

# LYCÉE R. QUENEAU

## Trajectoires environnementales du numérique



Adrien Luxey-Bitri



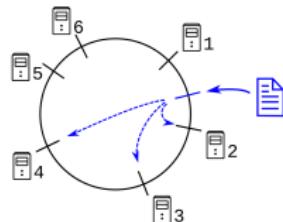
Mardi 27 novembre 2025

## 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 ...

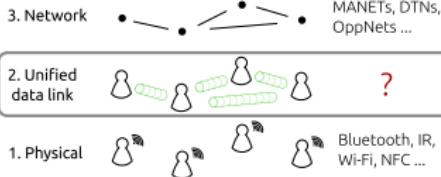
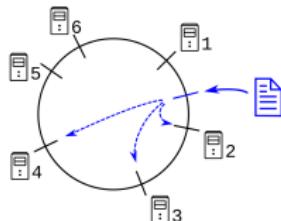
# Qui suis-je ?

---

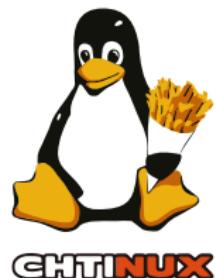
## Maître de conférences

(Ça veut dire « prof des universités pocket »)

Thèse à Rennes en 2019 en  
systèmes distribués



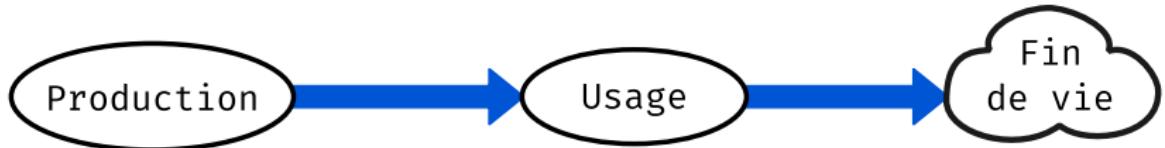
## Militant des libertés numériques



# Matérialité du numérique

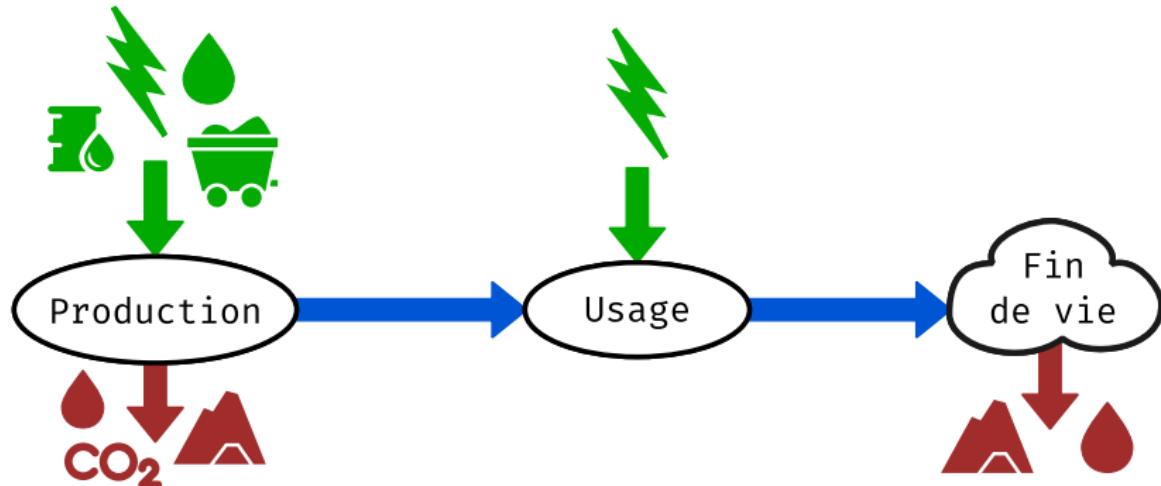
