

Comment les outils numériques peuvent-ils contribuer à satisfaire les besoins liés à la gestion énergétique de manière propre et durable?



Soutenance Magistère Génie Economique 1

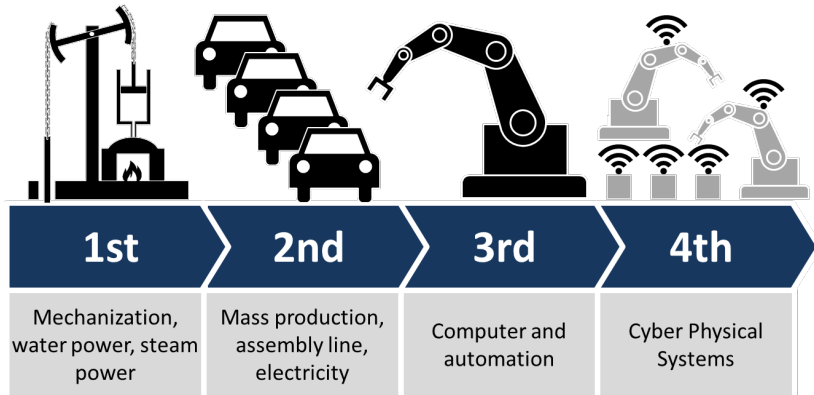
Valentin Barthel

valentin.barthel@etu.unistra.fr

Des enjeux d'actualités

- La révolution du numérique
- L'émergence des challenges environnementaux:
 - Les émissions de gaz à effet de serre
 - Une surconsommation énergétique?

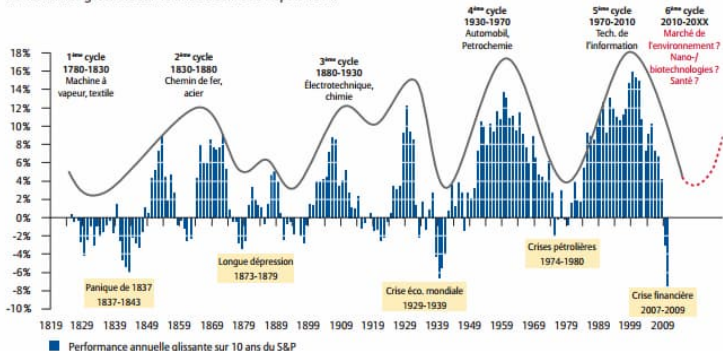
Innovation et croissance: Un contexte de quatrième révolution industrielle



Innovation et croissance: Un contexte de quatrième révolution industrielle

Graphique 1 : Les cycles de Kondratiev ou les vagues longues de la croissance.

Performance glissante sur 10 ans du S&P 500 depuis 1814.



Source : Datastream ; Illustration : Allianz Global Investors Analyse des Marchés Capitaux et Formation Financières

Des enjeux d'actualités?

Les technologies vertes et numériques

Les outils numériques, un vecteur pour l'innovation et l'impact

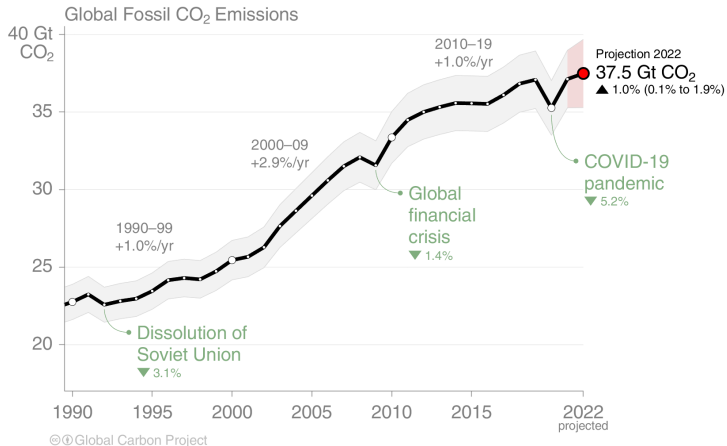
Retombées vertes issues de l'implémentation du numérique

