercice de rebouclage intersectoriel** des consommations de ressources, à mener par les pouvoirs publics dans le cadre de l'effort de planification en cours au niveau national (notamment via le SGPE et l'atterrissage de la SNBC sur le volet numérique). C'est cette étape qui permettra d'intégrer le secteur dans une dynamique nationale, en assurant la cohérence des prévisions du numérique avec celles des autres secteurs et en préparant la concurrence intersectorielle d'accès à l'énergie.

²³ Stratégies d'entreprises du recours aux services numériques dans le cadre de leur trajectoire de décarbonation.

²⁴ Adéquation des stratégies territoriales sur le numérique avec les stratégies territoriales et nationales de décarbonation.

²⁵ Stratégies et évolutions des chaînes de valeurs et modèles économiques des acteurs du numérique (fabricants de terminaux, fournisseurs de services, opérateurs de centres de données, opérateurs réseaux etc.) dans le cadre de la trajectoire de décarbonation du secteur.

La consommation électrique est un indicateur pertinent, dans la vision systémique, pour évaluer :

- **La contrainte industrielle** (limites sur la capacité maximum accessible par le système électrique en termes de parcs, de raccordements et déploiement d'infrastructures de distribution etc.) ;
- **Les effets rebonds²⁶ directs** induits par les leviers d'optimisation de consommation électrique unitaire ;
- **Les arbitrages stratégiques avec les autres secteurs**, dans le cadre de la concurrence intersectorielle d'accès à l'énergie.

Proposition

Construire des feuilles de route traduisant la trajectoire de référence en plans d'action crédibles et au bon niveau d'ambition (au niveau des entreprises, territoires ou sous-secteurs du numérique) :

- **En intégrant toutes les composantes** (terminaux, centres de données, réseaux), leurs **interdépendances** et les **besoins de ressources** associés aux évolutions suivies dans la feuille de route
- En proposant des stratégies pour **prendre en compte et endiguer les potentiels effets rebonds des leviers**

²⁶ Sur l'intégration des effets rebond, voir par exemple (Widdicks et al., 2023).

02

**LES GRANDS LEVIERS
DE TRANSFORMATION
DU SYSTÈME
NUMÉRIQUE**

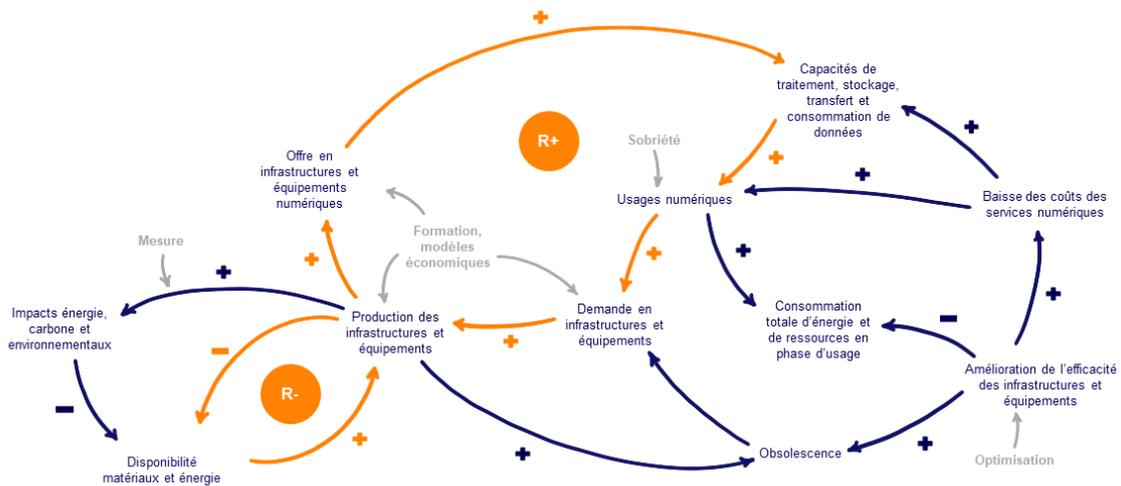


Figure 2 - Description systémique du numérique et de ses dynamiques
 (effets induits, effets rebonds, interactions des sous-systèmes, rétroactions positives R+ et négatives R-)
 Source : The Shift Project

