

LYCÉE FAIDHERBE

Trajectoires environnementales du numérique

ou

« Combien ça coûte
de demander l'heure à ChatGPT ? »

Adrien Luxey-Bitri



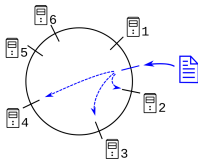
Jeudi 15 mai 2025

Qui suis-je ?

Maître de conférences

(Ça veut dire « prof des universités pocket »)

Thèse à Rennes en 2019 en
systèmes distribués



3. Network • — • MANETs, DTNs,
OppNets ...

2. Unified
data link



1. Physical



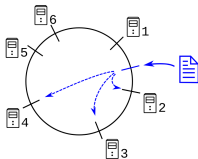
Bluetooth, IR,
Wi-Fi, NFC ...

Qui suis-je ?

Maître de conférences

(Ça veut dire « prof des universités pocket »)

Thèse à Rennes en 2019 en
systèmes distribués



3. Network MANETs, DTNs, OppNets ...

2. Unified data link

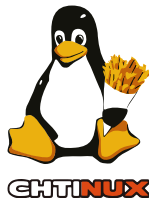


1. Physical



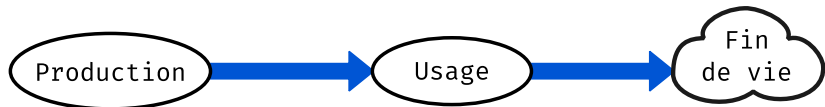
Bluetooth, IR, Wi-Fi, NFC ...

