

LES CERTIFICATS DE SOBRIÉTÉ NUMÉRIQUE COMME INSTRUMENT DE RÉGULATION DE LA POLLUTION NUMÉRIQUE¹

Jean-Philippe Nicolai

Université Grenoble Alpes, CNRS, INRAE

Lise Peragin

Master 2 EEET, Université Paris-Saclay

L'objectif de cet article est d'étudier la pollution numérique et de s'interroger sur la possibilité d'instaurer des certificats de sobriété numérique qui auraient pour vocation de promouvoir des investissements ou des changements de pratiques en matière de sobriété numérique. Ce projet s'inspire du concept des certificats d'économie d'énergie qui ont été mis en place dans plusieurs pays européens. Le principe serait de mettre en œuvre des obligations portant sur certains acteurs du numérique afin de réaliser des investissements en sobriété numérique.

Mots clés : sobriété numérique, pollution numérique, certificats d'économie d'énergie, technologies de l'information et de la communication, plateformes numériques.

Alors que le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) confirme que les émissions anthropiques de CO₂ sont à l'origine du changement climatique, la part du numérique dans les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) ne cesse d'augmenter. Aujourd'hui estimée à plus de 3 % des émissions mondiales, soit autant que le secteur aérien, cette part pourrait doubler d'ici 2040 si aucune politique de sobriété numérique n'est mise en place (The Shift Project, 2020).

1. Les auteurs remercient la Chaire Énergie et Prospérité pour son soutien financier.

La prise de conscience de l'impact du numérique est récente. Longtemps considérées comme un moyen de communication dématérialisé, les technologies de l'information et de la communication ont d'abord été perçues comme des atouts pour la transition énergétique et écologique de nos sociétés. Leur impact environnemental est pourtant ambigu. Si elles permettent de réaliser des économies d'énergie ou de ressources naturelles dans certains secteurs (IDDRI, 2018), ces technologies sont également à l'origine d'une importante pollution. Tout au long de leur vie, les appareils numériques sont sources d'émissions de GES, mais aussi de pollution des eaux, des sols et de l'air, et contribuent à l'épuisement des ressources abiotiques. L'ensemble des impacts environnementaux issus de la fabrication, l'utilisation et la fin de vie de ces appareils constitue la pollution numérique. Les parts respectives de chaque phase varient selon le pays considéré et il est difficile d'évaluer l'impact d'un équipement ou d'un service numérique particulier tant les chaînes de valeur et les réseaux numériques sont complexes. Quantifier précisément la pollution numérique n'est pas possible à l'heure actuelle par manque de données consolidées et de méthodologie standardisée. Les émissions de CO₂ sont l'aspect le mieux connu de cette pollution, mais leur évaluation est source de controverses méthodologiques. Les modélisations des émissions de CO₂ liées au visionnage de la vidéo en ligne du Shift Project et l'International Energy Agency ont par exemple abouti à des écarts significatifs d'un facteur 4 à 7 du fait d'hypothèses initiales différentes (Efoui-Hess et Geist, 2020). Les deux études s'accordent toutefois sur la nécessité de mieux contrôler le développement du numérique et sa consommation énergétique.

Cette prise de conscience n'est pas entièrement nouvelle car certains enjeux énergétiques et environnementaux du matériel informatique sont étudiés depuis une vingtaine d'années et ont donné lieu à diverses mesures sur lesquelles nous revenons un peu plus loin. Mais la réflexion et les mesures les plus récentes sur ce sujet ont pour originalité de lier ces problématiques et de les considérer comme différents aspects d'un phénomène transversal et global, la pollution numérique. L'ampleur du problème en fait même un nouvel axe de lutte contre le réchauffement climatique des politiques publiques. Le rapport sénatorial sur l'empreinte environnementale du numérique (Sénat, 2020), paru en 2020, est un exemple de cette nouvelle conception des enjeux environnementaux du numérique et des mesures politiques qui en découlent.

Cet article s'inscrit dans cette nouvelle approche et propose un concept original de régulation de la pollution numérique : les certificats de sobriété numérique. S'inspirant des obligations d'économie d'énergie instaurées dans plusieurs pays européens à partir des années 2000, cet instrument repose sur l'idée qu'il existe des similitudes entre le secteur du numérique et le secteur de l'énergie avant l'introduction de ces obligations. Ces certificats permettraient d'internaliser l'externalité environnementale du numérique par le biais des décisions des agents économiques et de corriger certaines défaillances du marché du numérique.

Nous reviendrons brièvement sur le contexte actuel de la régulation de la pollution numérique. Cela nous conduira à souligner l'intérêt de la notion de « sobriété numérique », et les défaillances de marché qui en limitent l'application par les grands acteurs du numérique. Nous analyserons alors les expériences des certificats d'efficacité énergétique qui ont été mis en œuvre dans de nombreux pays. Nous nous intéresserons par la suite à la conception des certificats de sobriété numérique.

1. Les enjeux de régulation de la pollution numérique

Les enjeux énergétiques et environnementaux du numérique sont étudiés depuis la fin des années 1990 (Dedrick et Green, 2010). L'intérêt pour les problématiques environnementales des technologies de l'information et de la communication (TIC) n'a cessé d'augmenter depuis une vingtaine d'années, notamment autour de la notion de « Green It ». Une partie de la recherche s'est concentrée sur les bénéfices environnementaux de la diffusion des TIC, au niveau micro (entreprise) et macro (Asadi *et al.*, 2017). D'autres travaux se sont penchés sur les aspects négatifs de cette numérisation (Marquet *et al.*, 2019). À l'heure actuelle, la compréhension globale de ces enjeux est encore limitée (Verdecchia *et al.*, 2017). L'absence de cadre théorique explique en grande partie ces lacunes (Tushi *et al.*, 2014). La littérature académique s'est concentrée sur des sujets très spécifiques, comme l'optimisation de certaines technologies, et sur certains aspects de la pollution, notamment les émissions de GES. Les effets systémiques et indirects du numérique sur l'environnement sont encore mal connus (Hankel *et al.*, 2018), y compris sur certains segments très étudiés comme les centres informatiques (Whitehead *et al.*, 2014). En découlent la difficulté à quantifier ces impacts et les importants écarts d'estimation liés aux choix méthodologiques.