# Décortiquons son cycle de vie

---



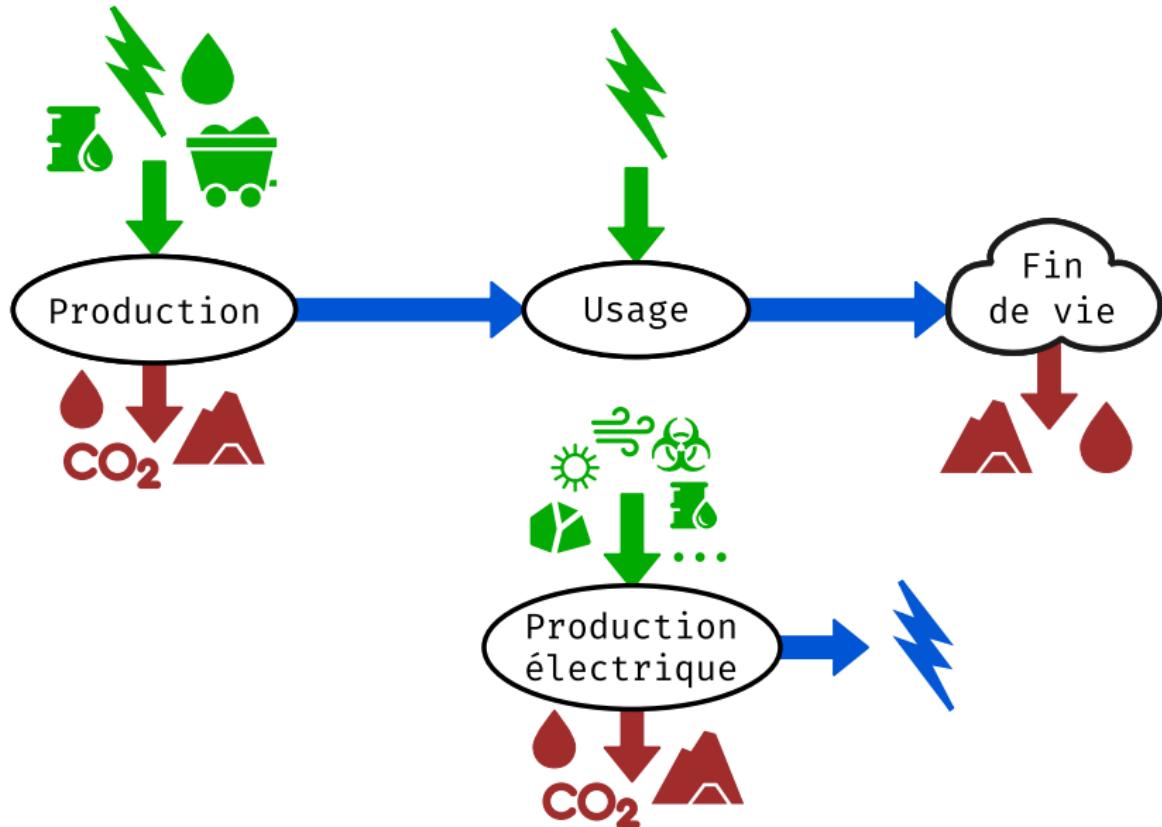
# Décortiquons son cycle de vie

---



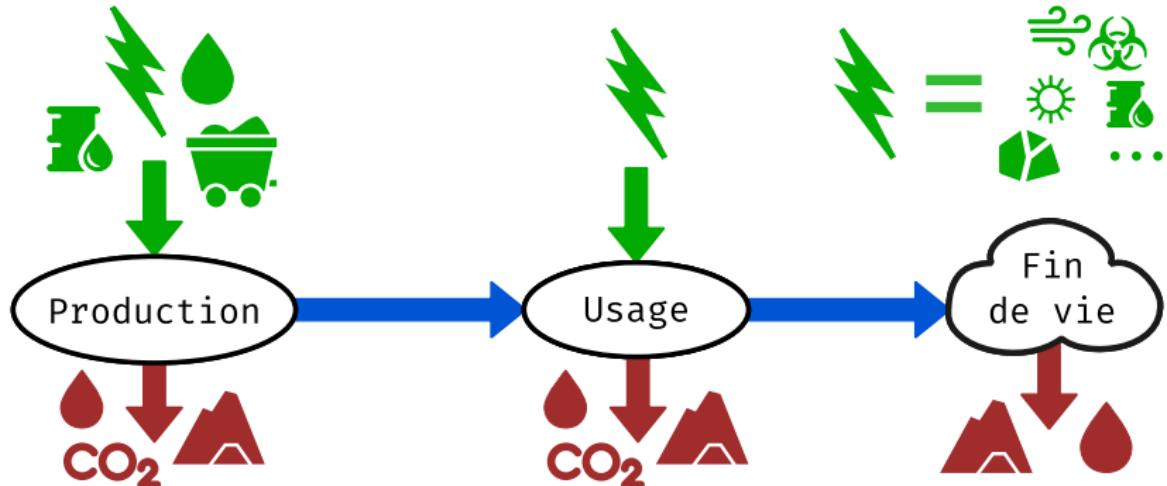
# Décortiquons son cycle de vie

---



# Décortiquons son cycle de vie

---



# Production

D'abord, la mine

---



# Production

# Un coktail minéral

## DALLE TACTILE + VITRE

In	Sn	Si	Al	K
Indium	Etain	Silicium	Aluminium	Potassium

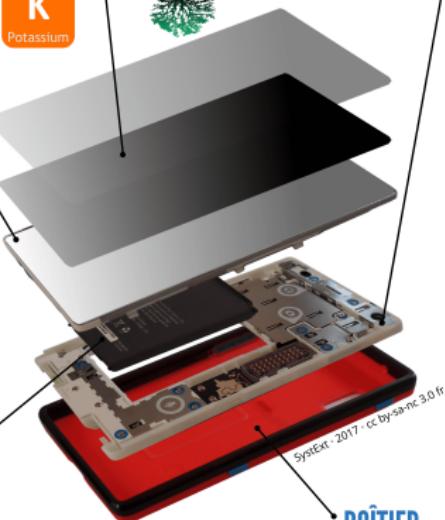
## ÉCRAN

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

## BATTERIE

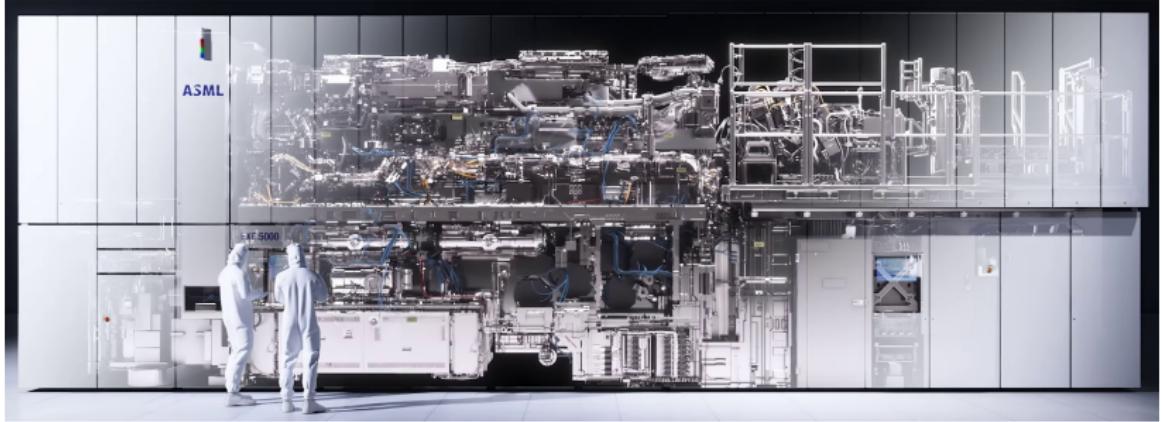
Li	Co	C	F
Lithium	Cobalt	Carbone	Fluor
Mn	V	P	Al
Manganèse	Vanadium	Phosphore	Aluminium

