



**HAL**  
open science

## Comment aller vers une informatique éco-responsable?

Veronique Heiwy

► **To cite this version:**

Veronique Heiwy. Comment aller vers une informatique éco-responsable?. ERGO'IA 2023, Oct 2023, Bidart, France. hal-04405053

**HAL Id: hal-04405053**

**<https://hal.science/hal-04405053v1>**

Submitted on 19 Jan 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# Comment aller vers une informatique éco-responsable?

**Veronique Heiwy**

Université Paris Cité

IUT Paris Rives de Seine

143 avenue de Versailles

75016 Paris

France

Veronique.plihon-heiwy@u-  
paris.fr

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author. Copyright is held by the owner/author.  
ERGO'IA 2023, October 10--13, 2023, Bidart, France.  
ISBN: 979-8-4007-0910-4

## **Abstract**

Sobriety and sustainable development are among the elements of language that seem to usher in a new era after the COVID 19 crisis. Digital and information systems are no exception to this trend. In this article we try to sketch an inventory and propose possible solutions to make our developments and our IT practices more restrained and more sustainable.

### Author Keywords

Digital sobriety, sustainable development, Corporate Social Responsibility

### CSS Concepts

• **Human-centered computing~Human computer interaction (HCI)**; *Haptic devices*; User studies; Please use the 2012 Classifiers and see this link to embed them in the text: [https://dl.acm.org/ccs/ccs\\_flat.cfm](https://dl.acm.org/ccs/ccs_flat.cfm)

### Introduction

Depuis plusieurs années la thématique du *développement durable* s'invite dans la recherche en informatique. En 2019, Françoise Berthoud avait abordé la thématique des « green IT » dans sa conférence « Numérique : menace ou espoir pour l'environnement » (Berthoud , 2019). En 2021, une table ronde «SI et responsabilité environnementale et sociétale » (Provitolo 2006) était consacrée au « développement durable », thématique que l'on retrouve partout. Dans le questionnaire d'évaluation des enseignements menés par le HCERES (Haut Conseil de l'Evaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur), par exemple, parmi les compétences complémentaires de L2, on trouve la rubrique « ce cours intègre les enjeux du développement durable ».

Le terme de *sobriété* fait également partie des éléments de langage qui reviennent en force, mettant fin à l'ère de l'illimité. En 2019, la conférence ecoInfo intitulée « vous avez dit sobriété (numérique) ? » en est un exemple. En 2021, le printemps de l'économie a choisi « sobriété , l'essence de demain ? » comme thématique. Dans ce numéro on retrouve plusieurs articles très intéressants (Creti 2022), (Artus 2022), (Hoibian 2022), (Pillot 2022) (Thoinet et al. 2022), traitant de la

« sobriété » avec différents points de vue thématique : économie, informatique, etc.

Ces thématiques de *sobriété (numérique)*, de *développement durable* sont des problématiques pluridisciplinaires (économie, sciences, informatique, environnement, biologie, chimie, agriculture, etc.) et mondialisées. L'ONU a défini 17 objectifs pour la durabilité au niveau mondial et en juin 2022, la présidence française de l'union européenne a mis la « sobriété numérique » au centre des débats.

Dans cet article nous listons les problématiques liées au *numérique durable* et les illustrons par des exemples variés. Nous explorons ensuite différentes pistes de solution pour changer les mentalités, améliorer les pratiques actuelles et atteindre ces objectifs de durabilité qui souvent se heurtent aux logiques et modèles économiques mis en place sans intégrer des objectifs de développement durable avant de conclure et de proposer des pistes de travaux pour le futur, notamment pour l'IHM durable.

### Le constat

Dans (Thoinet et al. 2022), on apprend que, « Selon une étude conjointe de l'Ademe et de l'ARCEP, le numérique représenterait aujourd'hui 3 à 4 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le monde et environ 3% de l'empreinte carbone totale de la France. » et certaines projections parlent d'un impact autour de 6.7% d'ici 2040 selon l'autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse, l'ARCEP (ARCEP, 2022).

« Concernant le numérique, les terminaux représentent la plus grande partie (79%) de l'empreinte carbone, par

rapport aux centres de données (16%) et aux réseaux télécoms (5%).