Militant des libertés numériques

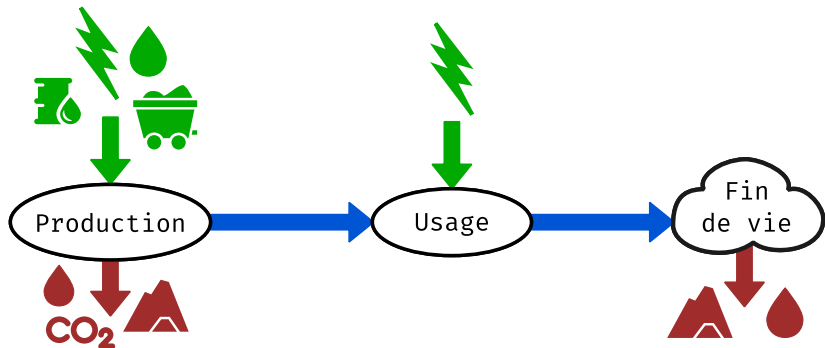


Matérialité du numérique

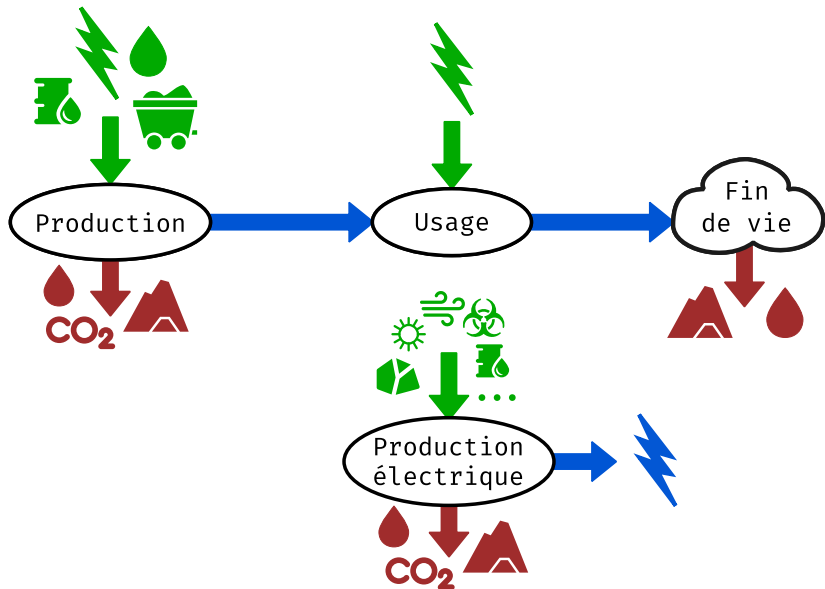
Décortiquons son cycle de vie



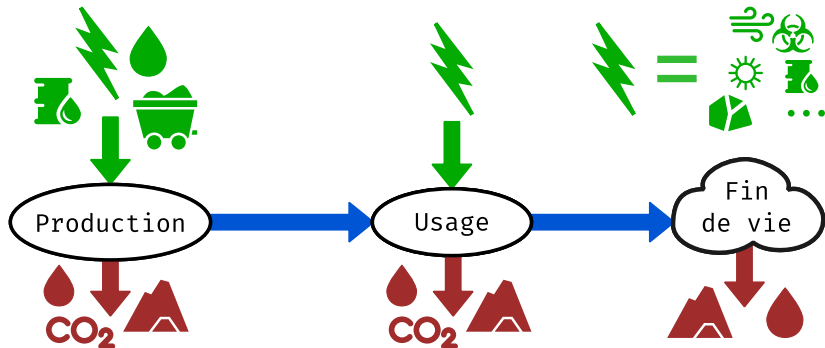
Décortiquons son cycle de vie



Décortiquons son cycle de vie



Décortiquons son cycle de vie





DALLE TACTILE + VITRE

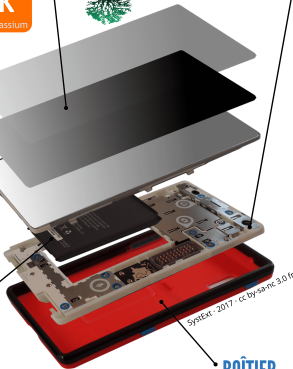
In Indium	Sn Etain	Si Silicium	Al Aluminium	K Potassium
--------------	-------------	----------------	-----------------	----------------

ÉCRAN

Eu Europium	Tb Terbium	Y Yttrium
Gd Gadolinium	Ce Cérium	Tm Thulium
La Lanthane	B Bore	Ba Baryum
S Soufre	Mg Magnésium	Mo Molybdène

BATTERIE

Li Lithium	Co Cobalt	C Carbone	F Fluor
Mn Manganèse	V Vanadium	P Phosphore	Al Aluminium



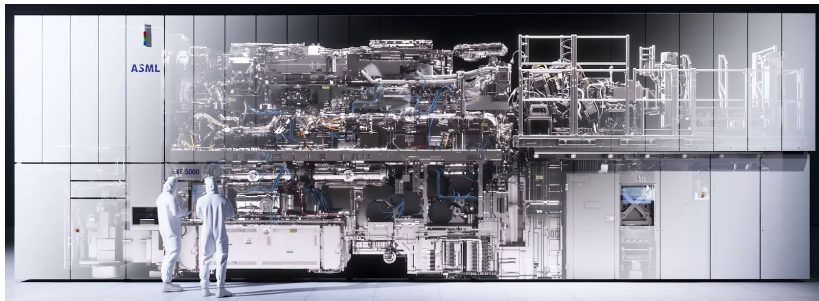
SystExt - 2017 - cc by-sa-nc 3.0 fr

BOÎTIER

Mg Magnésium	C Carbone	Sb Antimoine	Br Brome	Ni Nickel	Zn Zinc
-----------------	--------------	-----------------	-------------	--------------	------------

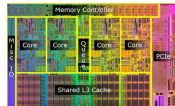
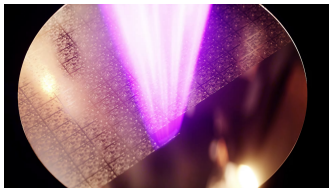
CARTE ET COMPOSANTS

