

Au-delà de l'effet rebond :

reconstruire le contexte socio-technique autour de l'efficacité énergétique

Clément Morand, Jacques Combaz, Aurélie Névéol, **Anne-Laure Ligozat**

Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique – LISN, CNRS
prenom.nom@lisn.fr

GreenDays 2026

- Effet rebond: optimisation \Rightarrow gains d'impact unitaires mais aussi augmentation de la demande \Rightarrow annulation des gains globaux
- Augmentation des impacts malgré ou grâce à gains d'efficacité ?

Comprendre le contexte socio-économique aide à comprendre l'évolution des impacts environnementaux

Historique du concept

- Terme d'effet rebond (après 70s): effet de l'efficacité énergétique sur la demande en énergie
existence fait consensus mais ampleur et relations de cause à effet non
- Extensions de la définition ensuite
ex: [Schneider et al., 2001] "the increase of consumption linked to the reduction of limits to use a technology[, t]hese limits might be monetary, temporal, social, physical, linked to efforts, spatial or organisational"

Pas vraiment de définition qui fait consensus

mais souvent notion de "unintended", "side-effect" ...

Critiques

sur intention, contradiction économie/écologie, réductionnisme

Positionnement

Conséquences environnementales = résultats de multiples aspects du contexte (et non mono-causal)

Fonctionnalités liées à l'efficacité

Hypothèse d'isofonctionnalité (pour rebond direct)

Alors que nouveaux services ou technologies apportent de nouvelles fonctionnalités

5G

Meilleure efficacité énergétique que la 4G, mais aussi une bande passante et un débit plus importants

Interprétation courante dans le numérique : effet rebond = risque pour les gains d'efficacité potentiels

Motivation des acteurs ?

Causalité souvent inversée : augmentation de la demande cause recherche d'efficacité, nécessité de dépasser les limites à la croissance

Cas d'étude 1

Déploiement de la 5G

Controverse sur la 5G en France

Consommation et efficacité énergétiques des réseaux mobiles et "effet rebond"

Certains auteurs notent que l'augmentation du trafic est l'effet attendu [Williams *et al.*, 2022, Cano et March, 2025] et proposent les termes de "intended rebond/induced effect"

Caractéristiques techniques des réseaux 5G

Augmentation débits, latence, fiabilité... en lien avec efficacité

Cas d'étude 1

Déploiement de la 5G

Motivation des acteurs

Augmentation du trafic (non augmentation du trafic = risque économique pour opérateurs), nouvelles applications, croissance économique

Croissance du trafic souhaitée par les acteurs, pas conséquence des gains d'efficacité

Cas d'étude 2

Entraînement des modèles d'IA

Efficacité liée à

- caractéristiques logicielles : taille des données d'entraînement, nombre de paramètres
- caractéristiques matérielles
- caractéristiques énergétiques

Les nouveaux modèles n'ont pas les mêmes fonctionnalités

Cas d'étude 2

Entraînement des modèles d'IA

Motivation des acteurs

- Paradigme "bigger is better" [Varoquaux *et al.*, 2025] : l'augmentation de la taille des modèles améliore les performances [Ho *et al.*, 2024]
- Scaling laws : est-ce que l'augmentation de la quantité de calcul seule explique la majorité de l'augmentation des performances ?

Objectif

Améliorer performances sur benchmarks \Rightarrow Augmentation de la taille des modèles et données et nouveau matériel

Efficacité = levier de croissance de la demande en ressources

Nécessaire pour pouvoir augmenter taille et performance des modèles

Cadrage de l'effet rebond inapproprié

Dans les deux cas, augmentation de la demande (et donc des impacts) n'est pas inattendue

- scénario désirable économiquement pour 5G
- levier pour augmentation des modèles pour IA






La réduction de la consommation n'est pas une motivation des acteurs

⇒ Rôle central des acteurs qui conçoivent et déploient les changements technologiques

Conclusion

Repenser le rôle de l'efficacité énergétique

- Nous avons proposé un cadre d'analyse fondé sur caractéristiques techniques associées à l'efficacité et la motivation des acteurs
- Ce cas d'*intended enablement* semble fréquent dans le numérique
- Il est nécessaire de repenser la prise en compte de l'efficacité énergétique pour mieux comprendre les impacts environnementaux du numérique

-  CANO, C. et MARCH, H. (2025).
Problematizing the sustainability of 5g/6g networks and devising alternative ways forward.
ACM J. Responsib. Comput., 2(1).
-  HO, A., BESIROGLU, T., ERDIL, E., OWEN, D., RAHMAN, R., GUO, Z. C., ATKINSON, D., THOMPSON, N. et SEVILLA, J. (2024).
Algorithmic progress in language models.
In Proceedings of the 38th International Conference on Neural Information Processing Systems, NIPS '24, Red Hook, NY, USA. Curran Associates Inc.
-  SCHNEIDER, F., HINTERBERGER, F., MESICEK, R. et LUKS, F. (2001).
Eco-info-society: Strategies for an ecological information society.
In Sustainability in the Information Society. Metropolis, Marburg.
-  VAROQUAUX, G., LUCCIONI, S. et WHITTAKER, M. (2025).
Hype, sustainability, and the price of the bigger-is-better paradigm in ai.
In Proceedings of the 2025 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, FAccT '25, page 61–75, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
-  WILLIAMS, L., SOVACOOOL, B. K. et FOXON, T. J. (2022).

The energy use implications of 5g: Reviewing whole network operational energy, embodied energy, and indirect effects.

Renewable and Sustainable Energy Reviews, 157:112033.