78% de l'empreinte carbone du numérique sont dus à la phase de fabrication des équipements, contre 21% pour la phase d'utilisation. Les impacts environnementaux du numérique comprennent aussi l'épuisement des ressources abiotiques fossiles et naturelles (minéraux, métaux), les radiations ionisantes ou encore la consommation d'eau. « Ainsi, allonger la durabilité des terminaux par le reconditionnement ou le réemploi peut contribuer à rendre le numérique plus sobre écologiquement. »

« Le numérique peut aussi être un vecteur de décarbonation ». Les auteurs parlent de « *sobriété grâce au numérique* », et le dernier rapport du GIEC va dans ce sens. Il évoque le *télétravail*, ou la *dématérialisation* (e.g. réunions à distance ou achats en ligne) qui peuvent réduire la demande de transport et in fine les émissions de carbone liées. Le numérique peut aussi accroître l'efficacité énergétique dans de nombreux secteurs et promouvoir l'adoption de technologies à faibles émissions de GES. Mais attention le numérique peut aussi provoquer un « effet rebond ». Prenons l'exemple des aéroports connectés, thématique abordée dans les travaux de (Alabsi et al. 2021), de (Alansari et al. 2019), de (Huang et al. 2021), et de (Koroniotis et al. 2020). L'informatique et l'Intelligence Artificielle (IA) sont très intéressantes pour optimiser leur fonctionnement, leur sécurité et améliorer l'expérience passager en diminuant son temps d'attente pour la vérification de ses papiers, en simplifiant l'enregistrement de ses bagages ou son embarquement. Actuellement, un scanner 3D pour les bagages est expérimenté à Orly et le sera à Roissy en octobre prochain. Les scanners 3D seront mis en place

en Angleterre. Ils permettront de gagner un tiers du temps dans la vérification des bagages. Toutefois, il arrive qu'une technologie chasse l'autre ou que les dispositifs légaux rendent les dispositifs informatiques obsolètes, comme pour les kiosques d'auto-vérification de passeports mis en place en 2013 à l'aéroport de Chicago puis mis au rebus suite à l'installation en 2018 de caméras faisant, elles, de la reconnaissance faciale (Murphy 2022). Ne pas recycler ces kiosques qui auront tous disparu en 2023 participerait de l'« effet rebond ». Concernant la reconnaissance faciale, les photos des passagers américains utilisées doivent être détruites dans les 12 heures et les photos des autres passagers sont stockées dans une base de données biométrique (*Homeland Advanced Recognition Technology System : HARTS*). Le système de reconnaissance faciale remplacera-t-il à terme l'humain ? Impossible car une loi américaine stipule que l'interaction humaine avec les passagers est obligatoire.

Les contraintes environnementales doivent être prises en compte mais ne doivent pas être bloquantes. Il faut trouver un juste milieu qui peut passer par la mise en place d'obligations de recyclage. Actuellement, quelles sont les mesures prises concrètement ? L'éco-participation de quelques centimes payée sur les produits (ecosystem 2023) mais aussi, *la loi REEN du 15 novembre 2021* (REEN 2021) et les *standards ISO 14000* (ISO2023).

*La loi REEN* visant à Réduire l'Empreinte Environnementale du Numérique se fixe cinq objectifs : (1) prendre conscience de l'impact du numérique ; (2) limiter le renouvellement des appareils numériques ; (3) adopter des usages numériques éco-responsables ; (4) promouvoir des centres de données et des réseaux

moins énergivores grâce à la TICFE (taxe intérieure de consommation finale d'électricité) applicable aux autres données ; (5) promouvoir une stratégie numérique responsable dans des territoires.

Les *standards ISO 14000* regroupent l'ISO 14001 :2015 pour améliorer sa performance environnementale en suivant cette série de normes, l'ISO 14004 :2016 consacré aux lignes directrices générales pour la mise en application et l'ISO 14005 :2019 consacré aux lignes directrices pour une approche souple de la mise en œuvre par phases.

Les entreprises sont soumises à des obligations que l'on retrouve sous le terme de « Responsabilité Sociétale des entreprises » (RSE 2023). En effet, depuis la *loi PACTE du 22 mai 2019*, de nouvelles dispositions sont entrées en vigueur pour renforcer la RSE. *L'article 1833 du code civil* a été modifié afin que l'objet social de toutes les sociétés intègre la considération des enjeux sociétaux et environnementaux. *L'article 1835 du code civil* a été modifié pour reconnaître la possibilité aux sociétés qui le souhaitent de se doter d'une raison d'être dans leurs statuts. La norme *ISO 26000*, standard international, définit le périmètre de la RSE autour de 7 thématiques centrales : (1) La gouvernance et l'organisation, (2) les droits de l'homme, (3) les relations et conditions de travail, (4) l'environnement, (5) la loyauté des pratiques, (6) les questions relatives aux consommateurs et (7) les communautés et le développement local.