A SystExt  
Technoparc de l'Estuaire

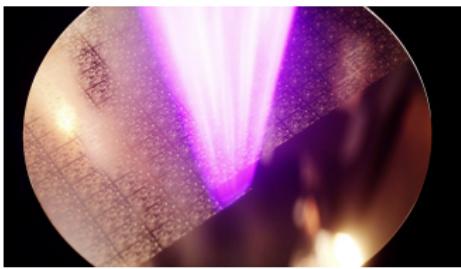


## CARTE ET COMPOSANTS

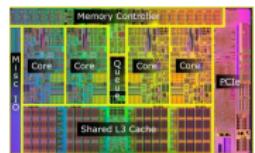
Ni	Pb	Sn	Bi
Nickel	Plomb	Etain	Bismuth
Au	Ag	W	Pt
Or	Argent	Tungstène	Platine
Rh	Be	Cu	P
Rhodium	Béryllium	Cuivre	Phosphore
As	Ga	Ge	Si
Arsenic	Gallium	Germanium	Silicium
Zr	Ru	Nd	Fe
Zirconium	Ruthénium	Néodyme	Fer
B	Sm	Co	Pr
Bore	Samarium	Cobalt	Praséodyme
Cl	Dy	Ta	
Chlore	Dysprosium	Tantale	
Nb	Pd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

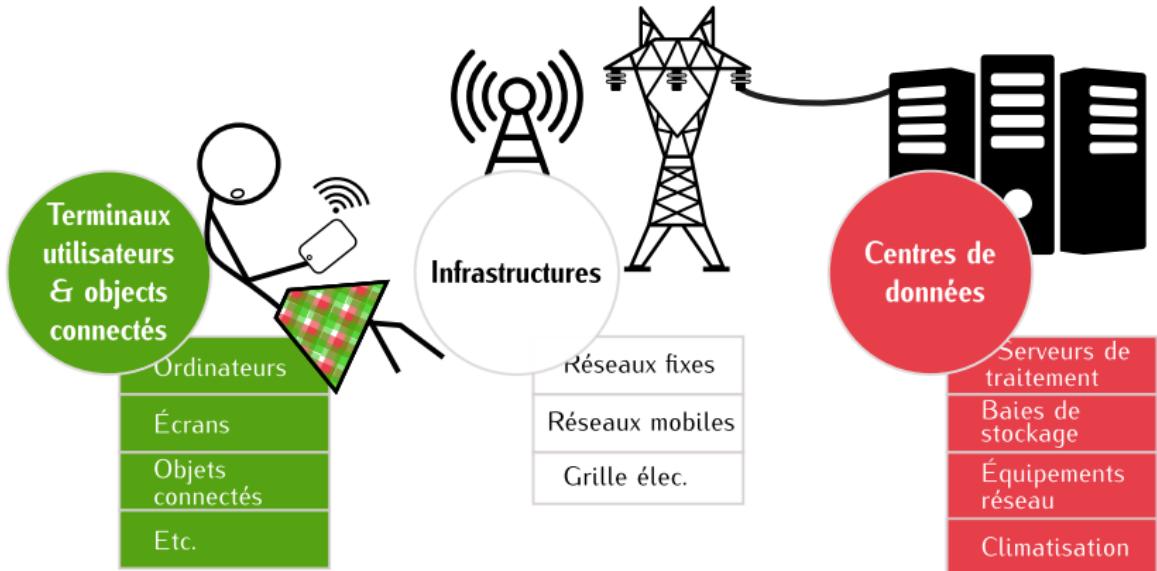


## La lithographie High-NA EUV d'ASML



Résolution : 3 nm  
Prix : 380M \$





« Après avoir cuisiné une ratatouille, comment récupérer séparément chaque ingrédient (tomate, courgette, sel...) ? »

« Après avoir cuisiné une ratatouille, comment récupérer séparément chaque ingrédient (tomate, courgette, sel...) ? »

## Méthode industrielle



« Après avoir cuisiné une ratatouille, comment récupérer séparément chaque ingrédient (tomate, courgette, sel...) ? »