A. Mesure et transparence

La mesure et la transparence sont le centre de l'approche scientifique des enjeux. Elles visent à produire les outils qui permettent à tous les niveaux (professionnels, particuliers, stratégique, liens clients-fournisseurs) d'**avoir accès aux impacts des biens et services numériques utilisés** (GES, consommation d'énergie, consommation d'électricité). Cette mise à disposition d'indicateurs doit **être réalisée par les fournisseurs de manière systématique et exhaustive** :

- En intégrant toutes les phases de vie : fabrication, transport, utilisation, fin de vie ;
- En donnant accès au détail des hypothèses utilisées pour les évaluations (hypothèse sur les phases amont, consommations électriques, intensités carbone choisies etc.).

Ce degré de documentation et de transparence est indispensable pour permettre une analyse critique et une réappropriation des outils de mesure et indicateurs par les acteurs en mesure de le faire. Bien que des obstacles évidents sont à contourner (secret des affaires, manque de référentiels complets partagés, communs et libres), ce type de propositions ne présentent généralement pas d'opposition intellectuelle.

Au vu de la nécessité de produire de l'intelligence rapidement (l'exercice de planification national étant déjà lancé) deux étapes de déploiement sont à adopter :

- **Mettre en place dès 2024 des premiers indicateurs simples**, produits par les fournisseurs grâce aux données qu'ils ont déjà à leur disposition (moyenne/spot de consommation électrique, énergie grise des équipements et serveurs et leur durée de vie moyenne, âge du bâtiment pour les centres de données, PUE, localisation des ressources mobilisées par le service numérique etc.), en s'appuyant sur des bases de données publiques pour faciliter les comparaisons (fiches PCR, mix électrique annuel fourni par l'ADEME etc.) ;
- **Proposer à horizon 2026 des indicateurs plus élaborés et standardisés**, une fois le travail de construction de référentiel commun, plus long, ayant abouti (sous format ACV, structuré autour d'une approche type PCR ADEME).

L'initiative de ces actions doit venir des acteurs et consortiums du secteur qui mettent dès maintenant à disposition les **données et indicateurs nécessaires à court terme, et des**

pouvoirs publics qui orchestrent et mènent le travail de construction du **référentiel complet et commun grâce auquel la documentation sera rendue systématique et exhaustive pour tous les acteurs.**

B. Optimisation

L'**optimisation** rassemble les leviers permettant d'améliorer les efficacités énergétique et carbone (unitaires ou globales) des biens et services numériques (moindres consommations des équipements à performances équivalentes en phase d'utilisation, optimisation des circuits de refroidissement des centres de données, mutualisation et virtualisation des serveurs etc.). **Les leviers produits par les acteurs économiques du secteur relèvent presque systématiquement de cette catégorie** et font partie de leurs trajectoires historiques car permettant des économies opérationnelles. **Sans gestion des usages, ces leviers accentuent systématiquement les impacts** et consommation du numérique par effet rebond (ADEME & Arcep, 2023; Bol et al., 2020; European Commission, 2020; GreenIT.fr, 2019; IEA, 2022; The Shift Project, 2021; Widdicks et al., 2023).

C. Réorganisation collective vers la sobriété

La **réorganisation collective vers la sobriété** rassemble les leviers nécessitant une transformation des typologies d'usages et des modèles économiques (production, consommation, création de valeur) en vue de les rendre résilients vis-à-vis des contraintes physiques qui seront sinon subies.

Ces leviers sont indispensables pour placer le numérique sur la bonne trajectoire et rendre l'optimisation effective (ADEME & Arcep, 2023; The Shift Project, 2021) : en accord avec les projections de The Shift Project au niveau mondial, l'unique scénario de l'étude ADEME-Arcep permettant de réduire les émissions du numérique à 2030 est en effet celui déployant la sobriété.

Le numérique est principalement un outil qui permet d'accélérer et de rendre plus efficace le processus qu'il équipe. Or l'enjeu de nos sociétés pour les années qui viennent est d'**atteindre un niveau de résilience adapté** aux risques qui se présentent, ce qui dépasse bien largement la simple optimisation. Pour qu'il devienne un allié de la transition environnementale, le numérique doit donc s'équiper de mécanismes de pilotage robustes dépassant la simple optimisation et intégrant les dynamiques d'usages, leurs effets rebonds et une distinction claire entre les numérisations résilientes et celles qui ne le sont pas.