Les dix-sept objectifs de développement durable et 6740 initiatives en lien avec elles sont définis par l'ONU (SDG 2022). Parmi eux, se trouve l'objectif 12.



Figure 1: Objectif de développement durable N°12 de l'ONU

En informatique, la problématique de durabilité est partiellement prise en compte dans l'objectif de développement durable de l'ONU numéro 12 « *Consommation et production responsables* » de la Figure 1. (1) *l'utilisation de ressources naturelles de manière non durable* et (2) *l'augmentation des déchets électroniques de 38% alors que moins de 20% de ces déchets sont recyclés* inquiètent.

Une *stratégie globale* prenant en compte l'ensemble des impacts doit être privilégiée. En juin 2022, la présidence française de l'union européenne a mis la « *sobriété numérique* » au centre des débats et appelé à développer une méthodologie européenne commune pour évaluer l'impact environnemental du numérique et réduire celui-ci pour faire du numérique un levier de transition écologique. » Comme indiqué dans (Pillot

2022), « Tant qu'on ne tirera pas le bilan complet des innovations technologiques sur les plans humain et écologique, on n'ira pas vers plus de sobriété ».

On constate l'alignement des déclarations des décideurs et hauts responsables sur les objectifs de développement durable identifiés par l'ONU. Dans ses vœux 2023 la présidente de l'université Paris Cité a parlé du « défi de la santé mondiale » (à rapprocher de l'objectif 3 de l'ONU) et de « transition écologique ».

Dans la partie suivante, nous nous interrogeons sur les solutions envisageables pour aller vers plus de sobriété numérique et un monde plus durable.

### **Quelles solutions ?**

Plusieurs approches peuvent être choisies, certaines sont des méthodes de *sensibilisation* « douces » à destination des individus comme *l'information*, *l'éducation* ou *l'incitation* alors que d'autres peuvent être plus « dures » ou contraignantes comme la mise en place de *lois* ou de *règlementations punitives*. La sensibilisation passe par *l'information*. Améliorer l'information est une nécessité pour faire connaître les pratiques les plus vertueuses, comme la solution la plus économique en eau entre une vaisselle lavée à la main et faite par un lave-vaisselle ou bien encore l'alternative la moins énergivore entre la TV TNT ou l'abonnement Netflix. Saluons une initiative pour l'information proposée à l'IUT Paris Rives de Seine, où l'exposition « *Zéro déchet, zéro gaspi* » financée par la CVEC a permis la mise en place d'affiches pour sensibiliser au développement durable, et au recyclage, en présentant la problématique des déchets et des solutions simples comme *les 5R* pour réduire la source des déchets, ou la *méthode BISOU* pour l'achat ou non d'objets (voir Figure 2). (Hoibian 2022) lui, suggère la

mise en place d'un équivalent au *nutriscore* adapté à *l'impact carbone*.

Le *simulateur de l'ADEME* s'appuie sur des coefficients obtenus avec des méthodes scientifiques très sérieuses. (Pasquier 2016) décrit des méthodologies complexes. La méthodologie d'analyse du cycle de vie est réputée être la plus précise pour évaluer l'impact environnemental du matériel et des services informatiques. Le *simulateur Ecodiag* (ecoinfo 2023) permet, lui, de calculer l'empreinte carbone d'un parc informatique.

3575 évènements organisés par l'ONU (SDG 2022) sur les 17 objectifs de développement durable fixés participent aux solutions proposées.

En termes d'éducation, la définition de bonnes pratiques en éco-conception de services numérique à destination des développeurs de logiciel proposées dans (Bonamy et al. 2022) et la fiche « Vous n'utilisez plus votre matériel informatique, que faire ? Réutilisation, cession, recyclage » (ecoinfo 2023) participent à améliorer l'éducation, lorsqu'elles sont intégrées aux programmes de formation et relayées par les enseignants. Dans (Emiya et al. 2023), les auteurs livrent leur retour d'expérience sur la création d'une unité d'enseignement intitulée « Impacts environnementaux et sociétaux du numérique » composée de 30 heures dont 6 heures de cours magistraux et 24 heures de travaux pratiques, en troisième année de licence d'informatique. En plus du programme détaillé, ils présentent les premiers retours qu'ils ont eu de leurs étudiants sur cette UE.