En parallèle du développement de ce champ de recherche académique, en France, plusieurs initiatives ont été menées dans la sphère politique pour limiter les impacts environnementaux du numérique et normaliser les pratiques de « Green It ». De nombreux labels sont apparus pour renseigner le consommateur sur certaines caractéristiques de matériel informatique comme la performance énergétique ou la réparabilité². Plusieurs normes ISO s'appliquent à divers sous-secteurs du numérique³ et il existe également des réglementations sur la fin de vie des appareils électroniques⁴ ou l'interdiction de l'obsolescence programmée⁵ ainsi que des codes de bonne conduite pour certains acteurs du numérique⁶. Ces mesures sont cependant limitées car elles ne prennent en compte qu'un aspect du problème, comme la consommation énergétique ou le processus de fabrication d'un produit, sans le considérer comme un élément du phénomène plus vaste et transversal qu'est la pollution numérique.

En France, cette approche globale a récemment émergé dans les travaux de divers organismes faisant état de la pollution numérique ou proposant des mesures concrètes pour la réguler (Bohas *et al.*, 2019). Certains sont issus de la société civile. On peut notamment mentionner les études du Shift Project sur le numérique (The Shift Project, 2018, 2020, 2021), les travaux des communautés GreenIt (Bordage et GreenIt, 2019) et GDS EcolInfo⁷, ou encore des rapports d'ONG comme GreenPeace (GreenPeace, 2016) ou le WWF (WeGreenIt et WWF, 2018). Si leur objet d'étude ou leurs analyses diffèrent sous certains aspects, ces travaux partagent une même approche globale et transversale de la pollution numérique. Des mesures originales ont également été prises dans la sphère politique. En 2020 est paru le rapport de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique par la Commission de l'aménagement du territoire et du

2. On peut notamment citer la certification TCO qui a été créée spécifiquement pour le matériel informatique en 1992 par la Swedish Confederation of Professional Employees.

3. Par exemple, la norme ISO 14001 fixe les exigences sur la performance environnementale d'un centre informatique de manière systématique et la norme ISO 50001 celles relatives à la performance énergétique.

4. La loi Anti-gaspillage pour une économie circulaire (AGEC), entrée en vigueur en février 2020, comporte un volet sur le numérique qui impose, entre autres, un indice de réparabilité aux smartphones, ordinateurs et téléviseurs (article 16-I de la loi n° 2020-105).

5. L'obsolescence programmée est définie et sanctionnée dans le Code de la consommation (articles L.441-2 et L.454-6).

6. Le Code européen de bonne conduite des centres informatiques définit les pratiques limitant l'empreinte carbone des centres informatiques.

7. Fondé en 2006, le GDS EcolInfo est un groupe de travail de chercheurs, ingénieurs et étudiants, analysant les impacts environnementaux et sociétaux des TICs.

développement durable du Sénat. Il rappelle que cette pollution est un « angle mort des politiques environnementales et climatiques », aussi bien au niveau national qu'international et qu'il manque une évaluation fiable de ces différents impacts. Il fait plusieurs recommandations et certaines ont été reprises dans la proposition de loi Réduire l'empreinte environnementale du numérique (Reen). Celle-ci vise à mieux informer les utilisateurs sur leur impact environnemental, à limiter le renouvellement des équipements numériques, à mieux réglementer certains acteurs du numérique comme les centres de données et à donner aux organismes publics un rôle d'exemplarité dans ce domaine. Une feuille de route « Numérique et environnement » a également été publiée à la suite d'une collaboration entre le Conseil national du numérique (CNNum) et le Haut conseil pour le climat (CNNum, 2020). Se présentant comme le début d'une nouvelle politique publique, elle propose une quinzaine de mesures destinées à limiter l'empreinte environnementale du numérique tout en soutenant la création d'emplois et la croissance économique. Les impacts environnementaux du numérique font également l'objet de plusieurs propositions de la Convention citoyenne pour le climat, ainsi que d'un rapport de l'Ademe (ADEME, 2019) intitulé « La face cachée du numérique ». Cette préoccupation a même émergé au niveau européen : vingt-six pays ont reconnu cette année la nécessité de faire converger les transitions écologiques et numériques pour mener à bien le Green Deal⁸.

Au-delà de ces réglementations environnementales, d'autres débats contemporains sur la régulation du secteur numérique ouvrent des pistes de réflexion originales pour limiter cette pollution. Il s'agit de la protection des données personnelles et de l'addiction aux écrans. Le lien entre ces deux thématiques et la pollution repose dans le modèle économique des grandes entreprises qui produisent des services numériques. Ce dernier est basé sur la collecte massive de données sur les utilisateurs. Celles-ci sont ensuite revendues à d'autres entreprises commerciales ou utilisées par l'entreprise pour améliorer ses propres services. Plus un utilisateur passe du temps en ligne, plus la quantité de données collectées à son sujet augmente. Afin de prolonger ce temps d'utilisation, ces entreprises ont développé des stratégies sophistiquées afin de retenir l'attention des utilisateurs. Elles consistent notamment à profiter de biais attentionnels et cognitifs grâce au design des interfaces

8. *EU countries commit to leading the green digital transformation*, mars 2021. Trouvé sur europa.eu

numériques (sites internet ou application). Le pendant de la consommation massive de ces services est l'existence d'un vaste réseau informatique nécessaire au transit et au stockage des données générées par la consommation des services numériques. En 2019, on dénombrait ainsi près de 67 millions de serveurs hébergés et 10 millions d'antennes relais (Bordage et GreenIt, 2019). Plus les activités d'une entreprise fournisseuse de services numériques se développent, plus ses besoins en matériel informatique, en infrastructures réseau, en centres de données et en électricité augmentent, et plus elle pollue. Aussi, réguler les activités de ces entreprises ou modifier les comportements des utilisateurs permet d'agir indirectement sur la pollution numérique. L'enjeu est avant tout de limiter le volume de données qui transite sur les réseaux et qui crée la demande en matériel informatique et en infrastructures.