Les modèles d'affaires des acteurs dominants du numérique ont leur performance indexée sur l'augmentation des volumes d'équipements et de flux de données en circulation. Ils ne peuvent donc que favoriser une **massification des usages les plus gourmands**, en s'appuyant sur des **infrastructures de taille croissante**. Le développement exponentiel des usages vidéo n'en est que l'un des exemples les plus illustratifs (The Shift Project, 2019, 2021) : la généralisation de la couverture en 4G, particulièrement dans les zones denses, a permis un fort développement de la consommation de vidéo HD²⁷ en mobilité. Cette augmentation appelle et s'appuie sur des performances réseaux et terminaux croissantes (débit, taille des écrans etc.) ainsi que sur une multiplication de volumes de contenus rendus disponibles par le développement de l'offre des centres de données (proximité et développement des CDN, augmentation et amélioration des parcs de serveurs etc.). Caractériser et déployer la sobriété numérique est un

²⁷ Haute définition

chantier possible, souhaitable et documenté. Trois étapes permettront d'en amorcer les actions selon un rythme et une ambition compatible avec les objectifs de décarbonation du pays :

- En s'appuyant sur la trajectoire de référence du secteur numérique, plafonner (techniquement et/ou réglementairement) les besoins énergétiques admissibles des infrastructures situées sur le territoire (consommation électrique des sites et installations par exemple), afin d'endiguer les effets rebonds des transformations et les risques d'explosion des effets de concurrence intersectorielle d'accès à l'énergie ;
- Étendre ce plafonnement à l'empreinte (c'est-à-dire intégrant les importations) carbone et énergie des supports des usages numériques du territoire (terminaux, serveurs etc.), afin d'endiguer les effets rebonds et invisibilisations des impacts extérieurs aux frontières ;
- Créer un espace (convention citoyenne, mission institutionnelle ou tout autre modalité) pour mener une réflexion sociétale sur les usages numériques à prioriser en situation de concurrence forte²⁸ d'accès aux ressources rares et sur les modèles d'usages à inventer et généraliser²⁹ ;
- Déployer les solutions techniques, réglementaires et de gouvernance (nationale, territoriale, sectorielle et européenne) qui permettent d'assurer la traduction de ces priorisations sur les infrastructures du territoire et les chaînes de valeurs extérieures (importations de terminaux etc.), selon le niveau de concurrence sur la disponibilité énergétique et le budget carbone du pays.

L'initiative de ces actions doit venir d'une action claire des pouvoirs publics qui doit rendre possible une mobilisation d'ampleur des acteurs économiques du secteur. Ceux-ci peinent à ce jour à démontrer leur capacité à proposer de la sobriété sur leurs chaînes de valeur, cela dégradant la performance de leurs modèles économiques actuels³⁰. Seul l'affichage par l'Etat d'une trajectoire de référence ambitieuse (car à la hauteur des enjeux de décarbonation) et d'une vision du numérique souhaitable à l'horizon 2030 permettra aux parties prenantes de repenser tout à la fois les modèles d'affaires du secteur, les modes de consommation et d'utilisation du numérique³¹ et le cadre législatif et réglementaire en ligne avec cette nouvelle donne.

D. Formation et compétences

La formation et le développement des nouvelles compétences requises sont les maillons qui permettront la mise en œuvre effective des stratégies et leviers prévus par les acteurs dans leurs feuilles de route. Deux axes sont à déployer :

- **Généraliser et systématiser la formation aux enjeux climat-énergie et leur traduction au numérique**, au niveau des formations initiales et en formation continue

²⁸ Par exemple pour rendre possible l'application collective de leviers d'effacement nécessaires de certains usages pour en prioriser d'autres (comme la santé par exemple) sur une période donnée.

²⁹ Location des terminaux plutôt qu'achat, développement de la mutualisation des équipements, questionnement des contenus essentiels suivant les situations et du paradigme d'accès à « tout le contenu, depuis n'importe où, à n'importe quel moment » etc.