Figure 2: Campagne d'information à l'IUT Paris Rives de Seine

Les modèles économiques ne sont souvent malheureusement pas en rapport avec les coûts d'où la difficulté à faire adapter les bonnes pratiques. Le zéro papier est-il vraiment plus écologique face à des Data Center très énergivores, même si de bonnes pratiques de l'Union Européen (COC ecoinfo 2023) existent pour les gérer de manière durable. Pour les imprimantes, les coûts les plus importants sont pour l'achat des consommables plutôt que pour l'achat de l'imprimante et impossible de la réparer en changeant une pièce détachée fragile cassée, c'est l'obsolescence programmée. Face à cela des solutions existent. Elles

nécessitent un volontarisme politique et beaucoup de pédagogie. Nous en listons quelques-unes :

- Changer les modèles économiques en les alignant sur les coûts écologiques.
- Voter des lois ou mettre en place des réglementations pour contraindre les personnes physiques et morales (loi PACTE, loi REEN , articles 1833 et 1835 du code civil).
- Abroger les lois ou réglementations qui empêchent de mettre en place des solutions durables.
- Mettre en place une *obligation de recyclage* pour les terminaux informatiques et de réparation des terminaux informatiques avec des pièces d'occasion conduisant à la mise en place de « casses » pour les composants informatiques comme pour des voitures.
- Inciter pécuniairement en s'inspirant des primes pour l'achat de vélos ou voitures électriques, ou des aides pour la rénovation énergétique des logements
- Encourager l'achat de matériels de seconde main, reconditionnés en pratiquant des prix plus attractifs
- Proposer des offres de reprise systématiques pour les ordinateurs ou smartphones à l'achat d'un matériel neuf pour augmenter le taux de recyclage des déchets électroniques.
- S'appuyer sur des solutions pour lutter contre le changement climatique qui existent déjà et sont efficaces comme les 1000 projets répertoriés par la fondation Solar Impulse et Bertrand Piccard (solarimpulse 2023).

(Bremer et al. 2022) s'intéresse à la sous-discipline de l'IHM : l'IHM durable qui a vu le jour il y a quinze ans. Dans l'hypothèse où une politique très volontariste sur le climat serait adoptée, cette sous-discipline pourrait apporter sa contribution en mettant en place une « politique verte pour l'informatique ». Pour y parvenir, elle doit s'ouvrir à d'autres disciplines pour intégrer les connaissances liées notamment à la durabilité. La durabilité avec un volet social, économique et environnemental n'est plus qu'un sujet de recherche mais un impératif éthique. Activisme et persuasion sont nécessaires mais pas suffisants. Toutefois ils doivent s'inscrire dans le respect de la démocratie. Les changements individuels ne peuvent pas à eux seuls produire des solutions, il faut avoir une approche de compréhension de l'implication sur les mesures climatiques plus globale, systémique, contextualisée et à destination de différentes communautés. Sans se substituer aux politiciens, l'IHM durable peut se charger par exemple de faciliter la transition numérique.

### **Conclusion**

Cet article s'intéresse aux thématiques de la sobriété numérique et du développement durable, préoccupations de niveau mondial. De nombreuses initiatives sont prises pour apporter des solutions, soit individuelles, douces (via l'information, l'éducation ou l'incitation) ou contraignantes (lois et réglementations), soit plus globales. Quel est leur degré d'efficacité ? d'acceptabilité ? Assurément les efforts sont à faire par tous, personnes physiques ou morales. Comme enseignants-chercheurs nous pouvons aborder l'urgence climatique et intégrer ces thématiques ainsi que leur

impact sur l'informatique dans nos enseignements et recherches.

### **References**

- [1] Berthoud Françoise, "Numérique : menace ou Espoir pour l'environnement ?" Conférence Invitée, INFORSID 2019, pp:6. [http://inforsid.fr/actes/2019/Actes\\_INFORSID2019.pdf](http://inforsid.fr/actes/2019/Actes_INFORSID2019.pdf), consulté le 24 février 2023.
- [2] Damien Provitolo, « La dynamique des systèmes selon J.W. Forrester », Hypergeo, 2006, <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article384.2006.helshs-00391565>
- [3] Anne Creti, « Pour l'instant, un monde neutre en carbone relève de la science-fiction », le printemps de l'économie 2022 – La magazine, « Sobriété l'essence de demain ? », p : 18-20.
- [4] Patrick Artus, « Le XXI<sup>e</sup> siècle sera marqué par le retour de la rareté », le printemps de l'économie 2022 – La magazine, « Sobriété l'essence de demain ? », p : 22-23.
- [5] Sandra Hoibian, « Il faudrait inventer un Nutriscore des impacts carbone », le printemps de l'économie 2022 – La magazine, « Sobriété l'essence de demain ? », p : 36-38.
- [6] Julien Pillot, « Conserver nos modes de vie grâce aux innovations technologiques relève de l'illusion », le printemps de l'économie 2022 – La magazine, « Sobriété l'essence de demain ? », p : 30-31.
- [7] Mélanie Thoinet, Arthur Dozias, « La sobriété numérique un exercice très complexe », le printemps de l'économie 2022 – La magazine, « Sobriété l'essence de demain ? », p : 32-33.
- [8] Arcep 2022 : <https://www.arcep.fr/la-regulation/grands-dossiers-thematiques-transverses/lempreinte-environnementale-du-numerique.html>, consulté le 25 avril 2023.