## Méthode industrielle



## Méthode artisanale

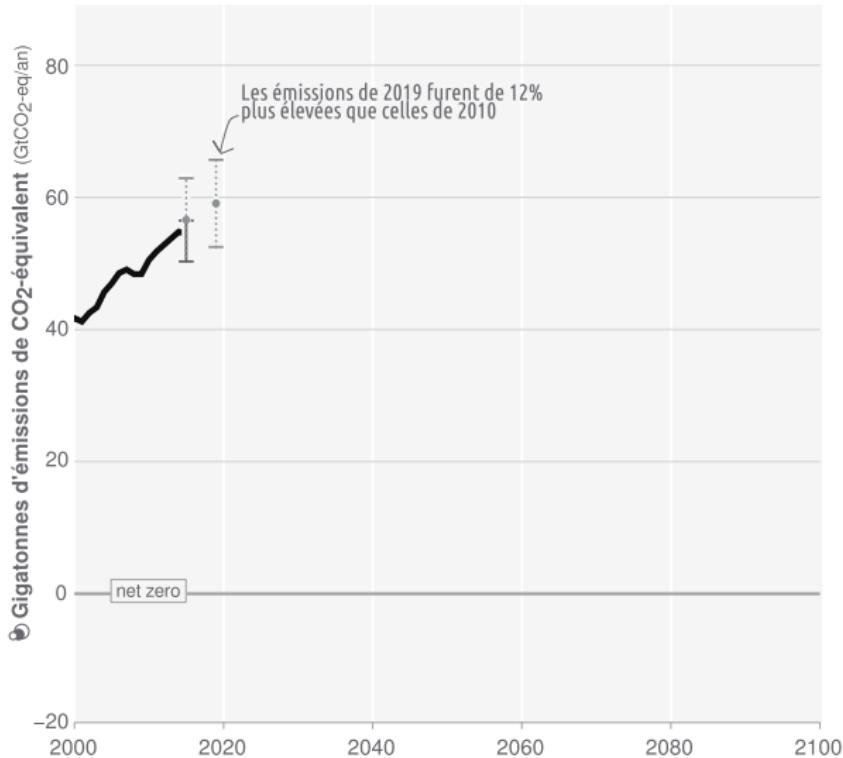


Welcome to Sodom, Documentaire, 2018  
Agbogbloshie, Accra, Ghana

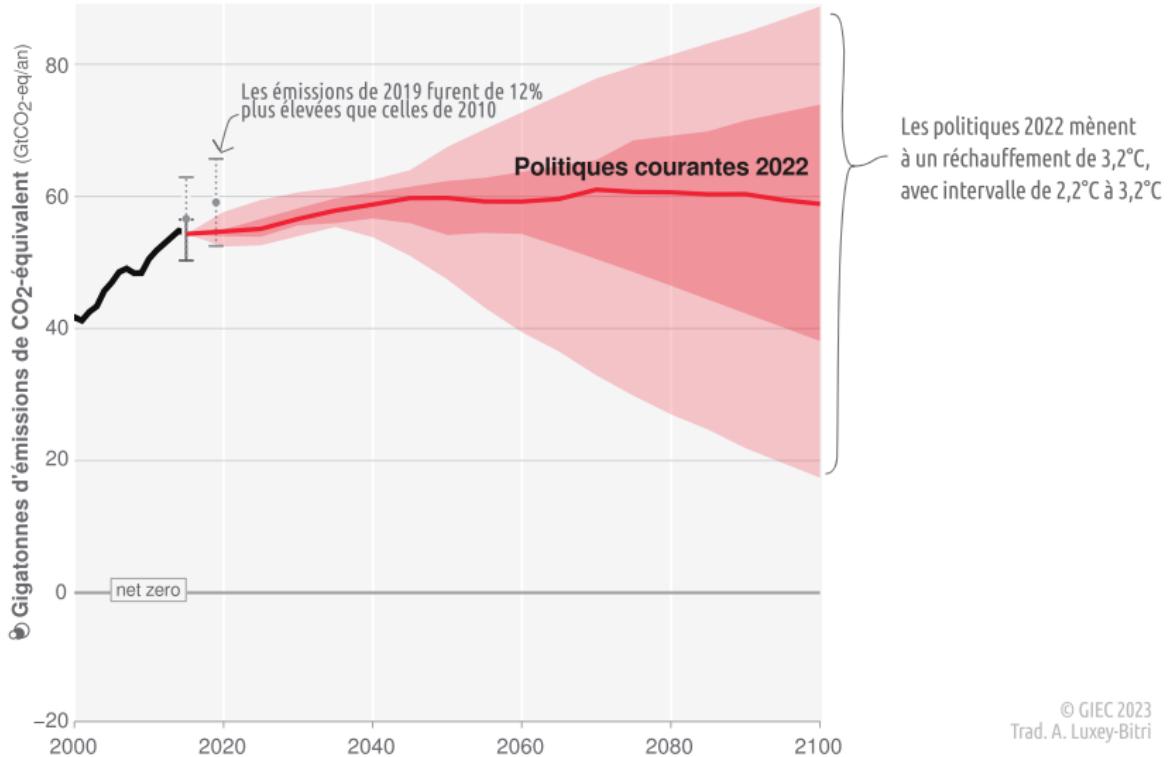
# Le problème énergétique

# Les gaz à effet de serre

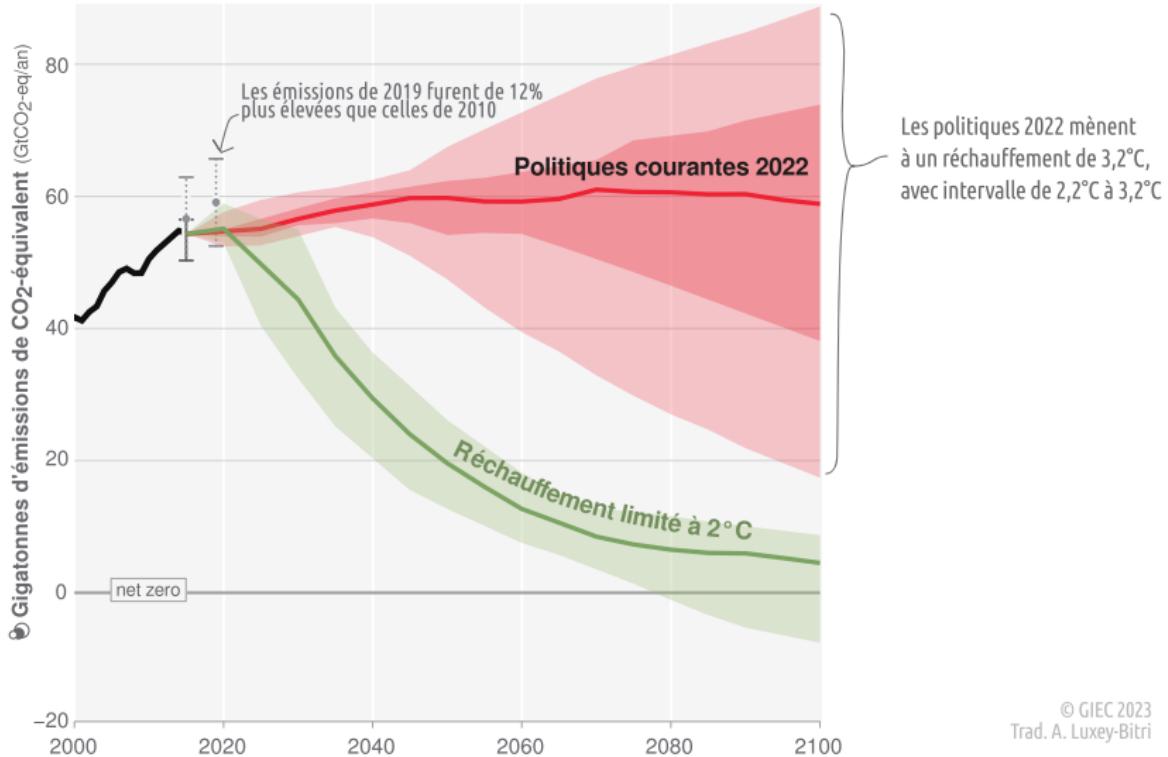
---



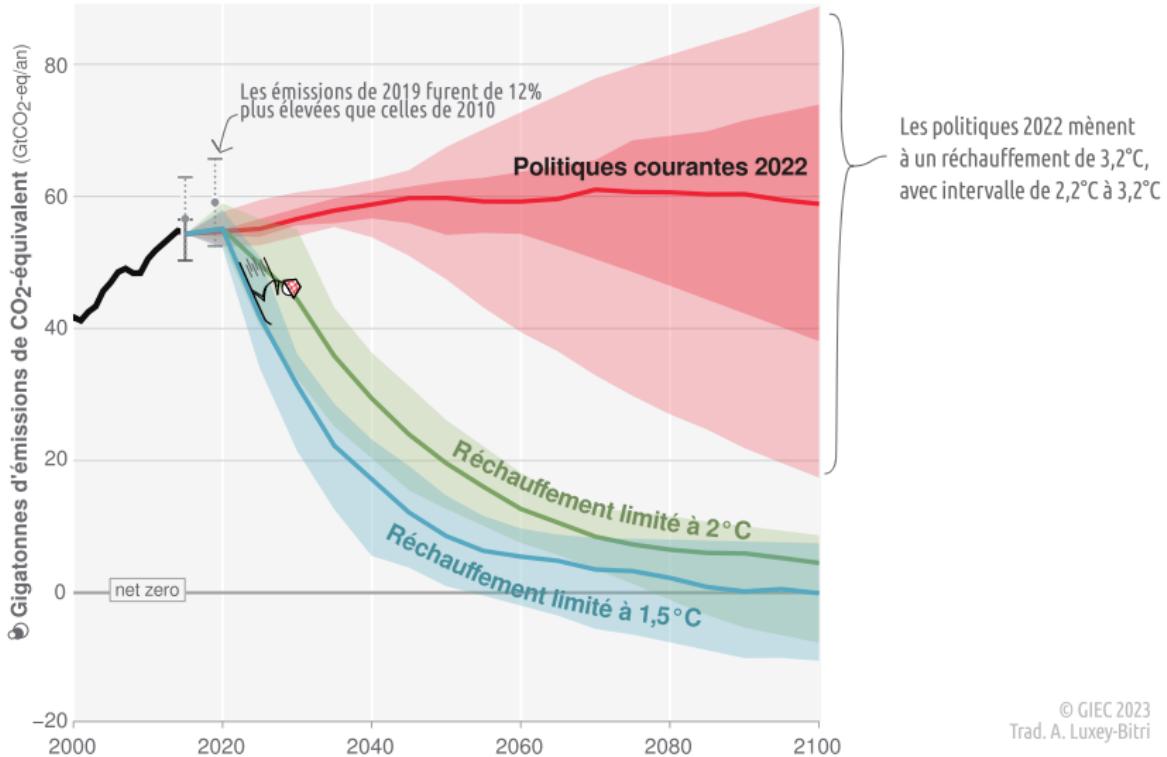
# Les gaz à effet de serre



# Les gaz à effet de serre



# Les gaz à effet de serre

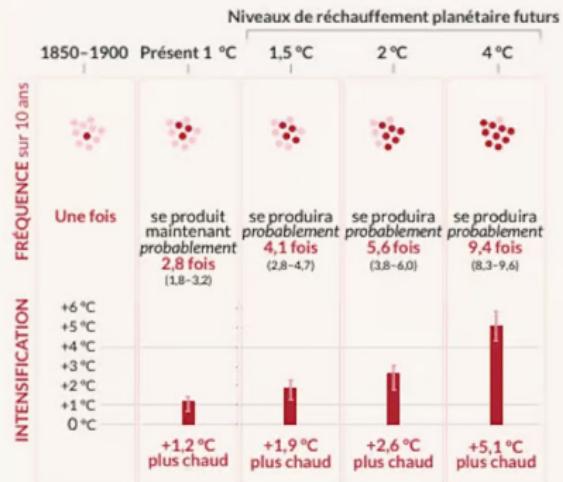