³⁰ Voir par exemple (Lascoumes & Le Galès, 2018).

³¹ La cohérence des programmes au sein des grandes organisations est également à questionner et à construire : stratégies de numérisation (numérisation de leur processus métier, nouvelles offres numérisées), et stratégies environnementales (décarbonation, RSE ou du type « numérique durable »).

auprès des personnels des organisations parties prenantes du secteur (entreprises du numérique, institutions etc.)³² ;

- **Introduire et mobiliser au sein des organisations les compétences et ressources nécessaires à la mise en œuvre des feuilles de route** : quels postes et quelles compétences sont nécessaires pour déployer et suivre la stratégie de décarbonation à l'échelle de l'organisation et à l'échelle des planifications nationale et territoriales ?
- **Structurer le déploiement dans l'économie des compétences nécessaires à la généralisation des nouvelles logiques d'un numérique sobre et résilient**, notamment celles liées à la réparation, au reconditionnement, à la conception modulaire des *hardwares* et services etc. Ceci grâce à un plan de structuration de formations initiales et continues à la bonne échelle dans le pays.

L'initiative de ces actions doit venir des pouvoirs publics qui cadrent et impulsent, **ainsi que des acteurs** et consortiums du secteur qui expérimentent, diagnostiquent leurs besoins et déploient les programmes avec le concours des acteurs de la formation.

L'accompagnement au changement de comportement des personnes utilisatrices du numérique permet, elle, de faciliter l'émergence de nouvelles structures d'usages, plus sobres :

- **En remplaçant les designs addictifs systématiques** par un affichage environnemental³³, une modularité des plateformes et équipements³⁴ et des outils d'aide à l'autolimitation ;
- **En intégrant à toute publicité pour les biens et services numériques l'affichage environnemental obligatoire**³⁵ et des messages et mises en scène de comportements sobres³⁶.

Si elle en est un catalyseur, la sensibilisation n'est cependant en rien un levier déclencheur d'une réorganisation systémique des usages : repenser son rapport au numérique, modifier sa perception des outils numériques alternatifs aux modèles aujourd'hui majoritaires etc. Tout cela implique de **mobiliser le cadre social et collectif dans lesquelles les actions individuelles s'inscrivent**. Ce qui ne saurait être initié ni par les individus eux-mêmes, ni par de simples actions isolées, incrémentales et symboliques³⁷.

³² En s'appuyant sur les recommandations déjà formulées et portées au niveau gouvernemental et parlementaire, via par exemple la loi REEN en 2021 (Légifrance, 2021, art. 1, 2 et 3) ou le rapport Jean Jouzel en 2022 (MESR, 2022).

³³ A l'image de celui rendu obligatoire pour les fournisseurs d'accès Internet par l'article 13 de la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (loi « AGEC ») de 2020 (Légifrance, 2020, art. 13).

³⁴ Choix des résolutions, fonctionnalités, niveaux de performance.

³⁵ Sur le modèle des obligations avec sanction mises en place dans le secteur automobile par l'article 7 de la loi « Climat et résilience » de 2021 (Légifrance, 2021a) (MTE, 2022), et en extension de l'obligation d'affichage pour les fournisseurs d'accès de la loi « AGEC » de 2020 (Légifrance, 2020).

³⁶ Sur le modèle des obligations avec sanction mises en place dans le secteur automobile par l'article 75 de la loi d'orientation des mobilités (loi « LOM ») de 2019.

³⁷ Voir par exemple : (Bergeron H. et al., 2018)

03

**CONCLUSION :
AMORCER L'EFFORT
NE SUFFIT PAS, IL EST
TEMPS DE DÉPLOYER UNE
DÉMARCHE À LA HAUTEUR**

Fin 2022, le gouvernement a lancé l'initiative du Haut comité numérique écoresponsable (HCNE)³⁸. Une première salve de travaux, dont l'aboutissement est prévu pour juin 2023, a permis d'amorcer ce qui ne doit pas être considéré comme autre chose que l'étape préliminaire de la planification écologique appliquée au numérique : faire élaborer par les acteurs économiques du secteur un éventail de leviers de décarbonation mobilisables à leur propre initiative, sans cadrage préalable d'une trajectoire par les pouvoirs publics.