Ce volume peut d'abord être influencé par les réglementations sur la vie privée des utilisateurs. En Europe, le Règlement général sur la protection des données (RGPD) a institué de nouvelles règles relatives à la collecte des données personnelles qui réduiraient *a priori* ce besoin. Il s'agit par exemple du principe de minimisation de la collecte de données ou du droit à l'effacement. Cependant, aucune étude n'ayant été faite sur ce sujet, nous ne pouvons pas déterminer précisément l'impact du RGPD sur la pollution numérique. L'autre axe de régulation est l'addiction aux écrans. De plus en plus dénoncée pour ses effets néfastes sur la santé, elle est devenue la cible de certaines politiques. Aux États-Unis par exemple, un sénateur républicain a proposé d'interdire le défilement (scroll) infini d'une page et de mieux informer les utilisateurs sur leur temps passé en ligne⁹. De telles mesures iraient *a priori* dans le sens d'une réduction du volume de données en limitant les activités en ligne, mais il n'existe là non plus aucune étude permettant d'évaluer cet effet.

2. La sobriété numérique : réguler pour réduire l'impact environnemental

Un dernier axe possible pour réduire la pollution numérique consiste à limiter notre consommation de biens et services numériques. Il s'agit de la sobriété numérique, terme introduit en France en 2008 par Frédéric Bordage et désignant « la démarche qui consiste à conce-

9. Sen. Hawley Introduces Legislation to Curb Social Media Addiction, juillet 2019. Trouvé sur senate.gov

voir des services numériques plus sobres et à modérer ses usages numériques quotidiens » (GreenIt, 2008). Il est depuis employé de façon plus large par d'autres organismes. La feuille de route « Numérique et environnement » du CNNum l'utilise par exemple pour désigner « les outils et les usages numériques plus respectueux de l'environnement » (CNNum, 2020), et le rapport d'information du Sénat la présente comme « les bonnes pratiques contribuant à réduire [l'empreinte environnementale du numérique] » (Sénat, 2020). Nous retenons dans cet article une acception large du terme de sobriété numérique, définie comme l'ensemble des pratiques visant à réduire l'impact environnemental du numérique. Elle recouvre les démarches d'écoconception des services et des équipements numériques, mais aussi celles qui visent à réguler leur consommation.

Cette définition implique qu'une grande diversité d'acteurs peut agir pour limiter la pollution numérique selon la phase du cycle de vie où ils interviennent. Les pratiques de sobriété numérique sont pourtant rarement mises en place. Trois grandes défaillances de marché l'expliquent : des externalités négatives non internalisées, des problèmes informationnels et une rationalité limitée de la part des utilisateurs. Pour expliciter ces défaillances, nous allons nous intéresser à quelques acteurs clé du numérique.

Les centres informatiques sont devenus des symboles de l'impact environnemental du numérique à cause de leur importante consommation énergétique et des émissions de GES qu'elle induit. On estime aujourd'hui qu'ils représentent près de 1 % de la consommation électrique mondiale¹⁰. Depuis une dizaine d'années, ces centres ont bénéficié d'innovations techniques qui leur ont permis de découpler partiellement leur capacité informatique de leur consommation énergétique (Masanet *et al.*, 2020). Cette recherche répond à des exigences environnementales mais aussi à un objectif de réduction des coûts. Aujourd'hui, alors que des études annoncent un ralentissement des gains d'efficacité, la recherche se poursuit pour limiter l'empreinte carbone de ces centres. Des systèmes informatiques intelligents apparaissent tandis que d'autres entreprises, comme Google, cherchent à alimenter leurs centres uniquement à partir d'énergies non carbonées. Ces efforts, qui se concentrent sur les émissions de GES, témoignent

10. *La consommation électrique des data centers a-t-elle été surévaluée ?*, mars 2020. Trouvé sur connaissancesdesenergies.org

d'une prise en compte croissante de la problématique environnementale par les centres informatiques.

Les fournisseurs d'accès internet (FAI) ont également une position stratégique pour limiter la pollution numérique. Situés au cœur des systèmes numériques, ils donnent un accès internet aux autres acteurs du secteur et gèrent les infrastructures de réseau. L'impact environnemental de ces dernières est faible comparé à celui des centres informatiques et des terminaux¹¹. Les FAI peuvent toutefois contribuer significativement à la réduction de la pollution numérique générée par leurs infrastructures par les contrats qu'ils passent avec leurs clients afin de réduire le volume total de données qui transitent dans leurs réseaux. Les offres de forfaits internet pour les particuliers en sont un exemple. En effet, la connexion mobile est plus consommatrice d'énergie que la connexion filaire, or de plus en plus d'utilisateurs ont recours à la première. Limiter la quantité de données des forfaits mobiles permettrait d'inciter les utilisateurs à passer par une connexion filaire, ce qui réduirait leur impact environnemental et celui des infrastructures de réseau. On observe cependant une tendance inverse sur le marché des offres de forfaits mobiles.

Les grands fournisseurs de contenus et d'applications (FCA) tels que YouTube et Facebook ont également une responsabilité importante dans la pollution numérique. Leur impact environnemental est d'abord issu de leur demande en centres informatiques et en infrastructures de réseaux. Sur ce premier point, les grandes entreprises du numérique, à l'instar de Google, ont réalisé d'importants investissements pour réduire leur impact, en recourant notamment aux énergies renouvelables et à l'intelligence artificielle. Sur le deuxième point, les pratiques des principaux FCA sont loin d'être sobres. Leur important besoin en bande passante en fait les principales sources du trafic de données¹². L'augmentation de ce dernier crée des risques de congestion des réseaux, ce qui entraîne une demande en infrastructures de réseau plus performantes. Même si les nouvelles infrastructures sont plus performantes, les meilleures capacités du réseau permettent de développer de nouveaux services numériques, ce qui produit un effet rebond qui annule les gains d'efficacité. Par exemple, avec les nouvelles généra-

11. Leurs parts dans les émissions totales de GES du numérique en France sont respectivement de 5 %, 81 % et 14 % (Sénat, 2020).

