

Réflexions sur l'IA dans un monde aux limites finies

Matthieu PUIGT

Univ. Littoral Côte d'Opale, LISIC – UR 4491, Calais & Longuenesse, France

Juin 2024



Avant-propos

- Crises

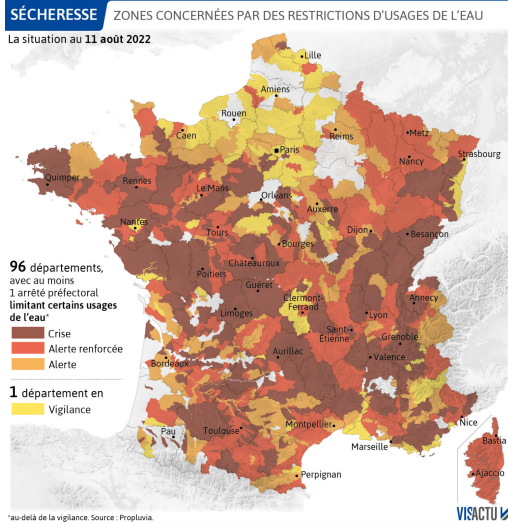
- 1 Climat
- 2 Eau
- 3 Biodiversité
- 4 Energie
- 5 Métaux



Avant-propos

● Crises

- 1 Climat
- 2 Eau
- 3 Biodiversité
- 4 Energie
- 5 Métaux



Avant-propos

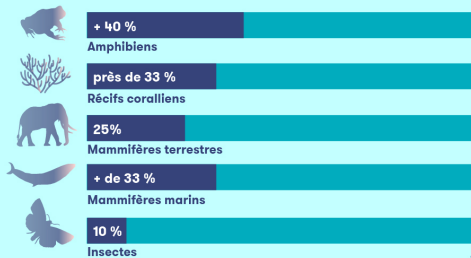
- Crises

- 1 Climat
- 2 Eau
- 3 Biodiversité
- 4 Energie
- 5 Métaux

ESPÈCES MENACÉES D'EXTINCTION

Pourcentage moyen d'extinction dans de nombreux groupes d'espèces : 25%

Environ 1 million sur un total estimé de 8 millions

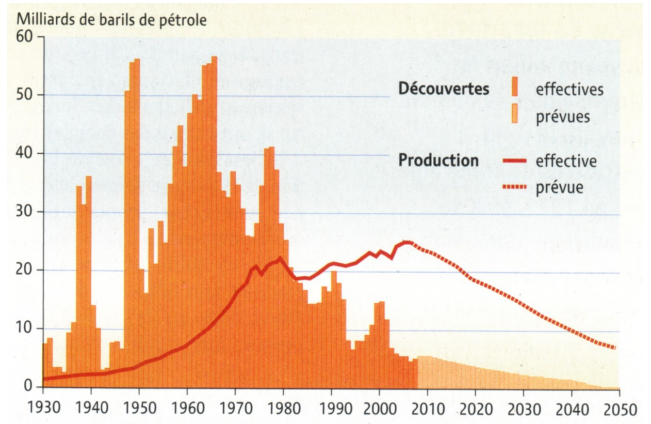


Source: IPBES (2019)

Avant-propos

- Crises

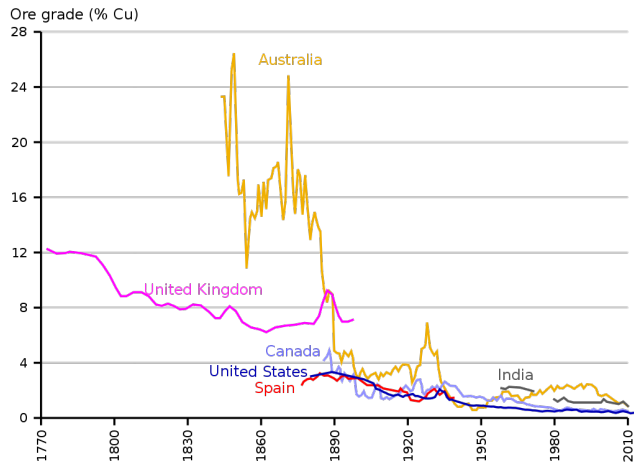
- 1 Climat
- 2 Eau
- 3 Biodiversité
- 4 **Energie**
- 5 Métaux



