



L'écoconception d'un service numérique : des actions pour réduire l'impact environnemental du numérique

Cyrille Bonamy, Cédric Boudinet, Laurent Bourgès, Karin
Dassas, Laurent Lefèvre, Benjamin Ninassi, Francis Vivat¹

Le terme écoconception, surtout appliqué à un service numérique, pourrait apparaître comme une expression un peu vague frôlant le *green washing*. L'objet de cet article est de démontrer qu'il recouvre en réalité des actions concrètes et utiles, dans un monde où l'impact environnemental du numérique est de plus en plus important.

EcoInfo [1], un collectif qui comprend des ingénieurs, des chercheurs et des enseignants-chercheurs des secteurs de la recherche et de l'enseignement supérieur, s'intéresse à cette problématique depuis plus d'une décennie. Le nombre de *think tanks*, d'initiatives publiques et privées, autour de cette problématique n'a cessé de croître ces dernières années [1-8]. Et pour cause, il est réellement urgent d'agir.

L'écosystème numérique mondial serait à l'origine de 2 % à 4 % — selon les études — des émissions de gaz à effet de serre (GES) sur la planète, soit jusqu'à deux fois plus que le transport aérien. Rien qu'en France, un rapport du Sénat [9] donne 15 millions de tonnes équivalent dioxyde de carbone (CO₂) par an, soit 2% du total des émissions dans l'Hexagone en 2019. Toutes les études s'accordent à dire que cette contribution est en croissance continue [10, 11].

Mais l'impact du numérique ne se limite pas à sa déclinaison la plus médiatisée, les émissions de gaz à effet de serre et le réchauffement climatique.

L'impact majeur est dû à la fabrication du matériel numérique et au traitement des déchets : pollution des sols et des nappes, diminution des ressources en eau, et même

1. Membres du Groupement de service CNRS EcoInfo, <https://ecoinfo.cnrs.fr>.

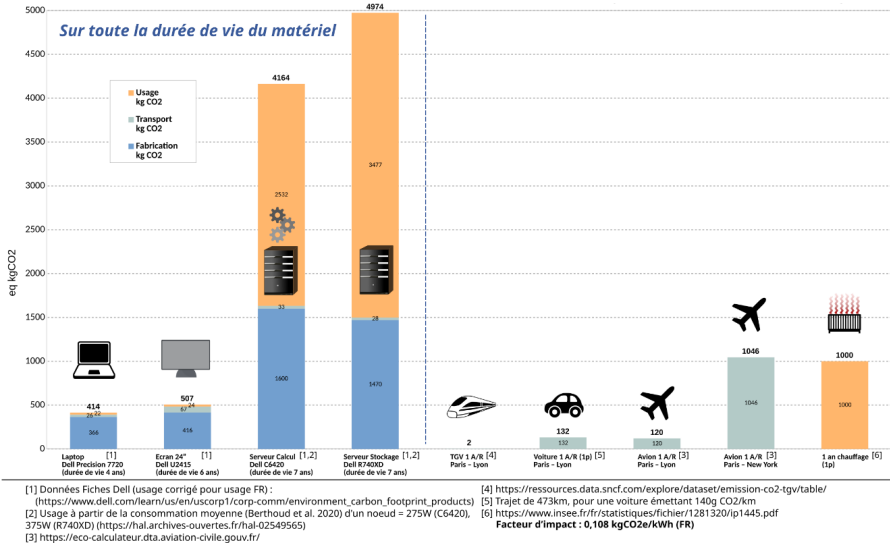


FIGURE 1. Comparatif sur les émissions de CO2 (par Jérémy Wambecke et Carole Plasson, Laurent Bourgès).

impact sur la santé et sur la biodiversité. La priorité de l'écoconception de service numérique doit donc être de limiter l'obsolescence des équipements et la nécessité d'en fabriquer de nouveaux.