12. Quatre fournisseurs de contenus (Netflix, YouTube, Akamai et Facebook) étaient à l'origine de 50 % du trafic internet en France en 2018 (ARCEP, 2021).

tions de réseaux mobiles ont été inventés de nouveaux usages du téléphone mobile, souvent plus consommateurs de données. Aussi, réduire les besoins en bande passante des FCA permet indirectement de limiter la pollution numérique. Les FCA ont exceptionnellement recours à ces pratiques contre des risques ponctuels de saturation des réseaux¹³. Leur normalisation permettrait de limiter durablement le volume de trafic de données.

Enfin, les utilisateurs ont la capacité de réduire significativement leur impact environnemental à travers leurs choix d'équipements et leurs comportements en ligne. Ces pratiques de sobriété numérique sont très diverses mais on peut les regrouper en deux catégories : celles qui concernent l'équipement et celles qui s'appliquent aux activités en ligne. Les terminaux sont l'une des principales sources de pollution numérique. Cet impact provient avant tout de leur phase de fabrication car leurs composants électroniques contiennent des métaux rares dont l'extraction est très polluante et énergivore. En France par exemple, où le mix énergétique est très peu carboné, 81 % des émissions de GES du numérique sont issues des terminaux, et 86 % de cette part est liée à leur fabrication et à leur distribution (Sénat, 2020). Leur taux de renouvellement est par ailleurs élevé et ils sont souvent renouvelés alors qu'ils fonctionnent encore. Parmi les facteurs qui expliquent ce renouvellement fréquent, on trouve la difficulté à réparer certains appareils, les effets de mode et l'obsolescence programmée. Le recyclage des terminaux est pourtant mal maîtrisé car il est peu rentable et techniquement complexe. Un premier pas vers la sobriété consiste ainsi à choisir un appareil reconditionné ou bien un modèle réparable doté d'un écolabel et à le conserver aussi longtemps qu'il fonctionne. Les utilisateurs peuvent également réduire leur impact environnemental à travers leurs activités numériques. Comme nous l'avons expliqué, toute activité en ligne est source de pollution numérique du fait du trafic de données qu'elle génère, et certains services numériques sont plus consommateurs de données que d'autres. La vidéo en ligne est par exemple l'un des principaux facteurs de croissance du volume total de données (The Shift Project, 2019). En réduisant leur consommation des services les plus consommateurs de données, les utilisateurs limitent la pollution numérique induite par leurs activités en ligne.

13. Lors du premier confinement en France en 2020, Netflix, YouTube, Instagram et Facebook ont limité le débit de leurs vidéos pour éviter une congestion des réseaux. D'après *Facebook et Instagram réduisent leurs débits pour éviter la congestion d'Internet en Europe*, mars 2020. Trouvé sur [bfmtv.com](https://www.bfmtv.com)

Ces pratiques de sobriété numérique du côté des producteurs du numérique comme des utilisateurs sont encore rares du fait des défaillances de marché qui existent dans ce secteur. Les externalités environnementales générées par les activités des divers agents ne sont pas internalisées. Les agents du numérique et le régulateur font face au déficit d'information sur les impacts de données des milliards d'utilisateurs. Non seulement le régulateur manque d'informations fiables sur la pollution numérique mais il dispose de beaucoup moins d'informations relatives aux comportements en ligne des utilisateurs. Celles-ci sont majoritairement détenues par les FAI et par les FCA. Les premiers ont connaissance de toutes les données de connexion et sont tenus par la loi de les garder confidentielles (Conseil de l'UE, février 2021). Les seconds peuvent quant à eux exploiter à des fins commerciales les données collectées sur leurs utilisateurs. Parce qu'ils captent une grande partie du trafic internet, ils détiennent des informations particulièrement précises sur les habitudes et les profils de leurs utilisateurs. Cette asymétrie d'information limite la capacité du régulateur à orienter les choix des utilisateurs pour en limiter les externalités négatives.

Notons par ailleurs que les décisions des utilisateurs sont influencées à la fois par des biais cognitifs et par la stratégie addictive des grandes entreprises du numérique. Les interfaces numériques favorisent en effet les biais cognitifs, soit la distorsion du traitement cognitif de l'information. Les plateformes numériques ont développé des stratégies afin que ces biais conduisent les utilisateurs à prolonger leur temps en ligne ou à dépenser davantage sur des sites de e-commerce. Même s'ils disposaient d'une information parfaite sur leur impact environnemental, les utilisateurs ne seraient pas en mesure de faire des choix optimaux d'un point de vue privé ou social. Ils consomment davantage d'équipements et de services numériques que ce qui serait optimal au niveau individuel et collectif.

Ces défaillances de marché rendent nécessaire une régulation du secteur du numérique. Les certificats de sobriété numérique partent de l'idée qu'il existe des similitudes entre les défaillances du secteur du numérique et celles qui existent en matière d'efficacité énergétique. Ils visent à modifier les pratiques en matière de numérique afin de limiter l'externalité négative engendrée par ce secteur. Dans la partie suivante, nous allons rappeler les principales modalités de mises en œuvre des certificats d'économie d'énergie en Europe et détaillerons leurs résultats.

3. S'inspirer des expériences des certificats d'efficacité d'énergie

En Europe, les certificats d'économie d'énergie ont été instaurés au Royaume-Uni, en Italie, au Danemark, en Irlande et en France depuis 2006 (loi POPE n°2005-781 du 13 juillet 2005). Ils visaient notamment à mettre en œuvre l'objectif européen de réaliser chaque année jusqu'en 2020 des économies d'énergie équivalentes à 1,5% des volumes annuels moyens d'énergie vendus sur la période 2010-2012 (directive 2012/27/UE du 25 octobre 2012). À la suite de l'entrée en vigueur de la directive de l'UE sur l'efficacité énergétique (2012/27/EU), d'autres pays ont adopté ce dispositif. Il est aujourd'hui présent dans une quinzaine de pays européens.