Avant-propos

● Crises

- 1 Climat
- 2 Eau
- 3 Biodiversité
- 4 Energie
- 5 Métaux

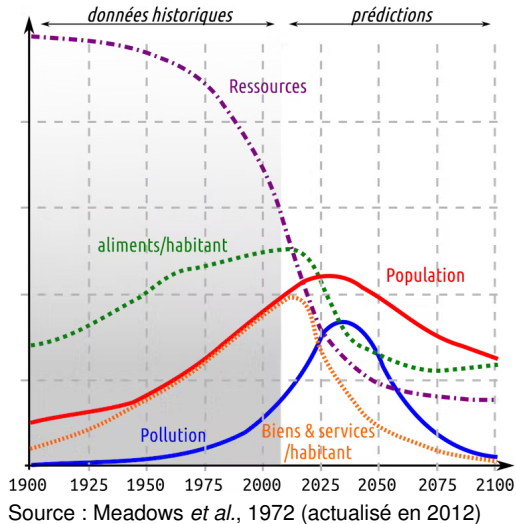


<https://dillonmarsh.com/fwiw.html>

Avant-propos

● Crises

- 1 Climat
 - 2 Eau
 - 3 Biodiversité
 - 4 Energie
 - 5 Métaux
- ◇ **Limites planétaires**

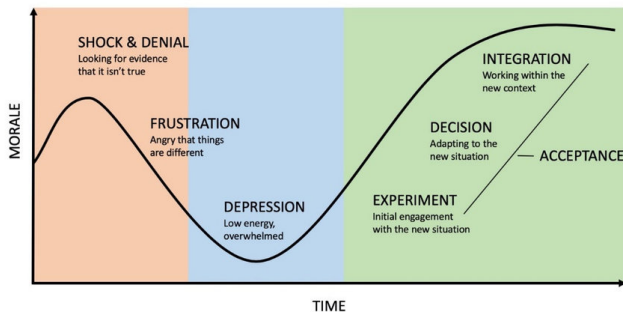


Avant-propos

- Crises

- 1 Climat
 - 2 Eau
 - 3 Biodiversité
 - 4 Energie
 - 5 Métaux
- ↳ **Limites planétaires**

- Faut-il désespérer ?



Modèle de Kübler-Ross

- | | |
|---------------|-------------------|
| 1 Dén | 4 Dépression |
| 2 Colère | 5 Acceptation |
| 3 Marchandage | ↳ Action / espoir |

Avant-propos

- Crises

- 1 Climat
- 2 Eau
- 3 Biodiversité
- 4 Energie
- 5 Métaux

- ◇ **Limites planétaires**

- Faut-il désespérer ?
- Que peut-on faire (liste non-exhaustive)
 - 1 **Changer nos habitudes**
 - 2 Changer nos imaginaires
 - 3 Garder nos équipements (réparer en cas de panne)

Quelques chiffres

- 1 français moyen = 600 esclaves énergétiques (Jancovici, 2022)
- griller 1 tranche de pain = 1 cycliste olympique
<https://youtu.be/S4O5voOCqAQ>
- Avec moins de ressources, nos modes de vie chamboulés (transport, logement, nourriture, etc) !
- ◇ Comment s'en passer sans mal le vivre ?

Avant-propos

- Crises

- 1 Climat
 - 2 Eau
 - 3 Biodiversité
 - 4 Energie
 - 5 Métaux
- ↳ **Limites planétaires**

- Faut-il désespérer ?

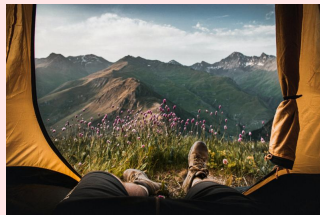
- Que peut-on faire (liste non-exhaustive)

- 1 Changer nos habitudes
- 2 **Changer nos imaginaires**
- 3 Garder nos équipements (réparer en cas de panne)

Qu'est-ce qui est le plus cool ?