Pour mieux cerner le périmètre des actions possibles, rappelons d'abord ce qu'est un service numérique, quel est son cycle de vie, et à quelles étapes il est possible de réduire son impact environnemental.

La norme sectorielle ITU L.1410 [12] présente les services numériques comme l'utilisation d'équipements numériques ou de réseaux de télécommunication pour fournir de la valeur à un ou plusieurs utilisateurs.

Nous définissons plus précisément le service numérique comme un ensemble d'information (les données), de traitements (algorithmes, filtres, simulations), des échanges d'informations, et des interfaces utilisateurs. Un service numérique repose donc sur des infrastructures logicielles (applications, outils, bibliothèques, protocoles), des infrastructures matérielles (serveurs, équipements réseau, terminaux, capteurs), et des personnes (développeurs, administrateurs systèmes et réseaux, chefs de projet, chercheurs, maîtres d'ouvrages et utilisateurs).

Le cycle de vie du service numérique est en général présenté comme sur la figure 2, avec une première phase de définition, collecte des besoins, analyse (phase « avant ») suivie par la conception, le développement logiciel, l'intégration, les tests,

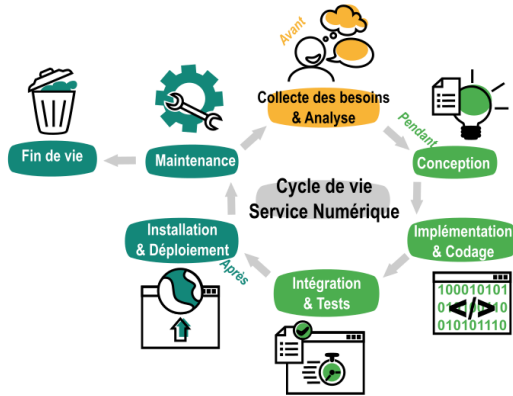


FIGURE 2. Cycle de vie d'un service numérique, Marie Chevalier, 2021.

la mise en production (phase « pendant »), puis le déploiement, l'utilisation et la maintenance (phase « après »), avec une sortie du cycle, la fin de vie. Le cycle peut être parcouru plusieurs fois, dans une démarche d'amélioration continue.

Actions possibles à toutes les étapes du cycle de vie

L'incidence du service numérique sur l'environnement peut se faire jour à toutes les étapes du cycle de vie du service ! De façon générale, plus la prise en compte des aspects environnementaux intervient tôt dans le cycle de vie, plus l'effet est important. Il est donc possible, comme nous allons le voir, d'agir à chaque étape du cycle de vie du service numérique.

Nous présentons ici les grandes lignes des actions possibles, mais nous vous invitons à consulter la plaquette sur les bonnes pratiques en écoconception à destination des développeurs de logiciel [13], rédigée par les auteurs de cet article, et le learning lab d'Inria [14] pour trouver plus de références vers des outils et des méthodologies. Un grand principe d'écoconception, quel que soit le domaine, est d'appliquer le principe « éviter, réduire, compenser » (ERC), notamment les deux premiers points :

- éviter, quand c'est possible, de créer une nouvelle source impactant négativement l'environnement est toujours le meilleur choix ;
- réduire au maximum l'impact quand il est inévitable en faisant preuve de sobriété.

Phase « avant »

Dès la phase « avant », le principe précédent peut s'appliquer. Au début de tout projet de service numérique, on commence par définir l'objet à créer. Quels besoins cherche-t-on à satisfaire ? Quels seront les utilisateurs ? Quels usages en feront-ils ? Pour résumer, dans la phase « avant », on définit le « quoi ». Obtenir des réponses précises et pertinentes à ces questions est une des clefs de la réussite d'un projet, indépendamment de la réalisation technique.

Ainsi, lors de la définition des besoins, il faut éviter le service numérique en trop. Le service qui pollue le moins est celui qui n'existe pas.