Cet instrument repose sur l'imposition d'objectifs d'économie d'énergie à certaines entreprises, appelées « obligés », via des mesures améliorant les technologies utilisées par leurs clients. Les économies sont généralement calculées *ex-ante* sur la base d'actions standardisées. Ces mesures peuvent être techniques, informationnelles ou financières. Ce dispositif permet d'internaliser les externalités liées à l'utilisation d'énergie ainsi que de limiter l'« energy efficiency gap » (Giraudet et Finon, 2014), soit l'écart entre les pratiques et le potentiel technologique d'efficacité énergétique d'un pays. Le recours aux certificats est aussi un moyen de remédier à certaines défaillances du marché de l'efficacité énergétique telles que les problèmes informationnels, les aléas moraux autour de l'installation d'une technologie, l'organisation inefficace de l'industrie de l'efficacité énergétique, ou encore la présence d'externalités positives en matière de technologie. Le point de départ de ces politiques est que des pratiques rentables et plus efficaces énergétiquement ne sont pas adoptées. Ce point fait directement écho aux observations que nous avons faites précédemment à propos de la pollution numérique.

Notons que les pays cités auparavant ont conçu différemment les certificats d'efficacité énergétique. Les modalités diffèrent principalement en termes d'échangeabilité des obligations, d'identification des obligés, de la métrique retenue, du report ou non des certificats sur une autre période et des éligibles et de la détermination des actions autorisées. Le choix de ces modalités répond aux objectifs du pays, aux contraintes qu'il rencontre et à la présence ou non d'autres instruments.

La Grande-Bretagne est le premier pays européen à avoir instauré cet instrument en 2002. Elle souhaitait réduire sa demande énergétique afin de limiter sa dépendance extérieure. Les obligés sont des fournisseurs d'énergie de grande taille ayant une relation directe avec le client final. Six entreprises ont été désignées. Les actions peuvent être réalisées chez ses propres clients ou dans d'autres ménages. Une particularité du dispositif britannique est sa visée sociale : les obligés doivent réaliser près de la moitié de leurs actions chez des ménages modestes. Aucun marché d'échanges de certificats n'a été instauré, et les échanges bilatéraux ne peuvent se faire qu'avec une autorisation préalable du régulateur. Les sanctions en cas de manquement aux objectifs sont décidées au cas par cas afin de ne pas fixer un prix de référence des certificats qui créerait des distorsions sur le marché de l'efficacité énergétique.

En 2005, l'Italie a également mis en place des certificats blancs afin de réduire sa demande énergétique, gagner en compétitivité et limiter ses émissions de GES. Le dispositif italien présente plusieurs différences significatives par rapport à la Grande Bretagne. Il concerne tous les secteurs. Le nombre d'obligés est bien plus grand (100 000 au départ et 50 000 depuis 2008). Ils peuvent choisir parmi vingt-deux actions standardisées. Ces mesures ne peuvent être réalisées que chez leurs clients et une plateforme numérique a été créée afin de faciliter ces échanges de certificats. Afin de couvrir les coûts des certificats, les obligés peuvent bénéficier d'une contribution tarifaire différenciée et réglementée, ce qui a conduit à d'importants bénéfices privés (Eyre *et al.*, 2009).

Les certificats ont été introduits un an après en France, qui poursuivait les mêmes objectifs de sécurité énergétique et de compétitivité que ses voisins européens. Le dispositif concerne tous les secteurs non couverts par l'European Trading Scheme (ETS), soit le transport, l'industrie de l'éclairage, et le logement. Cent trente-sept actions standardisées sont enregistrées, avec une grande partie concernant le secteur du logement et 2 400 obligés sont répertoriés. Leurs objectifs sont annuels et sont fixés en proportion de leurs ventes dans le secteur résidentiel, avec des coefficients variables selon l'énergie utilisée. Les actions peuvent se faire chez leurs clients ou chez ceux de leurs concurrents. Des organisations publiques ou privées non soumises à des obligations peuvent produire des certificats et les vendre. En effet, s'il n'existe pas de plateforme officielle, les certificats non utilisés peuvent être vendus *via* des échanges bilatéraux soumis à une autorisation du

régulateur. Ils peuvent également être utilisés à la période suivante. De surcroît, le mécanisme coexiste avec un autre dispositif ciblant l'efficacité énergétique mais destiné aux particuliers : le crédit d'impôt dédié au développement durable.

Les études menées sur ces certificats blancs concernent avant tout les pays qui en ont la plus longue expérience, soit la Grande Bretagne, l'Italie et la France. Parmi les principales conclusions et défis identifiés, on peut en souligner quelques-uns qui pourraient concerner des certificats de sobriété numérique et le secteur du numérique.

D'une part, les obligations ont été respectées dans ces trois pays. Les objectifs ont même été dépassés et revus à la hausse. Cela s'explique notamment par leur rentabilité : le coût d'un négawatt, soit d'un kWh économisé, est inférieur au coût de production d'un kWh. En Italie, le prix des certificats a même baissé entre 2005 et 2009. On constate cependant des différences significatives dans les stratégies des obligés et dans l'impact de ce dispositif sur le marché de l'efficacité énergétique. Dans chaque pays, les obligés ont d'abord visé les « low hanging fruits » (Giraudet *et al.* 2012), des économies d'énergies faciles, qui dépendent des infrastructures existantes et du contexte réglementaire. Il s'agit en Grande-Bretagne de mesures d'isolation, en France de technologies de chauffage et en Italie d'ampoules plus performantes. En France, les obligés ont également profité du CIDD pour promouvoir des actions standardisées éligibles à ce crédit d'impôt. En Grande-Bretagne, l'obligation de cibler des ménages modestes a incité les obligés à collaborer avec des gérants de logements sociaux pour des contrats d'isolation, ce qui leur a permis de réaliser des économies d'échelle.