# Et leurs conséquences

## Extrêmes chauds au-dessus des terres émergées

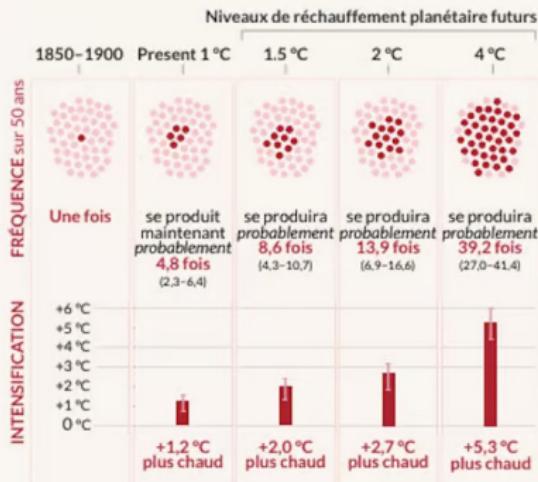
### Évènement décennal

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



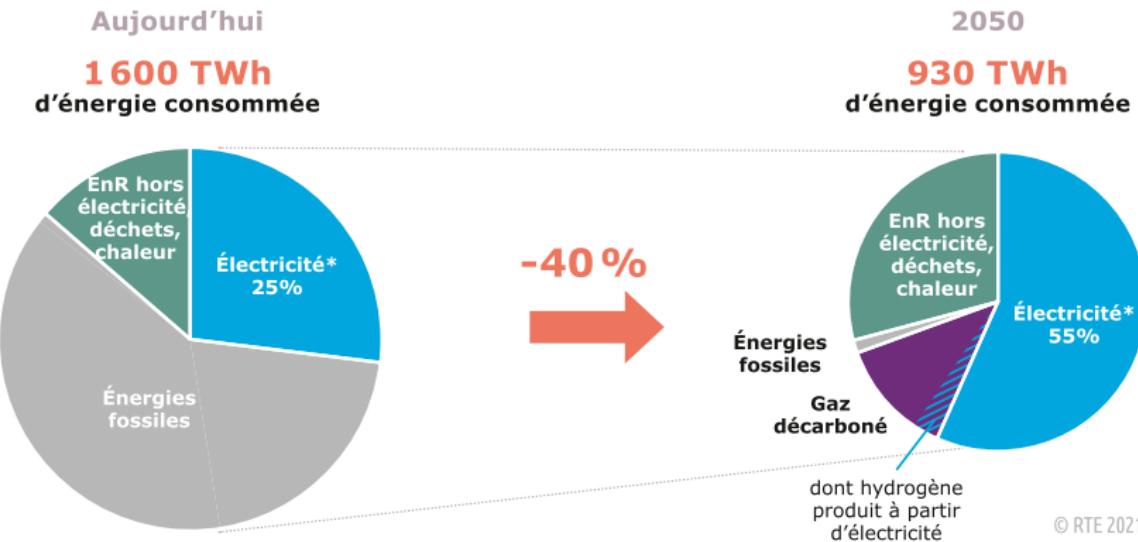
### Évènement cinquantennal

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



## Précipitations extrêmes sur les terres émergées

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



© RTE 2021

Sobriété & énergies « vertes »