L'utilisation des réseaux de neurones artificiels pour l'optimisation

Le numérique et les objectifs de développement durable

References

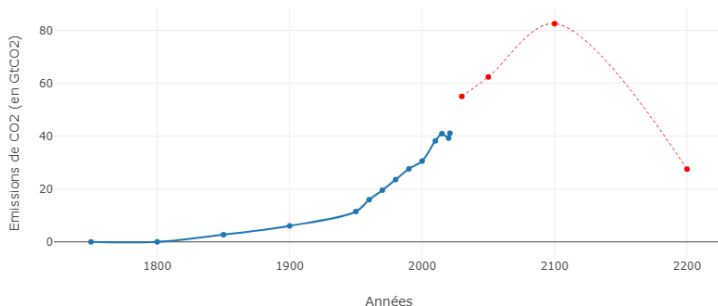
L'émergence des challenges environnementaux



Deux hypothèses opposées:

Evolution des émissions de CO₂ (GtCO₂) depuis 1750, projection 2200

Crédit : www.notre-planete.info d'après les données Global Carbon Project / IPCC



Les technologies vertes et numériques

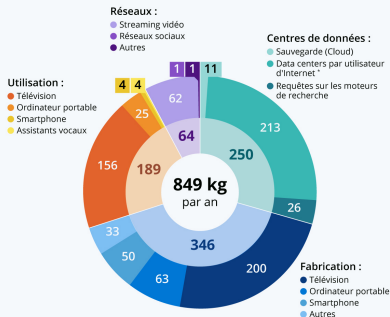
Les outils numériques, un vecteur pour l'innovation et l'innovation
Retombées vertes issues de l'implémentation du numérique
L'utilisation des réseaux de neurones artificiels pour l'innovation
Le numérique et les objectifs de développement durable

Références

Les coûts environnementaux des technologies numériques

L'empreinte carbone de nos activités numériques

Estimation des émissions de CO₂ liées à l'utilisation des technologies numériques par personne et par an *

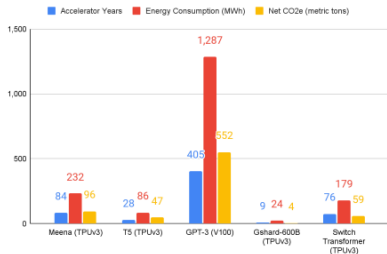


* Calculs réalisés en Allemagne en avril 2020.

Source : Öko-Institut

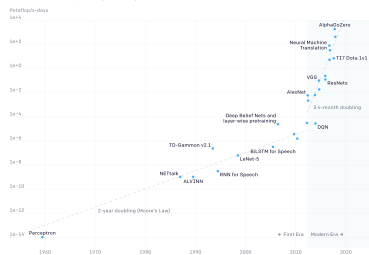
Les outils numériques, un vecteur pour l'innovation et l'innovation
Retombées vertes issues de l'implémentation du numérique
L'utilisation des réseaux de neurones artificiels pour l'innovation
Le numérique et les objectifs de développement durable

Le cas des réseaux de neurones



(a) Années processeur, consommation d'énergie et émissions de CO2 de l'accélérateur pour cinq grands réseaux de neurones (Patterson et al., 2021)

Two Distinct Eras of Compute Usage in Training AI Systems



(b) Puissance de calcul nécessaire à l'entraînement de réseaux de neurones depuis 1950 (OpenAI)

Une transition "jumelle" verte et numérique

- Dotation en technologies vertes
- Dotation en technologies numériques
- Un effet conjoint

$$\begin{aligned}
 GHG_{i,t} = & \alpha + \beta_1 GreenTech_{i,t,t-2} + \beta_2 DigitalTech_{i,t,t-2} \\
 & + \beta_3 (GreenTech_{i,t,t-2} \cdot DigitalTech_{i,t,t-2}) \\
 & + \gamma Controls_{i,t} + \delta PreSampleMeanGHG_i \\
 & + \tau Time_t + \epsilon_{i,t}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Source: The environmental effects of the “twin” green and digital transition in European regions (Bianchini, Damioli and Ghisetti, 2023)