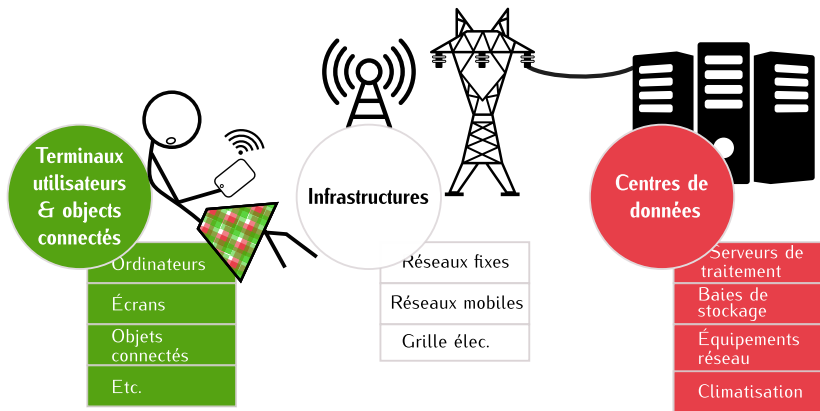
Ni Nickel	Pb Plomb	Sn Etain	Bi Bismuth
Au Or	Ag Argent	W Tungstène	Pt Platine
Rh Rhodium	Be Béryllium	Cu Cuivre	P Phosphore
As Arsenic	Ga Gallium	Ge Germanium	Si Silicium
Zr Zirconium	Ru Ruthénium	Nd Néodyme	Fe Fer
B Bore	Sm Samarium	Co Cobalt	Pr Praséodyme
Cl Chlore	Dy Dysprosium	Ta Tantale	
	Nb Niobium	Pd Palladium	



La lithographie High-NA EUV d'ASML

Résolution : 3 nm
Prix : 380M \$





« À partir d'une tasse de cappuccino, vous voulez obtenir de l'eau, du café, du sucre et du lait sous leur forme initiale. »

« À partir d'une tasse de cappuccino, vous voulez obtenir de l'eau, du café, du sucre et du lait sous leur forme initiale. »

Méthode industrielle



« À partir d'une tasse de cappuccino, vous voulez obtenir de l'eau, du café, du sucre et du lait sous leur forme initiale. »