Cet exercice permettra, suite à **un travail à mener pour quantifier de manière transparente les besoins en ressources et les potentiels de ces leviers**, d'évaluer **la part de l'effort de décarbonation qui devra venir d'une impulsion publique, sociétale et réglementaire**. Celle-ci sera déterminante : bien que les quatre familles de leviers (mesure, optimisation, sobriété, formation) soient complémentaires, elles ne sont **pas au même niveau de priorité : une réorganisation systémique des usages vers la sobriété est indispensable pour placer le numérique sur une trajectoire résiliente** (ADEME & Arcep, 2023; GreenIT.fr, 2019; The Shift Project, 2021), et elle ne peut advenir sans un pilotage collectif clair.

Les prochaines étapes de la démarche seront clés pour faire de cet exercice **un maillon de l'effort de planification national** :

- **Avec le concours du Secrétariat général à la planification écologique (SGPE), cadrer les travaux**, leur pilotage, leur suivi, et **engager les moyens nécessaires** à la construction d'une trajectoire avec le bon niveau d'ambition pour le secteur ;
- **Produire la trajectoire et la stratégie nationale pour le secteur des biens et services numériques**, afin de **l'intégrer dans la mise à jour de la SNBC de 2023 (SNBC3)** ;
- **Intégrer cette stratégie dans l'exercice de rebouclage du SGPE** pour vérifier la faisabilité de la trajectoire du système numérique dans l'économie transformée pour la décarbonation ;
- **Piloter les travaux de production de feuilles de route par les acteurs économiques du secteur et les territoires**, par déclinaison de la stratégie nationale consolidée.

Cette dernière étape, évolutive et au long cours, doit être intégrée dans **une démarche à l'initiative de l'Etat, pilotée par les pouvoirs publics, de construction, par concertation, d'un modèle de numérique** compatible avec les contraintes environnementales à l'échelle nationale et européenne :

- **Créer un espace de concertation** (conventions citoyennes et des entreprises, auditions d'experts, missions institutionnelles et/ou autre modalité) pour :
 - **Aligner le niveau d'expertise des parties prenantes** sur le sujet de la décarbonation du système numérique ;

³⁸ Voir par exemple : (Banque des territoires, 2022)

- **Organiser un débat national sur la juste place du numérique dans la société française en 2030** : les **caractéristiques** d'un numérique décarboné et résilient en 2050, **les usages à prioriser** en situation de concurrence forte sur les ressources... Tous sont des sujets attenants à des choix de société, qu'il faut construire ;
- **Produire un guide de référence** pour permettre aux acteurs de discriminer les leviers selon :
 - Leur impact quantitatif sur la décarbonation et la cohérence de leurs effets cumulés avec la trajectoire de référence ;
 - Leur cohérence avec les dynamiques de développement des usages, qui sont la raison d'être des infrastructures, et les contradictions avec le modèle économique de l'entreprise.
- **Assurer un suivi et un rebouclage des feuilles de route des acteurs** par les pouvoirs publics, basé sur des mesures et indicateurs quantitatifs standardisés et validés par les sphères académiques et d'expertise. C'est ce qui permettra de les **intégrer dans l'exercice de planification du SGPE** et **mettre à jour la trajectoire** ainsi que les outils de **réglementation** et d'accompagnement **assurant le maintien du cap**.

Déployer cette méthode dans les prochaines étapes de l'exercice de planification du numérique français, et sa réplication au niveau européen, pourrait devenir les leviers de la sécurisation indispensable de notre système numérique face aux aléas des prochaines années.

L'implication des acteurs planificateurs que nous avons déjà avec le HCNE et le SGPE et la répartition robuste de leurs mandats respectifs seront déterminants. En s'appuyant sur les entreprises et les modèles d'affaires qui émergent pour montrer la voie³⁹, c'est ce qui permettra de guider et embarquer les parties prenantes du numérique (entreprises, régulateurs, société civile et monde académique) autour d'une trajectoire de référence offrant les points de repère et la visibilité dont elles ont cruellement besoin pour être à la hauteur des enjeux de résilience d'aujourd'hui.