Une transition "jumelle" verte et numérique

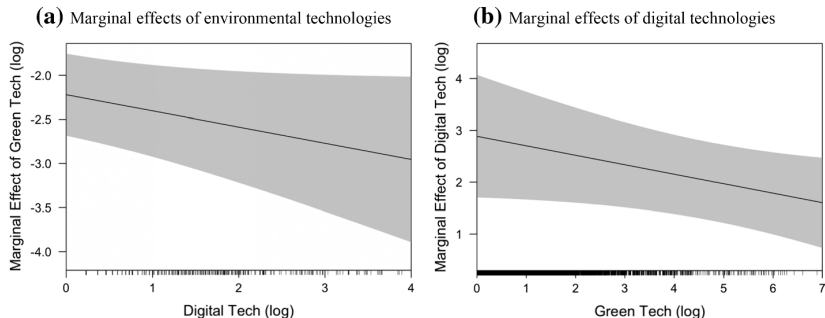


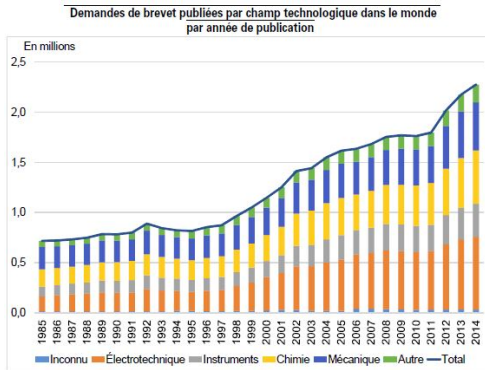
Figure: Effets marginaux des technologies environnementales et numériques sur les émissions de gaz à effet de serre.

Source: The environmental effects of the “twin” green and digital transition in European regions (Bianchini et al., 2023)

L'utilisation des outils numériques pour l'Innovation et l'accélération des processus de recherche

- Croissance du progrès technique
- Un changement structurel des méthodes de recherche
- Un rôle pour la diffusion des connaissances

Evolution de la Recherche et du Développement



Source: Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique de la France

L'émergence de nouvelles méthodes scientifiques

- Evolution du hardware et software:
 - Amélioration des processeurs et méthodes de stockage (Moore et al., 1965)
 - Développement des réseaux de neurones (Goodfellow, Bengio and Courville, 2016) et optimisation (Shang and Wah, 1996)
- Implémentation de la technologie pour les sciences (Bianchini, Müller and Pelletier, 2022):
 - Diffusion de la connaissance
 - Accélération du processus de recherche

Application directe des technologies vertes

- Application en science des matériaux
- Contrôle des externalités

L'utilisation des réseaux de neurones artificiels pour l'optimisation énergétique

- Production énergétique
- Les Smart grids, un réseau de distribution publique optimisé par des réseaux de neurones
- Ecojoko, une start-up innovante

Production électrique par fusion nucléaire

● La méthode du confinement magnétique

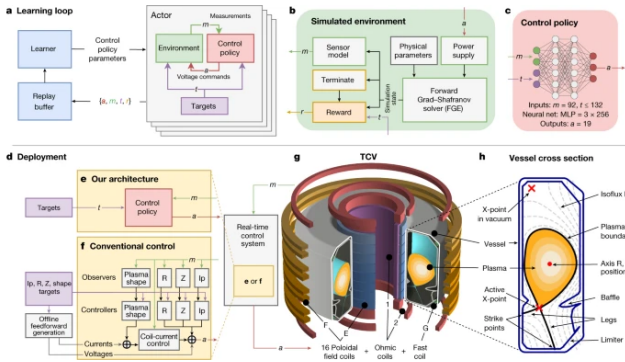


Figure: Représentation des composants de l'architecture du contrôleur (Degraeve et al., 2022)

Optimisation de la distribution électrique assistée par réseaux de neurones (Amin, 2013)

- Prédiction de la demande (Ndilimabaka, 2015)
- Ajustement de la tension et optimisation de la charge sur les lignes
- Détection des anomalies (système auto-réparateur)

Des enjeux d'actualités?