Méthode industrielle



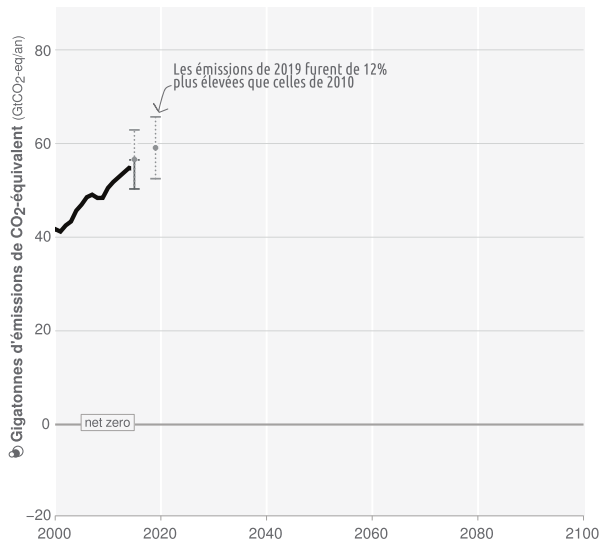
Méthode artisanale



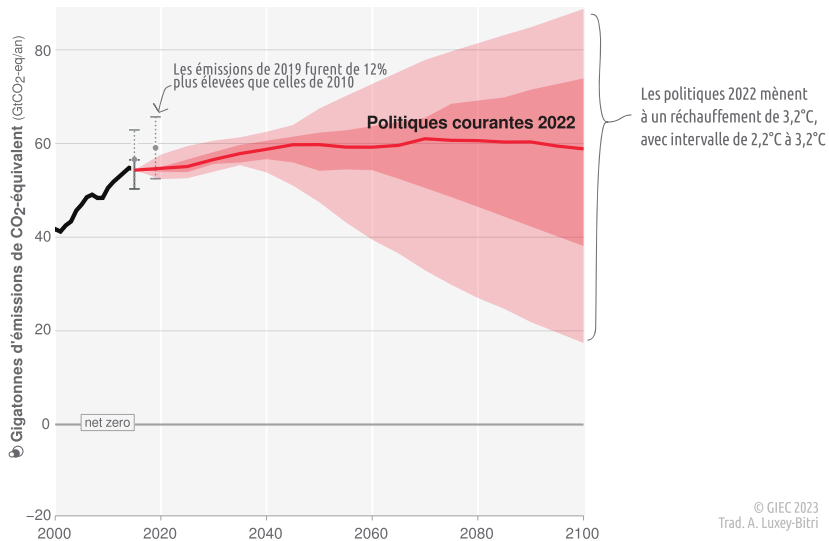
Welcome to Sodom, Documentaire, 2018
Agbogbloshie, Accra, Ghana