³⁹ Ainsi que sur les fonctions RSE des entreprises se situant au cœur des enjeux du secteur, acteurs de référence historiquement sensibles à la complexité et l'importance des impacts énergie-carbone indirectes (« scope 3 ») du numérique.

Annexe 1 – Estimations provisoires de The Shift Project sur la consommation électrique du numérique en France

Estimations de la consommation électrique du numérique en France (ADEME-Arcep The Shift Project provisoire)					
	2020 (en TWh)		2030 (en TWh)		Explications
Terminaux (y compris boxes)	35,1	35	33,9	39	▫ Croissance plutôt que décline de la consommation des TV, du fait du développement 4K et de la taille des écrans ▫ Croissance supérieure de l'IoT
Réseaux (hors boxes)	4,3	4,2	4,1	8,7	Différence expliquée par l'écart d'estimation sur les réseaux mobiles
dont réseaux mobiles	1,6	2,2	2,3	6,8	Croissance supérieure : + 12 %/an - valeur moyenne (Arcep, 2022), (Arcep 2023), étude académique en cours
Data centers	11,6	12	16,4	19,2	Croissance supérieure : + 5%/an - valeur moyenne européenne (étude Borderstep citée dans (EU Commission, 2020))
dont opérateurs colocation	5,6	5,6	13,4	16,2	Surcroît de croissance par rapport à la moyenne européenne (apparition de méga-sites)
Total numérique	51	51,2	54,4	66,9	

Tableau 3 - Projections ADEME-Arcep et estimation provisoire de The Shift Project sur la consommation électrique du numérique en France

Source : (ADEME & Arcep, 2023; The Shift Project, 2023)⁴⁰

⁴⁰ Détails sur les estimations et écarts suivant les segments, disponibles dans les documents complémentaires à cette note d'analyse (The Shift Project, 2023).

Bibliographie

- ADEME, & Arcep. (2023). *Evaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective—Analyse prospective à 2030 et 2050 (3/3)*.
https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-prospective-2030-2050_mars2023.pdf
- AFE. (2018). *Eclairage dans les collectivités : Les chiffres clés* [Association française de l'électricité].
http://www.afe-eclairage.fr/docs/2018/11/27/11-27-18-10-06-Chiffres_eclairage_collectivites_France_Fiche_AFE_2019.pdf
- Banque des territoires. (2022). *Le numérique écoresponsable a son haut comité*.
<https://www.banquedesterritoires.fr/le-numerique-ecoresponsable-son-haut-comite>
- Bergeron H. et al. (2018). *Le biais comportementaliste* (Sciences Po les Presses).
- Bol, D., Pirson, T., & Dekimpe, R. (2020). *Moore's Law and ICT Innovation in the Anthropocene* (Electronic Circuits and Systems group, ICTEAM Institute, Université catholique de Louvain.).
- Court, V., & Sorrell, S. (2020). *Digitalisation of goods : A systematic review of the determinants and magnitude of the impacts on energy consumption* [Environ. Res. Lett. 15 043001].
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab6788>
- European Commission. (2020). *Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market—Final study report*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/energy-efficient-cloud-computing-technologies-and-policies-eco-friendly-cloud-market>
- European Commission. (2021). *European Climate Law*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_en
- GreenIT.fr. (2019). *Empreinte environnementale du numérique mondial*. GreenIT.fr.
<https://www.greenit.fr/empreinte-environnementale-du-numerique-mondial/>
- HCC. (2020). *Maîtriser l'impact carbone de la 5G* [Haut conseil pour le climat].
<https://www.hautconseilclimat.fr/publications/maitriser-limpact-carbone-de-la-5g/>