Les technologies vertes et numériques

Les outils numériques, un vecteur pour l'innovation et l'écologie
Retombées vertes issues de l'implémentation du numérique

L'utilisation des réseaux de neurones artificiels pour l'écologie

Le numérique et les objectifs de développement durable

References

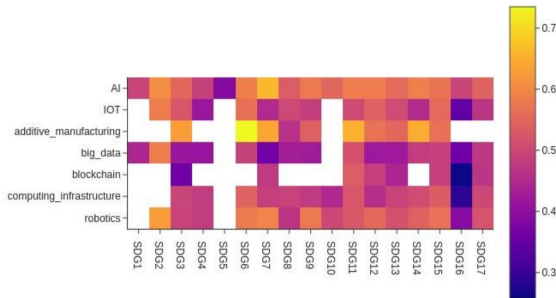
Ecojoko, une start-up innovante



Les objectifs de développement durable



Impact des technologies numériques sur les objectifs de développement durable



Source: JRC calculation on WoS data.

Figure: Impact des technologies sur les objectifs de développement durable (Stefano et al., 2023)

Impact de l'IA sur les objectifs de développement durable

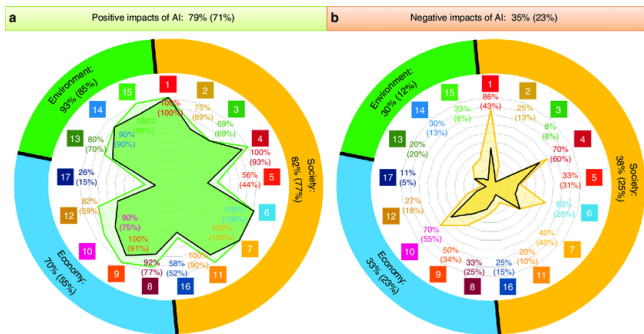


Figure: Résumé de l'impact positif et négatif de l'IA sur les différents objectifs de développement durable (Vinuesa et al., 2020)

Amin, Massoud, “The smart-grid solution,” *Nature*, 2013, *499* (7457), 145–147.

Bianchini, Stefano, Giacomo Damioli, and Claudia Ghisetti, “The environmental effects of the “twin” green and digital transition in European regions,” *Environmental and Resource Economics*, 2023, *84* (4), 877–918.

—, **Moritz Müller, and Pierre Pelletier**, “Artificial intelligence in science: An emerging general method of invention,” *Research Policy*, 2022, *51* (10), 104604.

Degrave, Jonas, Federico Felici, Jonas Buchli, Michael Neunert, Brendan Tracey, Francesco Carpanese, Timo Ewalds, Roland Hafner, Abbas Abdolmaleki, Diego de Las Casas et al., “Magnetic control of tokamak plasmas through deep reinforcement learning,” *Nature*, 2022, *602* (7897), 414–419.

- Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville,** *Deep learning*, MIT press, 2016.
- Moore, Gordon E et al.,** “Cramming more components onto integrated circuits,” 1965.
- Ndilimabaka, H,** “Réseaux électriques intelligents: défis technologiques et moyens de mesure,” *Techniques de l'ingénieur Instrumentation de mesures électriques, vol. base documentaire: TIB413DUO., no. ref. article: r940*, 2015.
- Patterson, David, Joseph Gonzalez, Quoc Le, Chen Liang, Lluís-Miquel Munguia, Daniel Rothchild, David So, Maud Texier, and Jeff Dean,** “Carbon emissions and large neural network training,” *arXiv preprint arXiv:2104.10350*, 2021.
- Shang, Yi and B.W. Wah,** “Global optimization for neural network training,” *Computer*, 1996, 29 (3), 45–54.

**Stefano, BIANCHINI, BOTTERO Paolo,
COLAGROSSI Marco, DAMIOLI Giacomo,
GHISSETTI Claudia, and MICHOU Kévin,**
“Sustainable Development Goals and Digital Technologies:
Mapping Scientific Research,” 2023.

**Vinuesa, Ricardo, Hossein Azizpour, Iolanda Leite,
Madeline Balaam, Virginia Dignum, Sami Domisch,
Anna Felländer, Simone Daniela Langhans, Max
Tegmark, and Francesco Fuso Nerini,** “The role of
artificial intelligence in achieving the Sustainable Development
Goals,” *Nature communications*, 2020, 11 (1), 1–10.

Des enjeux d'actualités?

Les technologies vertes et numériques

Les outils numériques, un vecteur pour l'innovation et l'

Retombées vertes issues de l'implémentation du numéri

L'utilisation des réseaux de neurones artificiels pour l'o

Le numérique et les objectifs de développement durable

References

Merci pour votre attention.
Avez-vous des questions ?