Le problème énergétique

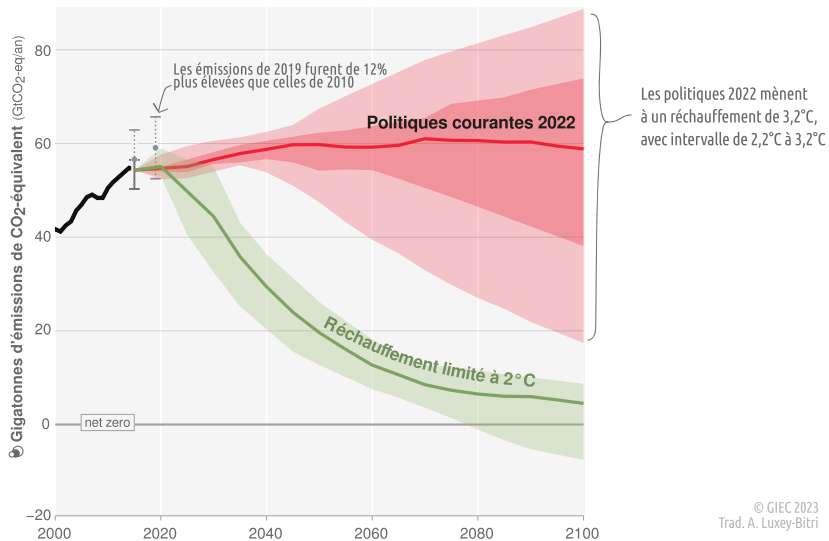
Les gaz à effet de serre



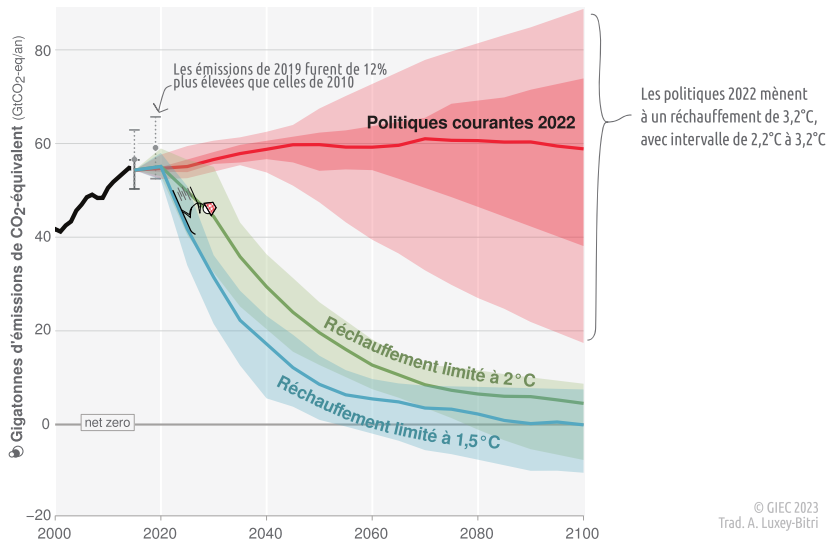
Les gaz à effet de serre



Les gaz à effet de serre



Les gaz à effet de serre

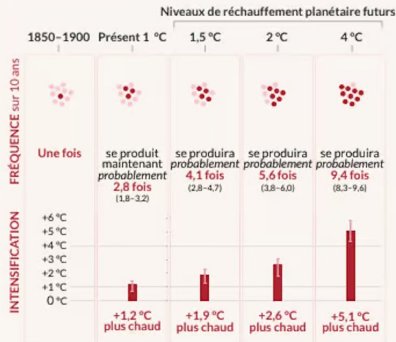


Et leurs conséquences

Extrêmes chauds au-dessus des terres émergées

Évènement décennal

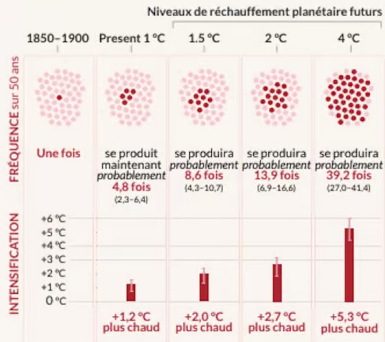
Augmentation de la fréquence et de l'intensité d'un évènement de température extrême qui se produisait **une fois tous les 10 ans** en moyenne dans un climat sans influence humaine.



Précipitations extrêmes sur les terres émergées

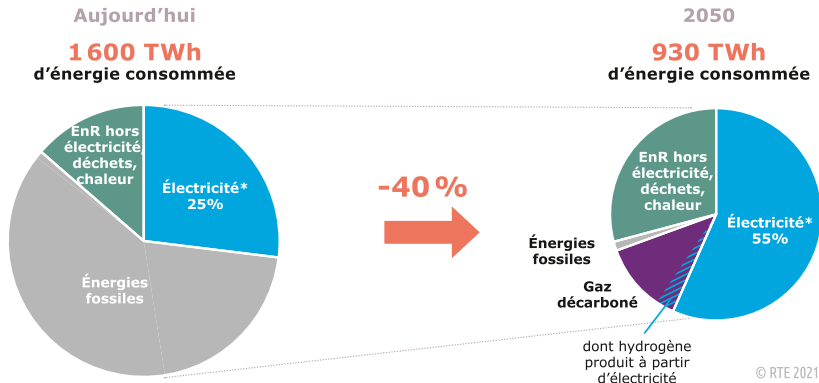
Évènement cinquantennal

Augmentation de la fréquence et de l'intensité d'un évènement de température extrême qui se produisait **une fois tous les 50 ans** en moyenne dans un climat sans influence humaine



Sécheresses de type agricole et écologique dans les régions qui s'assèchent

...



Sobriété & énergies « vertes »

Les énergies « vertes » en question



Montagne de Taihang (Chine)

Durée de vie d'un panneau solaire : 25 ans

La croissance du numérique

Croissance du trafic Internet

Global annual internet traffic

Tracking Clean Energy Progress

1997
60 PB

2007
54 EB

2017
1.1 ZB

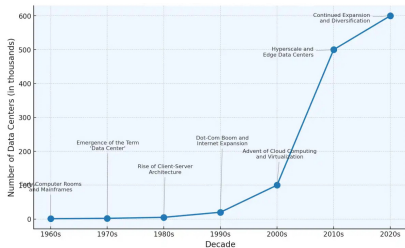
2022
4.2 ZB

KB	kilobyte	10^3 bytes
MB	megabyte	10^6 bytes
GB	gigabyte	10^9 bytes
TB	terabyte	10^{12} bytes
PB	petabyte	10^{15} bytes
EB	exabyte	10^{18} bytes
ZB	zettabyte	10^{21} bytes
YB	yottabyte	10^{24} bytes