Avant de se lancer dans un projet de création, il faut s'assurer que le besoin auquel l'on souhaite répondre n'est pas déjà couvert. D'ailleurs, ce besoin s'inscrit-il dans les objectifs de développement durable [15] ? Ce service aura-t-il un impact positif sur l'environnement, participant ainsi à la compensation de ses propres aspects négatifs ? Se poser la question de l'utilité est la première étape de l'écoconception. Mais une fois le besoin du service numérique justifié, il faut essayer d'éviter l'« obésiciel » en se concentrant sur les fonctionnalités essentielles.

La tentation est grande lors de cette phase de vouloir couvrir un nombre conséquent de besoins, de vouloir toucher le public le plus large possible, et de demander des fonctionnalités pour l'unique raison qu'elles existent dans d'autres services numériques. Ce type de comportement amène à la création de véritables usines à gaz peu utilisables. Plusieurs études [16] révèlent qu'une grande majorité des fonctionnalités des logiciels ne sont que rarement, voire jamais, utilisées (entre 50 % et 80 %). Elles auront pourtant eu un impact environnemental lors de leur production, et leur présence latente dans les logiciels a également un impact résiduel.

Dans un processus cyclique, il est également important de se demander, à cette étape, si les fonctionnalités existantes sont pertinentes, afin de supprimer celles qui sont devenues obsolètes.

Phase « pendant »

Cette phase de réalisation peut elle-même se découper en plusieurs parties : la conception du logiciel, la réalisation, l'intégration et les tests. Pour chacune de ces parties, des actions sont possibles pour tenter de réduire l'impact négatif du service numérique.

Phase « conception »

Concevoir des interfaces sobres, penser à la compatibilité à long terme, réutiliser tout ou partie de logiciels existants, privilégier la basse technologie (ou *low-tech*), planifier la gestion des données (*Data Management Plan* ou DMP) ainsi que la gestion du logiciel (*Software Management Plan* ou SMP) sont autant de leviers à la disposition du développeur lors de la conception du service. C'est aussi le moment

pour le développeur de s'interroger sur les moyens de rendre ses données plus durables, afin d'éviter les développements redondants. Suivre le principe FAIR (*Findable Accessible Interoperable Reusable*), pour les données, comme pour le logiciel d'ailleurs est aussi utile d'un point de vue environnemental.

Phase « réalisation »

La réalisation est le moment où l'on code, où l'on met en œuvre les technologies nécessaires. Cette phase coïncide également avec la réalisation des visuels, icônes, images mais également avec la création des contenus, la collecte et la mise en forme des données, qui devront être accessibles via le service. Au début de cette étape, le choix d'un langage n'est pas anodin d'un point de vue environnemental [13]. Tous les langages et toutes les technologies ne se valent pas, certains peuvent être moins énergivores que d'autres. Ceci dit, attention, les compétences des développeurs et les choix d'architecture ont plus d'impact que le choix du langage : un très bon développeur Python optimisera mieux son code qu'un mauvais développeur C++, ce qui amènera au final à une plus grande réduction de l'impact que le langage lui-même. De même, la réutilisation de code fonctionnel et déjà validé doit être privilégiée, quel que soit le langage. Le contexte, humain ou technique, doit ainsi être un critère déterminant dans le choix des technologies à mettre en œuvre.

On peut essayer aussi de choisir des technologies pérennes, dans la mesure du possible. Les technologies mises en œuvre dans les services numériques évoluent très vite : des nouvelles apparaissent, et certaines disparaissent faute d'une communauté forte pour les maintenir. S'intéresser à l'ancienneté et à l'activité de sa communauté permet d'identifier les technologies pérennes. C'est un critère important à prendre en compte pour éviter de devoir réécrire complètement le code d'un service numérique à cause d'une de ses briques technologiques devenue obsolète.

