

Sujet de thèse : Modélisation dynamique des conséquences socio-environnementales de l'adoption d'un usage numérique

Lieu : LaBRI, Université de Bordeaux

Encadrants : Aurélie Bugeau (aurelie.bugeau@u-bordeaux.fr), Gaël Guennebaud (gael.guenebaud@inria.fr)

Contexte

Alors que depuis une vingtaine d'années les efforts de recherche et développement ont amené des solutions technologiques de plus en plus efficaces individuellement en énergie pour le numérique (depuis les puces électroniques jusqu'à certaines couches logiciels en passant par les infrastructures de calcul, de données et de réseaux), force est de constater que le numérique consomme toujours plus de ressources, contribuant au dépassement de certains indicateurs environnementaux. Par exemple, pour l'année 2020, le numérique serait responsable de 2 à 4 % des émissions de gaz à effet de serre dans le monde [1]. Il s'agit d'un secteur en très forte croissance, dont la consommation en énergie et ressources s'est grandement accélérée ces dernières années avec le développement massif des IA génératives [2].

Malgré un nombre croissant de travaux et rapports, les impacts environnementaux du numérique et de la *numérisation* sont encore difficiles à saisir et font l'objet de diverses controverses méthodologiques. Aussi, au sein de l'équipe NeS (Numérique et Soutenabilité), un des axes de recherche porte sur la mise au point de méthodologies plus adaptées à l'évaluation prospective et à la prise de décision [3,4,5,6,7].

Objectifs de la thèse

Dans ce contexte général, la thèse a pour objectif de proposer des méthodologies conséquentielles long terme [8,3,7] pour objectiver et estimer les effets directs et indirects [9,10,11] de scénarios de déploiement de technologies ou usages numériques à large échelle et dans le temps. Plus précisément, un des objectifs est aussi de développer des modèles permettant de mieux objectiver et estimer les liens de cause à effet entre les leviers de déploiement (ex., choix technologique) et d'usage (provenant soit de la réglementation, soit de changements de comportement) et les conséquences globales en termes d'impacts environnementaux selon différentes hypothèses. Ces différents choix et hypothèses définissent un espace de scénarios « what if ? » à explorer et comparer.

Plusieurs sous-questions et défis pourront être abordés au cours de cette thèse. Quelle(s) méthodologie(s), modèle(s) et simulation(s) numérique(s) mettre en place ? Comment concilier des critères de nature très diverse, et pouvant être qualitatifs et/ou quantitatifs ? Comment présenter au mieux des résultats bruts de manière à éviter les mécompréhensions et mésusages ? Comment prendre en compte le *contexte* (en termes de scénarios de transition) dans lequel les déploiements s'inscrivent ? Comment refléter une vision collective plus fidèle aux dynamiques observées ? Comment rendre cette exploration interactive et intelligible ?

Les usages numériques étudiés pendant la thèse seront choisis avec l'équipe encadrante en fonction des attraits de la candidate ou du candidat.

Profil recherché

- Personne motivée, curieuse, faisant preuve d'esprit critique, et aimant chercher des informations
- Bon niveau en programmation, modélisation mathématique ou proba-stats
- Connaissances sur les impacts environnementaux du numériques, l'analyse de cycle de vie

Références

- [1] C Freitag, M Berners-Lee, K Widdicks, B Knowles, GS Blair, A Friday - The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations - Patterns - 2021
- [2] <https://www.iea.org/topics/artificial-intelligence>
- [3] Guennebaud G., A. Bugeau, A. Dudouit. 2023. Assessing VoD pressure on network power consumption. ICT4S 2023.
- [4] Guennebaud G., A. Bugeau. 2023. Energy consumption of data transfer: Intensity indicators versus absolute estimates. Journal of Industrial Ecology.
- [5] ShiftProject 2024. Report on « Lean networks for resilient connected uses », 2024.
- [6] Pierre La Rocca, Gaël Guennebaud, Aurélie Bugeau, Anne-Laure Ligozat. 2024. Estimating The Carbon Footprint Of Digital Agriculture Deployment: A Parametric Bottom-Up Modelling Approach. Journal of Industrial Ecology.
- [7] Pierre La Rocca, Gaël Guennebaud, Aurélie Bugeau. 2025. To what extent can current French mobile network support agricultural robots? ICT4S 2025.
- [8] David Ekchajzer, Adrien Berthelot, Jacques Combaz, Daniel Schien. From attributional to consequential LCA: which theoretical framework for assessing AI's environmental impacts?, 2026.
- [9] ADEME, MAVANA, HUBBLO, DDemain. Evaluation environnementale des effets directs et indirects du numérique pour des cas d'usage (IT4Green), 2025
- [10] Laetitia Bornes, Catherine Letondal, Rob Vingerhoeds. "Understanding the indirect effects of interactive systems within systems of systems." INSIGHT, (2023).
- [11] Laetitia Bornes, Marcia Tavares Smith, Oliver Bates, Catherine Letondal, Rob Vingerhoeds. Rebound archetypes: A card-based tool to help designers think through the rebound effects when designing for sustainability. Relating Systems thinking and Design. 2024.