International
Energy Agency

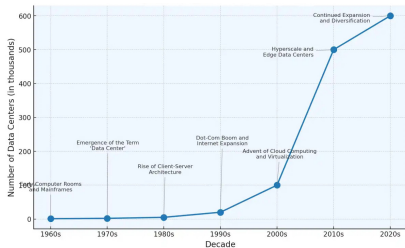
Des exponentielles partout

Quantité de centres de données

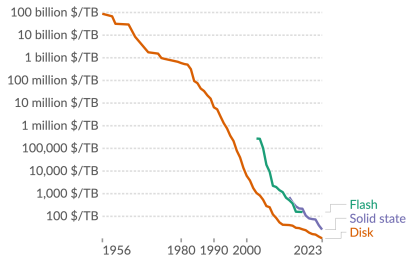


Des exponentielles partout

Quantité de centres de données



Prix du stockage

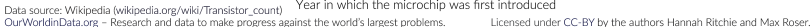


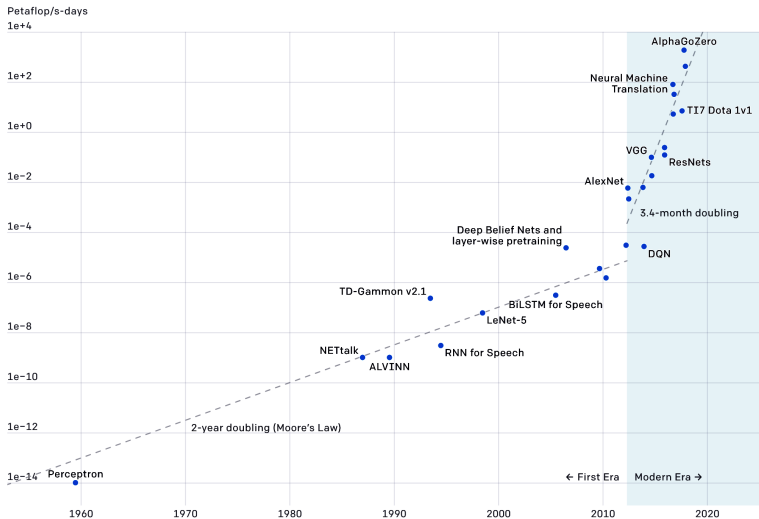
Data source: John C. McCallum (2023)

CC BY

Our World
in DataOur World
in Data

50,000,000,000





Et donc, l'IA ?

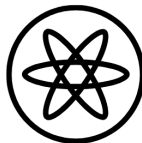
Comment ça marche ?



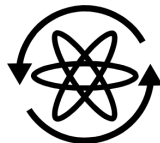
Données
d'entraînement



Entraînement



Modèle
entraîné



Inférence



Aligner l'outil au besoin

IA = outil grand-public

le plus énergivore qui soit

Dans quel but ?



Aligner l'outil au besoin

IA = outil grand-public
le plus énergivore qui soit

Dans quel but ?



- *Job matching*
- Recherche d'information
- Modélisation climatique
- Biochimie

Aligner l'outil au besoin

IA = outil grand-public
le **plus énergivore** qui soit

Attention aux **effets rebonds** !

Dans quel but ?



- *Job matching*
- Recherche d'information
- Modélisation climatique
- Biochimie

Aligner l'outil au besoin

IA = outil grand-public
le **plus énergivore** qui soit

Dans quel but ?



- *Job matching*
- Recherche d'information
- Modélisation climatique
- Biochimie

Attention aux **effets rebonds** !

- Puces plus efficaces
 - Production supplémentaire
 - Augmentation de l'offre
 - Massification usages

Aligner l'outil au besoin

IA = outil grand-public
le **plus énergivore** qui soit

Dans quel but ?



- *Job matching*
- Recherche d'information
- Modélisation climatique
- Biochimie

Attention aux **effets rebonds** !

- Puces plus efficaces
 - Production supplémentaire
 - Augmentation de l'offre
 - Massification usages
- Automatisation du travail
 - Intensification
 - Utilisation du temps libre

La **sobriété** comme boussole

- Fournir des services essentiels
- À infrastructure constante

La sobriété comme boussole

- Fournir des services essentiels
- À infrastructure constante



Ça c'est de la science !

La sobriété comme boussole

- Fournir des services essentiels
- À infrastructure constante



Ça c'est de la science !