Un autre principe classique de l'écoconception : éviter la complexité. Un code simple à comprendre et à mettre en œuvre sera aussi plus durable et plus facile à faire évoluer. C'est la base du principe KISS (*Keep It Simple and Stupid*).

Une autre règle d'évitement dans la partie « réalisation » : il est toujours bon d'éviter de réinventer la roue. Dans la mesure du possible, choisissez une licence *open source* et contribuez ainsi au monde du logiciel libre [17, 18]. Non seulement vous permettrez à d'autres de réduire leur propre impact, mais vous pourriez être agréablement surpris par les apports de la communauté à votre création !

Et enfin, on peut mesurer pour mieux réduire. Utilisez des outils de mesure pour évaluer les performances de votre code. Que ce soit la quantité de données échangées, le temps de chargement des pages, le temps d'exécution, le nombre de requêtes... tout est matière à optimisation. L'écoconception est une démarche d'amélioration continue sans fin. La mesure est indispensable à cette démarche afin de savoir quoi et comment améliorer, et d'éviter la tentation de la fonctionnalité en plus

ou l'effet rebond. Néanmoins, trouver le bon compromis entre simplicité et optimisation est souvent un facteur clef.

Attention aux effets rebonds : l'optimisation ne doit pas être un prétexte à l'ajout de nouvelles fonctionnalités non-essentielles, ou à des tests superflus. Optimiser un logiciel peut induire à lancer davantage d'opérations ou traiter davantage de données, donc l'empreinte écologique du service ne sera pas réduite (paradoxe de Jevons). L'optimisation devrait servir simplement à réduire la consommation énergétique et des ressources, et si possible d'arriver plus vite au résultat. Chaque exécution a un impact ! Il est primordial de n'optimiser que ce qui a le plus d'impact (loi de Pareto).

Phase d'intégration et de tests

Dernière étape de la phase « pendant » du cycle de vie, cette phase n'est pas en reste. Il s'agit de mettre la qualité au service de la durabilité. La mise en place de tests permet de détecter les anomalies et d'assurer un important niveau de qualité du service. Ceci va *éviter* les régressions lors de ses évolutions et améliorer la satisfaction des utilisateurs. Si votre service numérique contient trop de *bugs* ou d'instabilités, il risque de ne pas être utilisé ou d'être difficile à maintenir dans le temps : tous les impacts environnementaux engendrés par sa production auront été générés pour rien. Néanmoins, focalisez-vous sur les tests les plus essentiels et méfiez-vous de leur automatisation qui est elle-même une source de gras numérique.

Phase « après »

Une fois le service numérique réalisé et testé, il est encore possible de réduire son impact dans la phase « après », et là encore, à de nombreux niveaux. Lors de la mise en production, choisir un bon hébergeur, dimensionner au plus près du besoin, pratiquer l'amélioration continue et nettoyer les données inutiles, toutes ces actions ont un impact.

Comment distinguer un bon hébergeur d'un mauvais hébergeur ? Pas si simple en fait. Mais il est certain que tous les *datacenters* ne se valent pas en termes de performances environnementales. Choisir un *datacenter* labellisé *Code of Conduct* [19], c'est réduire son impact. D'autres éléments comme sa situation géographique ainsi que son indicateur d'efficacité énergétique (PUE) [20] sont également à prendre en compte.

Choisissez, si possible, une infrastructure (combien de serveurs, de quel type, etc.) au plus proche du besoin réel : vouloir trop anticiper les pics de charge va conduire à un gaspillage de ressources. Privilégiez la mise en œuvre de solutions capables d'allumer et d'éteindre à la demande les ressources nécessaires, et ne laissez pas allumés des serveurs inutilisés.