# Les énergies « vertes » en question

---



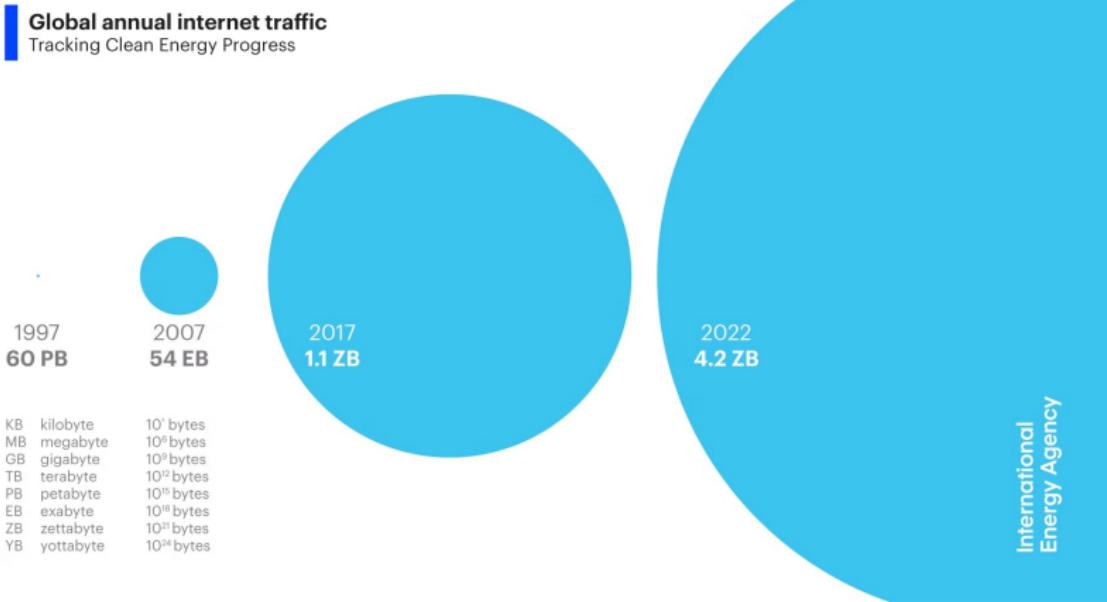
Montagne de Taihang (Chine)

Durée de vie d'un panneau solaire : 25 ans

## La croissance du numérique

# Croissance du trafic Internet

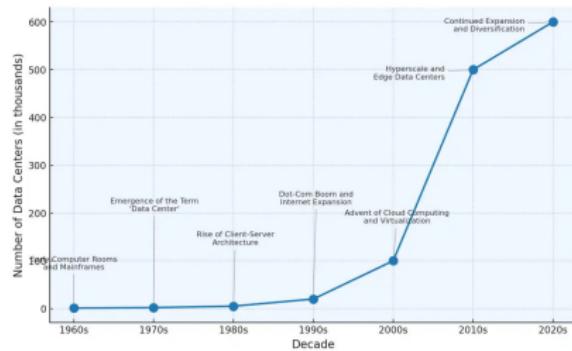
---



# Des exponentielles partout

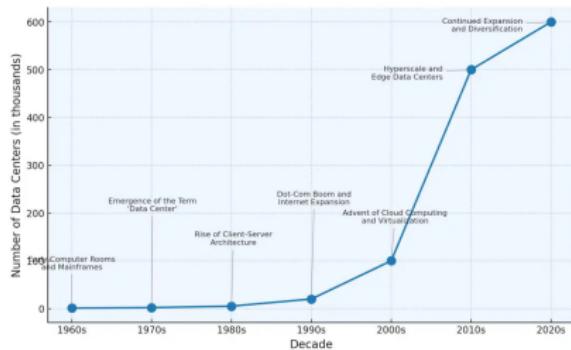
---

## Quantité de centres de données

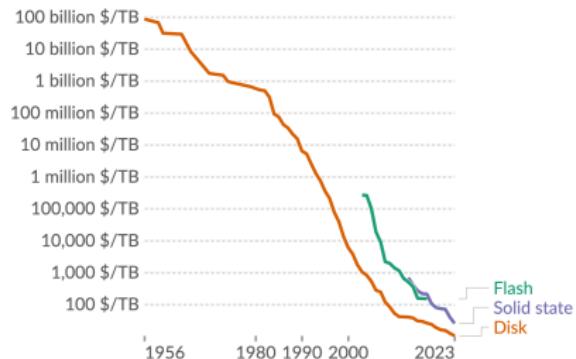


# Des exponentielles partout

## Quantité de centres de données



## Prix du stockage



Data source: John C. McCallum (2023)