Merci pour votre attention.

Slides sur <https://luxeylab.net>.

Références I

- [Sys17] SYSTEXT ASSOCIATION, *Des Métaux Dans Mon Smartphone*, avr. 2017, URL : <https://www.systext.org/sites/all/animationreveal/mtxsmp/#/> (vu le 07/10/2024).
- [Chi18] CHINA PLUS, *Taihang Mountain Goes Solar*, déc. 2018, URL : <https://chinaplus.cri.cn/photo/china/18/20181218/224696.html> (vu le 01/12/2022).
- [KW18] Christian KRÖNES et Florian WEIGENSAMER, *Welcome to Sodom*, Documentaire, nov. 2018.
- [RTE21] RTE, *Futurs Énergétiques 2050*, Rapport Exécutif, Paris, oct. 2021, URL : <https://rte-futursenergetiques2050.com/> (vu le 04/12/2024).
- [Ope22] OPENAI, *AI and Compute*, OpenAI, juin 2022, URL : <https://openai.com/index/ai-and-compute/> (vu le 07/02/2025).
- [Cal+23] Katherine CALVIN et al., *IPCC, 2023 : Climate Change 2023 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland*. Rapp. tech., Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), juill. 2023, doi : 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647, URL : <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/> (vu le 06/02/2025).
- [Cer+23] S. CERF et al., *Untangling the Critical Minerals Knot : When ICT Hits the Energy Transitions*, déc. 2023, URL : <https://inria.hal.science/hal-04709741> (vu le 07/10/2024).
- [IEA23] IEA, *World Energy Outlook 2023*, rapp. tech., OECD, 2023, URL : <https://origin.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (vu le 01/10/2024).
- [ASM24] ASML, *EUV Lithography Systems*, 2024, URL : <https://www.asml.com/en/products/euv-lithography-systems> (vu le 07/10/2024).
- [24] *Data Centers : A Timeline of Growth and Expansion*, sept. 2024, URL : <https://www.datacate.net/data-centers-a-timeline-of-growth-and-expansion/> (vu le 07/02/2025).

Références II

- [Izo24] Célia IZOARD, *La Ruée Minière Au XXle Siècle. Enquête Sur Les Métaux à l'heure de La Transition*, Seuil, Paris, 2024.
- [Shi24] Anton SHILOV, « Intel Shares Biggest Unboxing Video Ever as ASML's \$380 Million High-NA Lithography Machine Is Installed in Oregon Fab », À : *Tom's Hardware* (mars 2024).
- [Sys24] SYSTEXT, *Controverses minières – Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales – Mine secondaire et recyclage*, Rapport d'étude Volet 2 – Tome 3, Paris, France : Association SystExt, avr. 2024, URL : https://www.systext.org/sites/all/documents/RP_SystExt_Controverses-Mine_VOLET-2_Tome-3_Avril2024.pdf (vu le 18/06/2024).
- [GP25] Raúl GUILLÉN et Vincent PEYRET, « Vos batteries vont-elles exploser ? », À : *Le Monde diplomatique* (fév. 2025), pages 1, 22 et 23, URL : <https://www.monde-diplomatique.fr/2025/02/GUILLEN/68043> (vu le 07/02/2025).
- [LSC25] Alexandra Sasha LUCCIONI, Emma STRUBELL et Kate CRAWFORD, *From Efficiency Gains to Rebound Effects : The Problem of Jevons' Paradox in AI's Polarized Environmental Debate*, jan. 2025, DOI : 10.48550/arXiv.2501.16548, arXiv : 2501.16548 [cs], URL : <http://arxiv.org/abs/2501.16548> (vu le 06/02/2025).
- [Sch+25] Ian SCHNEIDER et al., *Life-Cycle Emissions of AI Hardware : A Cradle-To-Grave Approach and Generational Trends*, fév. 2025, DOI : 10.48550/arXiv.2502.01671, arXiv : 2502.01671 [cs], URL : <http://arxiv.org/abs/2502.01671> (vu le 06/02/2025).