

De l'empreinte carbone des stations de base de téléphonie mobile à l'implication de l'utilisateur sur l'impact environnemental du cloud

Maël Madon⁽¹⁾

⁽¹⁾ Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT), Université de Toulouse, Toulouse, France

Mon exposé comprend deux parties. Dans un premier temps, je présenterai les résultats et pistes de réflexion tirés de mon mémoire de master. Il s'agit d'un outil de calcul de l'empreinte carbone des stations de base de télécommunication à destination d'utilisateurs à différents niveaux de connaissance (aussi bien des chercheurs en impact environnemental que des opérateurs de téléphonie mobile). Cet outil est inspiré de la méthode de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV).

J'ouvrirai dans un deuxième temps les perspectives sur mon sujet actuel de thèse de doctorat : « ordonnancement sous contraintes environnementales pour centres de données à grande échelle ». Je parlerai de la nécessité d'inclure l'utilisateur final dans les travaux d'efficacité énergétique pour contrer les effets rebonds et se diriger vers une sobriété numérique. D'un point de vue plus technique, j'énumérerai les leviers pour limiter l'impact environnemental des centres de données servant d'infrastructure au cloud et comment y impliquer l'utilisateur.

Mots-clefs : ACV ; empreinte environnementale ; cloud ; implication utilisateur

1. Contexte

Après la fin de mon double diplôme en informatique à l'Ecole Polytechnique et l'université suédoise KTH (mars 2021), j'ai commencé ma thèse de doctorat en avril 2021 au sein de l'équipe SEPIA à l'IRIT (Toulouse), sous la direction de Georges Da Costa et Jean-Marc Pierson. Je m'intéresse de très près depuis deux ans aux questions d'informatique durable.

2. Première partie de l'exposé

Ma thèse de master [1] s'est déroulée au sein de l'entreprise suédoise Ericsson dans une équipe à la pointe sur la question des impacts environnementaux du numérique (Ericsson Sustainability Research : Jens Malmodin, Pernilla Bergmark). J'y ai développé PEEC (Parameterized Embodied Emissions Calculator), un outil d'estimation de l'empreinte carbone (phases production et transport) des produits de réseau de télécommunication. Notre méthode pour concevoir le modèle simplifié s'inspire des standards internationaux pour l'ACV des produits informatiques. A l'aide de PEEC, nous avons pu chiffrer l'impact carbone de la fabrication et du transport d'une station 4G typique d'Ericsson à 4,4 tCO₂eq (tonnes d'équivalent CO₂). Cet outil flexible permet surtout à divers utilisateurs de réaliser des estimations de ce type. Je poursuivrai ensuite avec une discussion sur les points suivants :

- incertitudes considérables inhérentes à ce genre d'études,
- entreprises technologiques demandeuses de données environnementales,
- intérêt et risque d'outils simplifiés tels que PEEC (information environnementale pour l'aide à la décision VS greenwashing ou estimation trop incertaine contre-productive).

3. Deuxième partie de l'exposé

Le contenu exact de cette partie, visant à présenter l'état actuel de ma réflexion sur mon sujet de doctorat, est amené à évoluer. L'idée générale de ma thèse est de rapprocher les utilisateurs de cloud de l'impact environnemental des tâches informatiques qu'ils génèrent. Ils pourront formuler des contraintes environnementales et éventuellement accepter que leur qualité de service soit dégradée pour permettre un ordonnancement plus efficace. J'aborderai entre autres :

- le point de départ de ma thèse : les impacts directs et indirects du numérique [2] dont l'effet rebond

- l'implication de l'utilisateur comme une piste pour contrer cet effet rebond : retour d'information et leviers d'action
- revue des techniques classiques de limitation de l'empreinte écologique des centres de données (DVFS, allumage/extinction, refroidissement efficace, recours aux énergies renouvelables, etc.)
- la littérature autour de l'interaction avec les utilisateurs dans l'ordonnancement des tâches cloud (par exemple [3-5])

Ce sera aussi une occasion pour moi d'échanger avec les autres doctorants et récolter leurs retours dans le but de m'aider à définir plus précisément mon sujet.

4. Références

- [1] M. Madon, "Developing a Parameterized Embodied Emissions Calculator for telecommunication networks equipment (PEEC)," Master's thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 2021. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-292198>
- [2] L. M. Hilty and B. Aebischer, "Ict for sustainability: An emerging research field," in *ICT Innovations for Sustainability*, Springer, 2015, pp. 3–36.
- [3] M. Aldossary and K. Djemame, "Energy Consumption-based Pricing Model for Cloud Computing," *32nd UK Performance Engineering Workshop*, Sep. 09, 2016. <http://eprints.whiterose.ac.uk/104975/>
- [4] D. Guyon, "Supporting energy-awareness for cloud users," PhD thesis, Université Rennes 1, 2018. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01973083>
- [5] A. Amokrane, R. Langar, M. F. Zhani, R. Boutaba, and G. Pujolle, "Greenslater: On Satisfying Green SLAs in Distributed Clouds," *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 12, no. 3, pp. 363–376, Sep. 2015, doi: [10.1109/TNSM.2015.2440423](https://doi.org/10.1109/TNSM.2015.2440423).