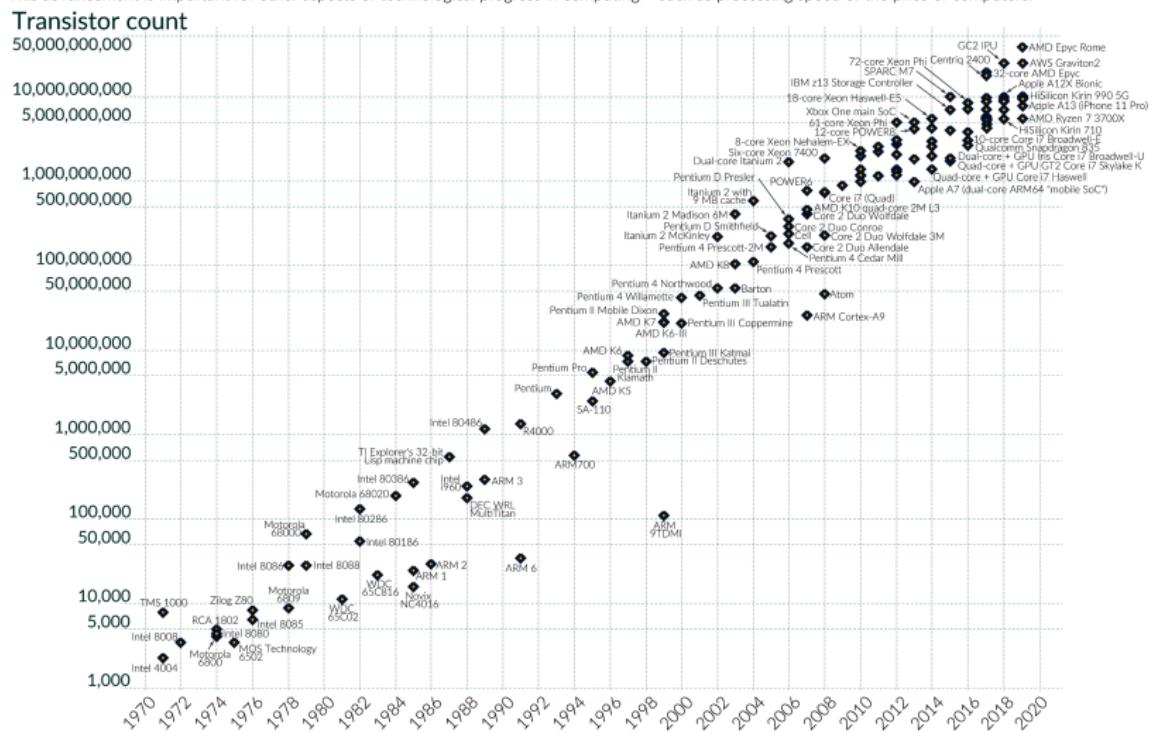
CC BY

## Loi de Moore

## Densité de transistors

Moore's Law: The number of transistors on microchips doubles every two years

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.



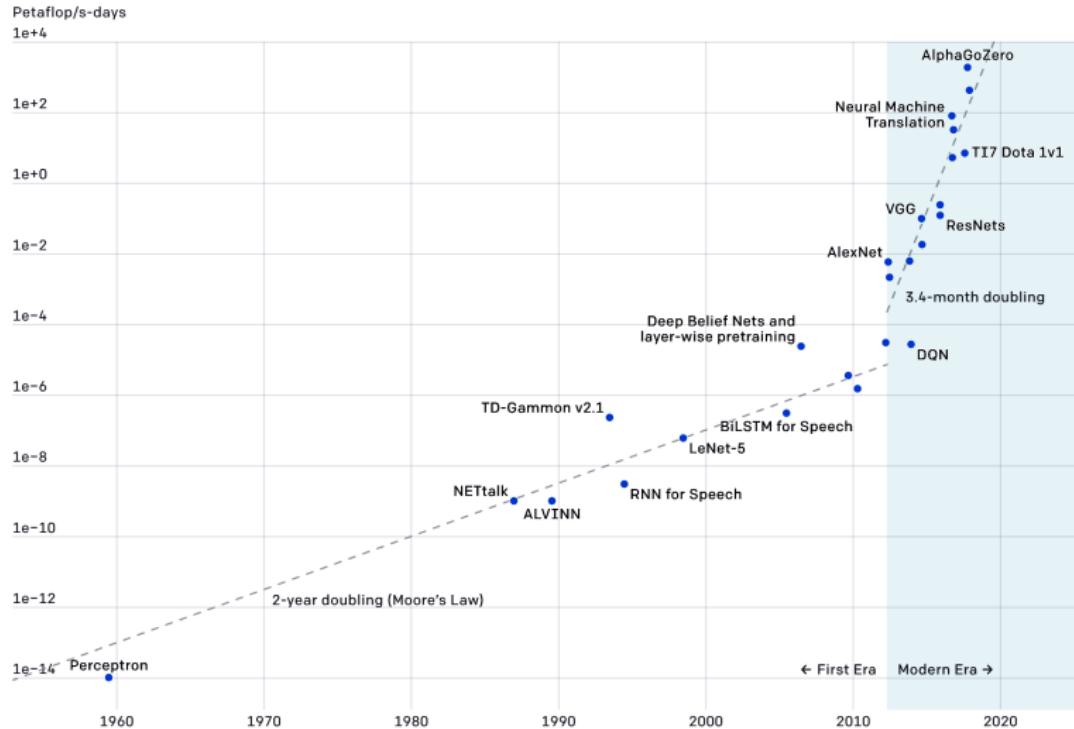
Data source: Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Transistor\\_count&oldid=1000000000](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Transistor_count&oldid=1000000000))

[OurWorldInData.org](http://OurWorldInData.org) – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

# Entraînement d'une IA

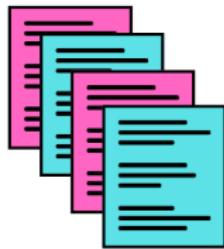
D'après OpenAI



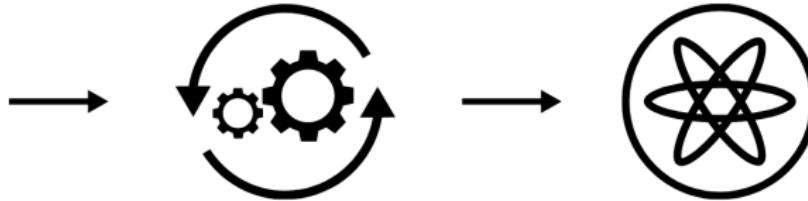
Et donc, l'IA ?