L'impact sur la structure de l'industrie de l'énergie a été variable. En Grande Bretagne, les six obligés ont élaboré leur propre programme et en ont fait un argument marketing. La plupart des mesures se faisaient sous la forme de subventions données aux ménages. Très peu d'échanges de certificats ont été réalisés. Les obligés ont cependant collaboré avec certains spécialistes de l'efficacité énergétique dans le domaine de l'isolation, du vitrage ou du chauffage. Mais le dispositif a globalement peu modifié le secteur de l'énergie britannique. Au contraire, en France et en Italie, les certificats ont fait évoluer cette industrie. En France, les fournisseurs ont développé de nouveaux services pour inciter ou soutenir l'investissement des ménages dans leurs équipements : conseils, audits individuels, mais aussi partenariats

avec des banques ou des détaillants pour des crédits à bas taux ou des réductions de prix. En Italie, l'impact du dispositif sur le secteur énergétique a été plus important encore. Les obligés étant des distributeurs, ils n'ont pas de contacts directs avec le consommateur final. Leur stratégie s'est donc axée sur l'achat de certificats à d'autres agents plus proches des clients finaux *via* la plateforme numérique officielle. Cela a incité des firmes non obligées à émettre des certificats et de nouvelles entreprises de services en efficacité énergétique ont été créées (Eyre, 2009).

Au-delà de ce succès en termes d'atteinte des objectifs et d'analyse coûts-bénéfices des obligés, ce dispositif présente plusieurs limites. D'abord, l'efficacité réelle des certificats en termes d'impact environnemental est à nuancer. Les économies sont calculées *ex-ante* sur la base d'actions standardisées. Par manque de données, il est difficile d'évaluer l'impact *ex-post* et de vérifier le réalisme des hypothèses de calcul, qui sont variables selon les pays. De plus, il existe des aléas moraux qui peuvent limiter l'efficacité d'une technologie, comme une mauvaise installation ou un usage sous optimal par le ménage bénéficiaire. Les certificats n'évitent pas non plus un effet rebond qui peut être important du fait des économies réalisées grâce à une technologie plus efficace. Par ailleurs, les bénéfices et les coûts de ce dispositif sont inégalement répartis au sein des ménages (Giraudet *et al.*, 2020). En l'absence de mécanisme recouvrant les coûts des certificats supportés par les obligés, ceux-ci augmentent le prix de leurs services. Les ménages qui bénéficient de mesures d'économie d'énergie profitent donc du dispositif, alors que tous sont soumis à l'augmentation des prix de ces entreprises. Il peut également y avoir des comportements opportunistes de la part de ménages qui comptaient faire des investissements indépendamment des subventions accordées par leur fournisseur ou leur distributeur. La contrainte imposée par le gouvernement britannique de cibler des ménages modestes permet de limiter ces comportements opportunistes et l'augmentation de la part du budget consacrée à l'énergie chez les ménages modestes.

Nous avons vu que le mécanisme de certificat est particulièrement flexible pour s'adapter aux différents objectifs et contingences d'un pays. Nous allons à présent discuter des modalités possibles pour la mise en place de certificats de sobriété numérique.

4. Concevoir les certificats de sobriété numérique : propositions

Nous allons à présent nous intéresser à la conception des certificats de sobriété numérique et aux différentes modalités envisageables. Cet instrument n'existe pas à l'heure actuelle, mais ces réflexions, non prescriptives, ont pour but d'ouvrir le débat. Elles mettent en exergue les grandes questions auxquelles des régulateurs seraient confrontés s'ils instaurent un tel mécanisme, dans un cadre français voire européen car la flexibilité de cet instrument permettrait de l'adapter à divers périmètres.

Un certificat de sobriété numérique serait une obligation pour certaines entreprises de réduire l'impact environnemental du numérique. Si cette définition est de manière délibérée assez générale, le régulateur pourra en fonction de ses objectifs opter pour une définition plus spécifiée. Comme nous l'avons vu précédemment, un tel mécanisme pourrait servir à corriger différentes défaillances de marché qui sont à l'origine de la pollution numérique. Pour réduire l'impact environnemental du numérique, différentes actions sont possibles mais toutes n'ont pas la même finalité. Certaines ont pour objectif de rendre les activités de certaines entreprises moins polluantes et d'autres pour finalité de rendre le consommateur final plus sobre. Si les premières résultent de l'internalisation l'externalité environnementale, les secondes ont pour but de répondre aux problèmes informationnels et aux biais comportementaux. Nous allons dénommer les premières actions comme internes et les deuxièmes comme externes.

Notons que les certificats d'efficacité énergétique sont une délégation de la politique de promotion de l'efficacité numérique aux énergéticiens, justifiée par la plus grande expertise et la plus grande connaissance des consommateurs qu'ont ces derniers par rapport au régulateur. Comme on l'a vu, les FAI, les FCA et les centres informatiques ont un avantage informationnel et technique sur le régulateur et sont directement en contact avec les utilisateurs de numérique. Ceci justifie la prise en compte des actions externes dans les actions autorisées pour les certificats de sobriété numérique. Posons-nous à présent la question suivante : faut-il intégrer ou non les actions internes dans les actions possibles ? Le certificat de sobriété numérique agirait alors comme un quota d'actions que devra réaliser l'entreprise et qui permettra l'internalisation par l'entreprise de l'externalité environnementale. Nous comprenons donc qu'autoriser à la fois des actions

internes et externes est équivalent à utiliser un instrument pour pallier à plusieurs défaillances de marché. Nous savons qu'il est plus aisé de rendre acceptable par les entreprises la mise en place d'un instrument corrigeant plusieurs défaillances que l'instauration de deux instruments différents. Cependant, un tel instrument est souvent moins efficace que deux instruments à la fois. Nous discuterons de l'efficacité par la suite et de l'intérêt d'autoriser les deux types d'actions à la fois.