- HCC. (2022). *Dépasser les constats, mettre en œuvre les solutions—Rapport annuel 2022 du Haut conseil pour le climat* [Haut conseil pour le climat]. <https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2022/06/Rapport-annuel-Haut-conseil-pour-le-climat-29062022.pdf>
- IEA. (2019). *Data centres and energy – from global headlines to local headaches?* <https://www.iea.org/commentaries/data-centres-and-energy-from-global-headlines-to-local-headaches>
- IEA. (2022). *Data Centres and Data Transmission Networks—Tracking report*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>
- ITU-T. (2020). *Greenhouse gas emissions trajectories for the information and communication technology sector compatible with the UNFCCC Paris Agreement* [L.1470. Series L: environment and icts, climate change, e-waste, energy efficiency; construction, installation and protection of cables and other elements of outside plant]. <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1470-202001-I/en>
- Lascombes, P., & Le Galès, P. (2018). *Sociologie de l'action Publique* [Armand Colin, pp 56-62]. <https://www.cairn.info/sociologie-de-l-action-publique--9782200621674.htm>
- Légifrance. (2015). *LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte*.
- Légifrance. (2019). *LOI n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat*. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGISCTA000039358575>
- Légifrance. (2020). *LOI n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire*. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000041553759/>
- Légifrance. (2021a). *LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets*. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924>
- Légifrance. (2021b). *LOI n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France*. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFSCCTA000044327273>

- Masanet et al. (2020). *Recalibrating global data center energy-use estimates* [Science, 367(6481), 984–986. doi:10.1126/science.aba3758].
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aba3758>
- McKinsey & Company. (2023). *Investing in the rising data center economy* [17/01/2023].
<https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/investing-in-the-rising-data-center-economy>
- MESR. (2022). *Former à la transition écologique dans l'enseignement supérieur: Défis et solutions* [Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche].
<https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/sites/default/files/2022-10/dossier-de-presse---former-la-transition-cologique-24722.pdf>
- MTE. (2022). *Obligation de la mention #SeDéplacerMoinsPolluer dans les publicités automobiles* [Ministère de la transition écologique]. <https://www.ecologie.gouv.fr/obligation-mention-sedeplacermoinspolluer-dans-publicites-automobiles>
- 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?* [LIMITS 2022 - Eighth Workshop on Computing within Limits, Jun 2022, Virtual, France].
<https://inria.hal.science/hal-03949261v1/preview/limits22-published.pdf>
- RTE. (2022). *Futurs énergétiques 2050—Rapport complet* [Février 2022]. <https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques>
- SBTi, ITU, GeSI, & GSMA. (2020). *Guidance for ICT companies setting science based targets—Mobile networks operators, fixed networks operators and data centres operators*.
<https://sciencebasedtargets.org/sectors/ict>
- Sénat. (2020). *Pour une transition numérique écologique. Rapport d'information n°555 (2019-2020)*. https://www.senat.fr/rap/r19-555/r19-555_mono.html
- The Shift Project. (2018). *Lean ICT: Pour une sobriété numérique*. The Shift Project.
<https://theshiftproject.org/article/pour-une-sobriete-numerique-rapport-shift/>
- The Shift Project. (2019). *Climat: L'insoutenable usage de la vidéo en ligne*. The Shift project.
<https://theshiftproject.org/article/climat-insoutenable-usage-video/>

- The Shift Project. (2020). *Déployer la sobriété numérique*. The Shift Project. <https://theshiftproject.org/article/deployer-la-sobriete-numerique-rapport-shift/>
- The Shift Project. (2021). *Impact environnemental du numérique : Tendances à 5 ans et gouvernance de la 5G*. The Shift Project. <https://theshiftproject.org/article/impact-environnemental-du-numerique-5g-nouvelle-etude-du-shift/>
- The Shift Project. (2022). *L'évaluation énergie-climat du PTEF* [Note de transparence dans le cadre du Plan de transformation de l'économie française]. <https://theshiftproject.org/article/plan-de-transformation-note-energie-climat/>
- The Shift Project. (2023). *Note d'analyse—Materials* [Disponible sur www.theshiftproject.org].
- Widdicks et al. (2023). *Systems thinking and efficiency under emissions constraints : Addressing rebound effects in digital innovation and policy* [Patterns, Volume 4, Issue 2, 10 February 2023, 100679. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2023.100679>].

The Shift Project est un think tank qui œuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone. Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, notre mission est d'éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique en Europe. Nos membres sont de grandes entreprises qui veulent faire de la transition énergétique leur priorité.

www.theshiftproject.org

Contacts :

Hugues Ferreboeuf

Chef de projet Numérique

hugues.ferreboeuf@theshiftproject.org

Maxime Efoui-Hess

Coordinateur de projet Numérique

maxime.efoui@theshiftproject.org