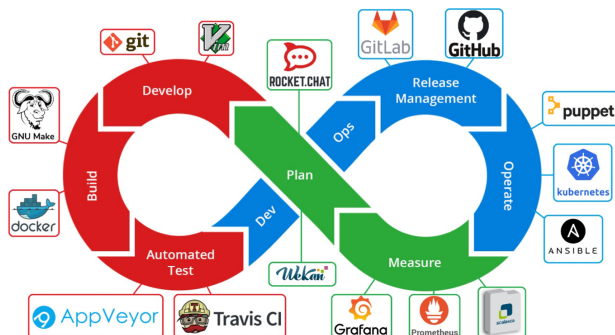


FIGURE 3. Exemples d'outils utilisés pour l'amélioration continue du service numérique (source PNGEgg, adaptée par C. Bonamy).

Une fois le service en production, il peut être utile d'exploiter la supervision et les alertes pour observer les pics CPU, ressources utilisées (disque, réseau), consommation électrique afin de modifier le service numérique pour l'adapter en fonction de l'usage observé (amélioration continue).

Au cours de la vie d'un service numérique, il est commun de voir certaines des données qu'il contient devenir obsolètes. Qu'il s'agisse d'anciens contenus périmés ou de données concernant d'anciens utilisateurs, il est important de régulièrement faire le tri entre les données utiles et celles qui ne le sont plus, de manière à réduire l'impact du stockage.

Phase « fin de vie »

Puis, arrive la fin de vie ; eh oui, pour le service numérique aussi. Même si un service numérique n'est plus utilisé, il va continuer à avoir un impact résiduel sur l'environnement (à cause du stockage de données, de son hébergement et même des accès réseaux réguliers à d'autres services numériques nécessaires à son fonctionnement). Il est donc important de penser à traiter sa fin de vie. Pour ne pas perdre la connaissance produite, pensez à référencer son code dans la plateforme de sauvegarde du patrimoine numérique Software Heritage [21].

Nous avons parcouru ensemble le cycle de vie du service numérique en proposant des actions en fonction des étapes. Mais il existe aussi des éléments auxquels on peut réfléchir à chacune des étapes : la sécurité et l'impact humain.

La sécurité comme facteur de résilience

De l'indisponibilité de votre service jusqu'au vol de données personnelles de vos utilisateurs en passant par l'installation de logiciels malveillants sur votre infrastructure, les conséquences d'une faille de sécurité peuvent être nombreuses. Les actions

correctives, quand elles sont possibles, sont très coûteuses en temps et en énergie, et ont donc un impact sur l'environnement. Le gaspillage est encore plus important si le service doit fermer suite à une attaque. La sécurité doit être une préoccupation présente à toutes les étapes du cycle de vie d'un service numérique, et en lister les bonnes pratiques nécessiterait une fiche concept à part entière. On peut néanmoins citer comme référence les recommandations de l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information [22] et cet exemple de Cloudflare sur le traitement des *bots* malveillants [23].

L'impact humain

Produire de manière responsable

Chacune de ces étapes va se répéter pendant toute la durée de vie du service numérique, et à chacune de ces étapes des humains collaborent. À travers leur quotidien, ces humains vont avoir un impact : ils vont, par exemple, utiliser du matériel informatique et se déplacer pour venir à leur bureau ou pour se réunir. Mettre en place une politique environnementale d'entreprise permettant de limiter cet impact est crucial. Par exemple, favoriser le télétravail pour les employés qui n'ont pas d'autre solution que la voiture pour venir au bureau va réduire les émissions carbonées liées à leurs déplacements. Mettre en place une politique favorisant la prolongation de la durée de vie des ordinateurs et l'utilisation de matériel reconditionné va réduire l'impact de la consommation d'équipements.

Anticiper la transformation des usages

Par son utilisation, le service numérique peut avoir un impact en provoquant une transformation des comportements. Par exemple, une application de réalité augmentée peut avoir été conçue dans l'objectif de donner envie d'aller randonner et de renouer avec la nature, mais aboutir à une incitation de ses utilisateurs à parcourir plus de kilomètres en voiture pour chasser des chimères virtuelles. Il est important de prendre conscience au plus tôt des comportements potentiellement induits par l'utilisation d'un futur service numérique, afin de réduire au maximum l'impact indésirable.