# Comment ça marche ?

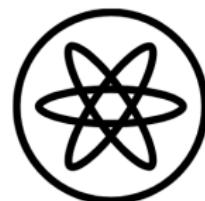
---



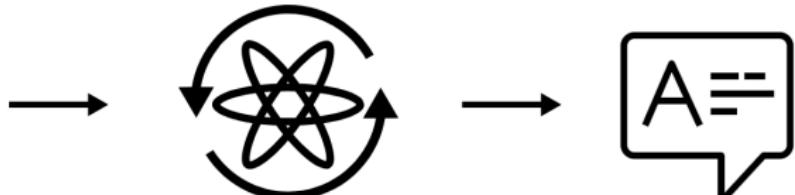
Données  
d'entraînement



Entrainement



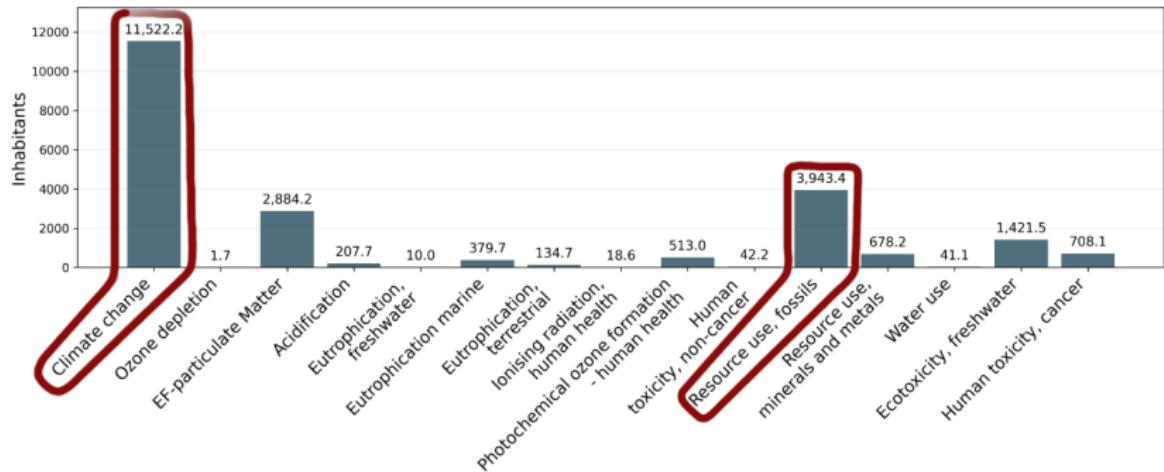
Modèle  
entraîné



Inférence

# Coût de l'entraînement

De GPT-4 en 2023



# Est-ce que ça vaut le coup ?

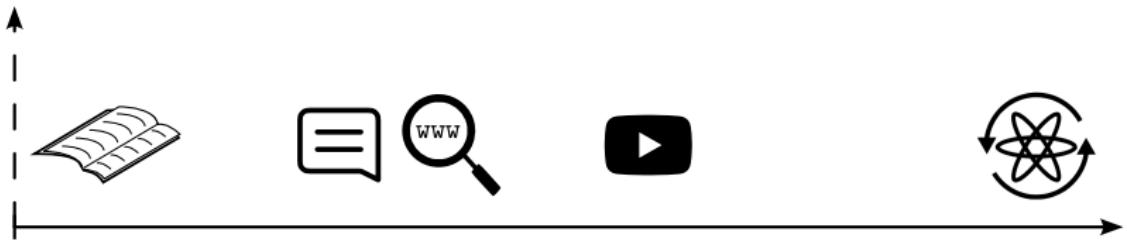
---



# Est-ce que ça vaut le coup ?

---

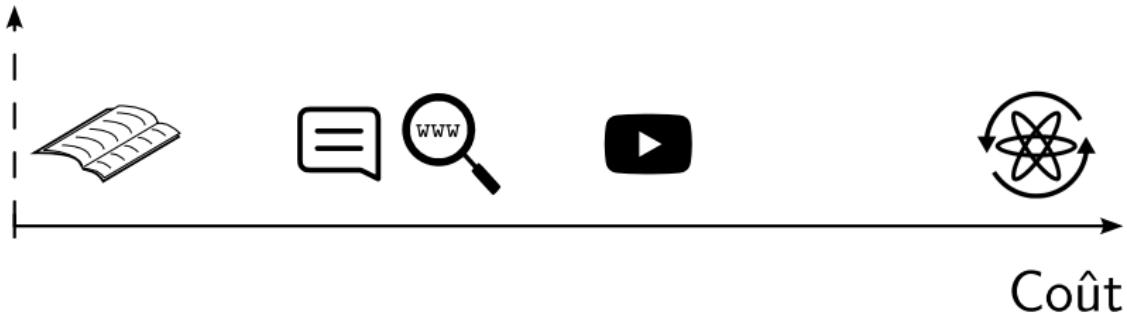
## Utilité ?



# Est-ce que ça vaut le coup ?

---

## Utilité ?



Tout dépend de l'usage : recette de cuisine ou sauver le monde ?

# Est-ce que ça vaut le coup ?

---

## Utilité ?



Tout dépend de l'usage : recette de cuisine ou sauver le monde ?

« La technologie n'est ni bonne ni mauvaise, **ni neutre**. »

# La sobriété comme boussole

---

« Garantir le bien-être de tous en respectant les limites planétaires »

# La sobriété comme boussole

---

« Garantir le bien-être de tous en respectant les limites planétaires »

⇒ La solution n'est parfois pas technique !

# La sobriété comme boussole

---

« Garantir le bien-être de tous en respectant les limites planétaires »

⇒ La solution n'est parfois pas technique !



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

# Références |

---

- [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).
- [Raa23] Dierk RAABE, « The Materials Science behind Sustainable Metals and Alloys », À : *Chemical Reviews* 123.5 (mars 2023), p. 2436-2608, ISSN : 0009-2665, doi : 10.1021/acs.chemrev.2c00799, URL : <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00799> (vu le 22/12/2024).
- [ASM24] ASML, *EUV Lithography Systems*, 2024, URL : <https://www.asml.com/en/products/euv-lithography-systems> (vu le 07/10/2024).

# Références II

---

- [Dat24] DATAcate INC, *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).
- [Izo24] Célia IZOARD, *La Ruée Minière Au XXIe 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](https://www.systext.org/sites/all/documents/RP_SystExt_Controverses-Mine_VOLET-2_Tome-3_Avril2024.pdf) (vu le 18/06/2024).
- [Fal+25] Sophia FALK et al., *More than Carbon : Cradle-to-Grave Environmental Impacts of GenAI Training on the Nvidia A100 GPU*, Archive ouverte, août 2025, doi : 10.48550/arXiv.2509.00093.
- [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).