Revenons à notre définition. La définition large que nous avons retenue permet la prise en compte d'actions répondant à différentes défaillances car il n'existe actuellement pas d'instrument de régulation de la pollution numérique. Toutefois, l'apparition d'autres instruments pourrait conduire à une réorientation des objectifs vers la correction des externalités non visées et donc à une définition plus spécifiée des certificats de sobriété énergétique. Dit autrement, si un instrument était instauré pour permettre l'internalisation de l'externalité environnementale, il serait préférable d'utiliser les certificats de sobriété numérique pour promouvoir l'adoption de pratiques plus sobres par les utilisateurs. Le conditionnement de la réduction de la TICFE pour les centres informatiques¹⁴ est un exemple d'instrument qui serait complémentaire aux certificats de pollution numérique.

Nous pouvons à présent nous demander, dans le cas où les deux types d'actions sont autorisés, s'il y en aurait un qui serait préféré par les entreprises. Bien entendu, la décision dépendrait des coûts de réalisation des actions. Notons toutefois que peuvent entrer en considération les coûts de transactions nécessaires pour cibler des consommateurs mais aussi la capacité ou non à répercuter le coût des certificats dans le prix des transactions marchandes (accès à internet, vente des données, etc.). Les actions externes génèrent un coût de mise en conformité alors que les actions internes peuvent affecter le coût marginal de production. Dès lors, il existerait un risque qu'un type d'actions (ou certaines d'entre elles) domine l'autre. Si *a priori* d'un point de vue environnemental, la réalisation d'actions internes est équivalente à celle d'actions externes, le régulateur pourrait souhaiter que les deux types d'actions soient réalisés. En effet, le régulateur peut souhaiter que les entreprises et les consommateurs modifient tous leurs pratiques. De surcroît, les effets redistributifs sur ces acteurs peuvent

14. La Loi de finances 2021 rend l'éligibilité à l'abattement de la TICFE pour les centres informatiques conditionnée à des critères environnementaux à partir du 1^{er} janvier 2022.

être différents en fonction du type d'actions réalisés (coûts psychologiques pour les consommateurs de changer de pratiques, effets sur les prix ou l'accroissement des coûts pour avoir accès à certains services numériques). Une possibilité pour le régulateur serait de définir quelle part des obligations doit être convertie en actions internes et quelle part en actions externes. Introduire alors ces nouvelles contraintes peut permettre de contrôler ou du moins de mieux répartir l'ensemble des coûts entre tous les acteurs.

Une fois que la définition des certificats et le périmètre des actions ont été discutés, nous allons nous interroger sur l'identification des obligés et des éligibles. Nous avons vu que pour les certificats d'efficacité énergétique, les pays étudiés ont opté pour des identifications différentes des obligés et des éligibles. Nous allons cependant discuter des critères qui nous semblent cruciaux pour déterminer sur qui porteront les obligations et éventuellement si des acteurs pourront produire des certificats. Selon nous, doivent être les obligés toutes les entreprises qui contribuent au trafic des données. En effet, elles génèrent ou participent à la production de l'externalité environnementale. La spécificité du problème ici est que l'externalité environnementale n'est pas due à une entreprise spécifique telle que les centres informatiques mais aussi aux producteurs de contenus ou aux fournisseurs d'accès qui ont une responsabilité dans la production de l'externalité. Cette notion de responsabilité doit être discutée et des choix politiques doivent être faits pour l'interpréter. Notons aussi qu'un mécanisme tel que le certificat peut être compliqué pour des petites entreprises à mettre en place et nous considérons que des seuils doivent être établis. Interrogeons-nous à présent sur l'intérêt d'autoriser certains acteurs qui n'ont pas d'obligations de générer des certificats. Cette stratégie a pour but de réduire le coût des obligations et de profiter de l'expertise et des connaissances de certains acteurs pour réduire l'empreinte environnementale du numérique.

Une autre question importante est de savoir quelle métrique utiliser. Trois mesures semblent adaptées : les émissions de CO₂, les kWh et les octets. Si les deux dernières sont facilement mesurables pour des actions de sobriété numérique, elles ne conviennent pas à toutes les actions de sobriété numérique. Par exemple, il semble peu pertinent de convertir l'optimisation de la consommation de données d'une application mobile en kWh évités. En revanche, les émissions de CO₂ sont l'unité couramment utilisée pour parler des objectifs environnemen-

taux et les émissions peuvent être calculées à partir d'autres unités de mesures (kWh, octet). Toutefois, utiliser une telle mesure limiterait l'instrument des certificats de sobriété numérique seulement aux effets du numérique sur les émissions de carbone, et occulterait les autres impacts environnementaux du numérique tels que la pollution des eaux. Dit autrement, le choix de la métrique résulte de l'objectif défini par le régulateur.

Interrogeons par ailleurs sur la transférabilité ou non des certificats. Cette possibilité permet de faire des gains en efficacité en profitant des activités de sobriété les moins coûteuses. Toutefois, la question est connexe à celle de créer ou non un marché. Un danger possible serait que certains acteurs aient un pouvoir de marché sur ce marché et puissent adopter des stratégies de prédation pour affecter leurs concurrents (Hintermann, 2017). Dès lors, le choix de créer un marché spécifique est justifié que si le nombre d'acteurs est suffisant et qu'aucun n'a une taille suffisante pour être stratégique vis-à-vis du prix des permis.

Finalement, comme nous l'avons vu avec les certificats d'efficacité énergétique, il est primordial de définir les actions possibles et soit de calculer *ex-ante* les gains environnementaux générés ou soit de les déterminer *ex-post*. Si la méthode *ex-ante* peut surestimer les gains, la méthode *ex-post* est particulièrement coûteuse. Nous privilégierions donc la première méthode.

5. Conclusion

Nous avons identifié un problème majeur dans la transition écologique qui est la pollution numérique et nous avons proposé un instrument pour modifier les comportements tant des utilisateurs que des entreprises. La présentation rapide des récentes initiatives de régulation de ces impacts a montré l'intérêt de les considérer comme différents aspects d'un même problème. À l'inverse des mesures existantes pour limiter les impacts environnementaux du numérique, qui les traitent séparément, les certificats de sobriété numérique visent les différentes sources et formes de la pollution numérique. Comme pour les certificats d'efficacité numérique, leur efficacité repose sur la meilleure information sur les pratiques des consommateurs, les coûts et les enjeux techniques dont disposent les grands acteurs du numérique par rapport au régulateur.