OU



Avant-propos

- Crises

- 1 Climat
 - 2 Eau
 - 3 Biodiversité
 - 4 Energie
 - 5 Métaux
- ↳ **Limites planétaires**

- Faut-il désespérer ?

- Que peut-on faire (liste non-exhaustive)

- 1 Changer nos habitudes
- 2 Changer nos imaginaires
- 3 **Garder nos équipements (réparer en cas de panne)**



Ce frigo fonctionne depuis plus de 60 ans

Et l'IA dans tout ça ?

Les avantages de l'IA

- Optimisation (process industriels, agriculture / irrigation, etc)
- Santé (aide au diagnostic, aide à la conception de médicaments, etc)
- Surveillance pollution, GES, données climatiques, prévision de phénomènes naturels extrêmes et des risques associés

Et l'IA dans tout ça ?

Les avantages de l'IA

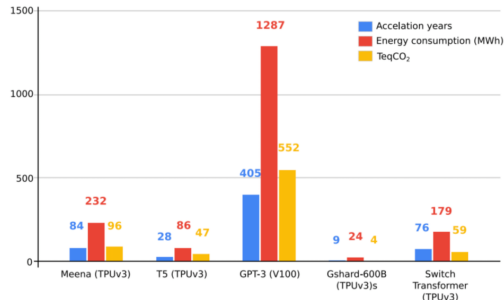
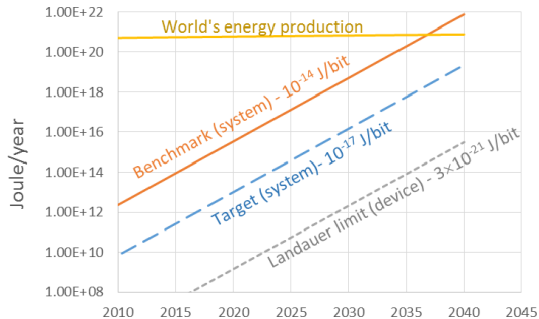
- Optimisation (process industriels, agriculture / irrigation, etc)
- Santé (aide au diagnostic, aide à la conception de médicaments, etc)
- Surveillance pollution, GES, données climatiques, prévision de phénomènes naturels extrêmes et des risques associés

Mais des inconvénients

- Ressources (matières première, énergie, eau)

Et l'IA dans tout ça ?

IA et énergie



Sources : à g. SIA-SRC (2015) et à d. Patterson *et al.*, 2021

Et l'IA dans tout ça ?

IA et eau

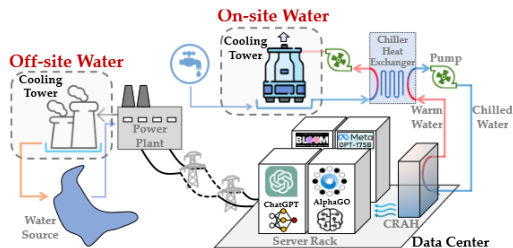


Figure 1: An example of data center's operational water usage: on-site scope-1 water for server cooling (via cooling towers in the example), and off-site scope-2 water usage for electricity generation. The icons for AI models are only for illustration purposes.

Evaporation de l'eau par l'utilisation de data-centers (Scope-1) et leur alimentation énergétique (Scope-2) – Source : Li *et al.*, 2023

- Entraînement GPT-3 : 700 000 L d'eau potable
- Utilisation GPT-3 : 500 mL d'eau pour 10-50 requêtes

+ l'utilisation de l'eau pour :

- extraction minière
- fabrication des infrastructures (e.g., en 2027, l'usine grenobloise STMicroElectronics consommera autant d'eau que l'agglomération)

Et l'IA dans tout ça ?

Les avantages de l'IA

- Optimisation (process industriels, agriculture / irrigation, etc)
- Santé (aide au diagnostic, aide à la conception de médicaments, etc)
- Surveillance pollution, GES, données climatiques, prévision de phénomènes naturels extrêmes et des risques associés

Mais des inconvénients

- Ressources (matières première, énergie, eau)
- **Paradoxe de Jevons ou effet rebond**

Et l'IA dans tout ça ?