Conclusion

Il faut conserver à l'égard de l'ensemble des bonnes pratiques décrites ici un esprit critique, une capacité d'introspection et une approche systémique. En effet, malgré toutes les bonnes intentions, il est possible que l'application spécifique d'une de ces bonnes pratiques puisse, en fonction du contexte et dans un périmètre donné, générer des effets rebonds et être contre-productive. Il est important de mettre en place des indicateurs (consommation énergétique des équipements mis en œuvre,

quantité de données transférées, temps de chargement, etc.) et de les utiliser pour piloter les évolutions successives afin de s'assurer que la démarche va bien dans le sens de la réduction de l'impact environnemental. L'écoconception est une démarche d'amélioration continue s'inscrivant dans la durée, et il est tout à fait acceptable d'y aller pas à pas, une bonne pratique après l'autre.

Une déclinaison plus spécifique des propositions décrites dans cet article est disponible pour le calcul scientifique dans la plaquette EcoInfo [13]. La prochaine version présentera aussi une fiche *web services*, une fiche rupture et des détails sur la fin de vie. Enfin, nous rappelons que cette plaquette est un complément aux trois plaquettes de bonnes pratiques [24, 25, 26] liées au développement logiciel proposées par le réseau des acteurs du développement logiciel (DevLOG) au sein de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Références

- [1] <https://ecoinfo.cnrs.fr>
- [2] https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/reseaux-du-futur-empreinte-carbone-numeriquejuillet2019.pdf
- [3] https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1806/Full_report_ENERNUM_MAY_2019-eng.pdf
- [4] https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2020/10/Deployer-la-sobriete-numerique_Rapportcomplet_ShiftProject.pdf [3.5] <https://www.greenit.fr/empreinte-environnementale-du-numerique-mondial>
- [5] <https://www.greenit.fr/empreinte-environnementale-du-numerique-mondial>
- [6] <https://institutnr.org/inr-numerique-responsable>
- [7] <https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/a-propos>
- [8] <https://boavizta.org>
- [9] <https://www.senat.fr/rap/r19-555/r19-5550.html#toc0>
- [10] <http://www.senat.fr/rap/r19-555/r19-555-syn.pdf>
- [11] <https://theshiftproject.org/article/pour-une-sobriete-numerique-rapport-shift/>
- [12] <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1410/fr>
- [13] **Plaquette EcoInfo**, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03009741>
- [14] <https://learninglab.gitlabpages.inria.fr/mooc-impacts-num/mooc-impacts-numressources/Partie3/FichesConcept/FC3.4.2-bonnespratiques-MoocImpactNum.html>
- [15] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/>
- [16] Suja Thomas, *Feature Adoption Report*, Pendo, 2019, <https://go.pendo.io/rs/185-LQW-370/images/2019%20Feature%20Adoption%20Report%20Digital.pdf>
- [17] **Logiciel libre et développement durable**, <http://ll-dd.ch>
- [18] <https://www.etalab.gouv.fr/accompagnement-logiciels-libres>

- [19] <https://ecoinfo.cnrs.fr/2020/05/19/guide-des-bonnes-pratiques-du-code-de-conduite-europeen-sur-les-datacentres>
- [20] https://fr.wikipedia.org/wiki/Indicateur_d'efficacit _ nerg tique
- [21] <https://www.softwareheritage.org/?lang=fr>
- [22] **S curiser un site web**, ANSSI, <https://www.ssi.gouv.fr/guide/recommandations-pour-la-securisation-des-sites-web>
- [23] **John Graham-Cumming**, *Cleaning up bad bots*, Cloudflare, 23/09/2019, <https://blog.cloudflare.com/cleaning-up-bad-bots>
- [24] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02083801>
- [25] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02400300>
- [26] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02399517>