L'impact de ces certificats est difficile à estimer. Au-delà des enjeux méthodologiques de quantification environnementale, il dépend du périmètre, des obligés et de la métrique choisis par le régulateur. Cet impact passe par les actions de sobriété numérique réalisées par les obligés et les éligibles, qui peuvent prendre différentes formes selon la métrique. Très flexible, cet instrument peut cibler la consommation d'énergie ou de données, ou bien l'externalité environnementale qui en résulte, comme les émissions de CO₂ ou la pollution des eaux et des sols. Les certificats sont adaptables aux priorités environnementales du régulateur. Ils pourraient par exemple être définis en fonction d'un objectif quantifié de réduction d'émission de CO₂ du secteur numérique et des efforts attendus par obligés.

Cette flexibilité faciliterait l'adoption de cet instrument, mais les modalités de mise en place restent à approfondir. Cibler dans un premier temps les émissions de CO₂ permettrait d'aligner le secteur du numérique sur les objectifs de respect des Accords de Paris de la France et de l'Europe. Plusieurs grands acteurs du numérique, comme les GAFAM, cherchant déjà à réduire leur empreinte carbone, ces certificats ne seraient pas perçus comme trop contraignants. À plus long terme, les objectifs de réduction d'émissions dans ce secteur pourraient être augmentés et d'autres enjeux environnementaux du numérique, comme la pollution des eaux et des sols ou encore l'épuisement des réserves abiotiques, pourraient être inclus dans ces certificats.

Références

- Ademe, 2019, *La face cachée du numérique*.
- Añón Higón D., Gholami R. et Shirazi F., 2017, « ICT and environmental sustainability: A global perspective », *Telematics and Informatics*, n° 34, pp. 85-95.
- Arcep, 2021, *Baromètre de l'interconnexion de données en France*.
- Asadi S., Hussin A. R. C. et Dahlan, H. M., 2017, « Organizational research in the field of Green IT: A systematic literature review from 2007 to 2016 », *Telematics and Informatics*, n° 34, pp. 1191-1249.
- Bohas A., Berthoud F. et Feltin G., 2019, « Norme numérique et Green IT », *Ecoinfo*.
- Bordage F. et GreenIt, 2019, *Empreinte environnementale du numérique mondial*.

- Conseil de l'UE, 2021, *Confidentialité des communications électroniques : le Conseil arrête sa position sur des règles en matière de vie privée et de communications électroniques*, Communiqué de presse du Conseil de l'UE, février.
- CNN, 2020, *Feuille de route sur l'environnement et le numérique*.
- Dedrick J., 2010, « Green IS: Concepts and Issues for Information Systems Research », *CAIS*, n° 27.
- Efoui-Hess M., Geist J-N., 2020, *The Shift Project a-t-il vraiment surestimé l'empreinte carbone de la vidéo ?*, The Shift Project.
- Eyre N., Bodineau L. et Pavan M., 2009, *Energy Company Obligations to Save in Italy, the UK and France: What Have We Learnt?*, ECEEE 2009 Summer Study, Act! Innovate ! Deliver ! Reducing energy demand sustainability.
- Giraudet L-G., Bodineau L. et Finon D., 2012, *The Costs and Benefits of White Certificates Schemes*, pp. 179-199.
- Giraudet L-G, Finon D., 2014, « European experiences with white certificate obligations: A critical review of existing evaluations », *Economics of Energy & Environmental Policy*, vol. 4, n° 1, pp. 113-130.
- Giraudet L-G., Glachant M. et Nicolai J-P., 2020, « Selling and saving energy: energy efficiency obligations in liberalized energy markets », *The Energy Journal*, vol. 41, SI1.
- GreenPeace, 2016, *Clicking Clean: Who is Winning the Race to Build a Green Internet?*.
- Hankel A. et al., 2018, « A Systematic Literature Review of the Factors of Influence on the Environmental Impact of ICT », *Technologies*, vol. 6, n° 3, septembre.
- Hintermann B., 2017, « Market Power in Emission Permit Markets: Theory and Evidence », *Environmental and Resource Economics*, vol. 66, n° 1, pp. 89-112.
- IDDRI, FING, WWF et GreenIT, 2018, *Le livre blanc du numérique, Faire de la transition numérique un accélérateur de la transition écologique*.
- Marquet K., Combaz J. et Berthoud F., 2019, « Introduction aux impacts environnementaux du numérique », *Bulletin de la Société Informatique de France*, n° 1024, pp. 85-97.
- Masanet E. et al., 2020, « Recalibrating global data center energy-use estimates », *Science*, vol. 367, février.
- Sénat (Commission de l'aménagement du territoire et du développement durable du Sénat), 2020, *Rapport de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique*.
- The Shift Project, 2018, *Lean ICT: Pour une sobriété numérique*.
- The Shift Project, 2019, *Climat: l'insoutenable usage de la vidéo en ligne*.
- The Shift Project, 2020, *Déployer la sobriété numérique*.

- The Shift Project, 2021, *Impact environnemental du numérique, tendances à 5 ans et gouvernance de la 5G*.
- Tushi B., Sedear D. et Recker J., 2014, *Green It Segment Analysis: An Academic Literature Review*, Twentieth Americas Conference on Information Systems, Savannah.
- Verdecchia R., Ricchiuti F., Hankel A., Lago P. et Procaccianti G., 2017, « Green ICT Research and Challenges in Advances and New Trends in Environmental Informatics » in Wohlgemuth V., Fuchs-Kittowski F. et Wittmann J. (eds.), *Advances and New Trends in Environmental Informatics. Progress in IS*, Springer International Publishing, pp. 37-48.
- WeGreenIt et WWF, 2018, *Quelle démarche GreenIt pour les grandes entreprises françaises?*.
- Whitehead B., Deborah A., Amip S. et Graeme M., 2014, « Assessing the Environmental Impact of Data Centres Part 1: Background, Energy Use and Metrics », *Building and Environment*, n° 82.