- [9] Alabsi, Maha Ibrahim; Gill, Asif Qumer, A Review of Passenger Digital Information Privacy Concerns in Smart Airports, IEEE Access, 2021, DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3061425.
- [10] Alansari, Zainab; Soomro, Safeullah; Belgaum, Mohammad Riyaz, Smart Airports: Review and Open Research Issues, Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST, 2019, DOI: 10.1007/978-3-030-23943-5\_10.
- [11] Huang, Hailong; Zhu, Jinfu, A Short Review of the Application of Machine Learning-Methods in Smart Airports, Journal of Physics: Conference Series, 2021, DOI: 10.1088/1742-6596/1769/1/012010.
- [12] Koroniotis, Nickolaos; Moustafa, Nour; Schiliro, Francesco; Gauravaram, Praveen; Janicke, Helge, A Holistic Review of Cybersecurity and Reliability Perspectives in Smart Airports, IEEE Access, 2020, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3036728.
- [13] Heather Murphy : « What happened to self-service passport kiosks at U.S. airports? », New York Times, Monday 31th of October 2022, p:15.
- [14] Ecosystem 2023 : <https://www.ecosystem.eco/fr/article/ecoparticipation#:~:text=Qu'est%20dce%20que%20l,les%20producteurs%20aux%20%C3%A9co%20organismes.>, consulté le 15/02/2023.
- [15] REEN2023 : <https://www.ecologie.gouv.fr/numerique-responsable> , consulté le 26/04/2023.
- [16] ISO 2023 : <https://www.iso.org/fr/iso-14001-environmental-management.html>; 26/04/2023.
- [17] RSE2022 : <https://www.economie.gouv.fr/entreprises/responsabilite-societale-entreprises-rse>, consultation le 3 février 2023.
- [18] SDG 2022 : SDG : Sustainable Development Goals, objectifs de développement durable établis par les états membres de l'organisation des nations unies (<https://sdgs.un.org/fr>)
- [19] Jean-Louis Pasquier, « méthodologie de calcul de l'empreinte carbone de la demande finale intérieure française », Commissariat au développement durable, sous-direction environnementale , service de la demande et des études statistiques (SDES), Avril 2016, pp : 1-22
- [20] Ecoinfo 2023 : conférence ecoinfo « vous avez dit sobriété (numérique) ? 26 novembre 2019, Grenoble, [https://ecoinfor.cnrs.fr/2019/09/27/conf-ecoinfor-vous-avez-dit-sobriete\\_numerique](https://ecoinfor.cnrs.fr/2019/09/27/conf-ecoinfor-vous-avez-dit-sobriete_numerique) , consulté le 15/02/2023.
- [21] Bonamy C., Boudinet C. , Bougès L., Dassas K., Lefevre L., Ninassi B., « Je code : les bonnes pratiques en eco-conception de service numérique à destination des développeurs de logiciel », 2022
- [22] Emiya V., Lefevre J., Olive F., Raynier P-A, Travers C., «introduire les enjeux environnementaux et sociétaux du numérique en L3 informatique » 1024 : Bulletin de la Société Informatique de France, 2023, 21, pp.83-92. 10.48556/SIF.1024.21.83 hal-04059073.
- [23] COC ecoinfo 2023: <https://ecoinfo.cnrs.fr/>
- [24] Solarimpulse.com/fondation#, consulté le 30/08/2023.
- [25] Bremer Ch., Knowles B., Friday A., « Have we taken on too much? :A critical review of sustainable HCI landscape», CHI2022: Conference on Human Factors in Computer Systems, Avril 2022, N°41, pp. 1-11.