Paradoxe de Jevons

Efficacité énergétique en informatique

- Entre 2007 et 2021, efficacité énergétique des data centers amélioré de 47 % (Jacquet *et al.*, 2023)
- ↳ Nouveaux usages (cloud computing)
- Consommation énergétique globale multipliée par 2 tous les 8 ans (Shift Project, 2020)

Et dans l'IA ?

- On émet 10 fois plus de carbone en opérant une requête sur ChatGPT que sur le moteur de recherche de Google (Glavas, interview 2024, Challenges)
- Google va glisser son IA Gemini dans Android et son moteur de recherche (Annonce Google I/O, Mai 2024)

Et l'IA dans tout ça ?

Les avantages de l'IA

- Optimisation (process industriels, agriculture / irrigation, etc)
- Santé (aide au diagnostic, aide à la conception de médicaments, etc)
- Surveillance pollution, GES, données climatiques, prévision de phénomènes naturels extrêmes et des risques associés

Mais des inconvénients

- Ressources (matières première, énergie, eau)
- Paradoxe de Jevons ou effet rebond

IA vs IH

- 1 cerveau humain = 12 kWh en un mois (Couillet *et al.*, 2022)
- Entraînement de GPT-3 = 1 287 000 kWh = 1 cerveau humain pendant +8900 ans
≈ 1 an d'électricité pour 180 appartements de 60 m² – Sources : (Patterson *et al.*, 2021 ; Hello Watt)

Que pouvons-nous faire ?

Hardware

- Calculateurs dédiés (e.g., TPU)
- Calculateurs alternatifs (calculateurs analogiques, photoniques, etc)

Software

- 1 Changer nos langages de programmation ?
<https://sites.google.com/view/energy-efficiency-languages/>
- 2 Changer les critères de performance (e.g., coût carbone ou coût énergétique)
 - Coût énergétique : <https://codecarbon.io/> ou <https://pypi.org/project/cumulator/>
 - Efficacité : <https://benchopt.github.io/>
 - Frugalité (diminuer le budget carbone / énergétique chaque année)
- 3 Réfléchir à une adéquation besoin - solution (collaboration LISIC - BEA, 2020-2022)
- 4 Aller vers du low-tech (V. d'Acremont, 2021)
- 5 Réfléchir au démantèlement du numérique (R. Couillet et G. Poissonnier, 2023)

Que pouvons-nous faire ?

Hardware

- Calculateurs dédiés (e.g., TPU)
- Calculateurs alternatifs (calculateurs analogiques, photoniques, etc)

Software

- 1 Changer nos langages de programmation ?
<https://sites.google.com/view/energy-efficiency-languages/>
- 2 Changer les critères de performance (e.g., coût carbone ou coût énergétique)
 - Coût énergétique : <https://codecarbon.io/> ou <https://pypi.org/project/cumulator/>
 - Efficacité : <https://benchopt.github.io/>
 - Frugalité (diminuer le budget carbone / énergétique chaque année)
- 3 Réfléchir à une adéquation besoin - solution (collaboration LISIC - BEA, 2020-2022)
- 4 Aller vers du low-tech (V. d'Acremont, 2021)
- 5 Réfléchir au démantèlement du numérique (R. Couillet et G. Poissonnier, 2023)

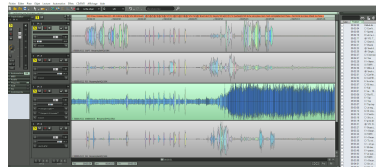
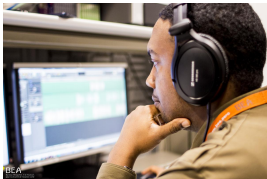
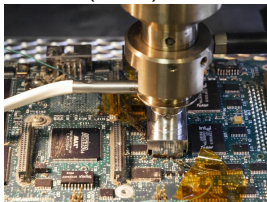
Adéquation besoin - solution (collaboration avec le BEA) (1/4)

Context

- In case of civil aircraft incident or accident, BEA looks for and analyzes both aircraft “black boxes”



- One black box dedicated to the sound signals recorded in the cockpit : *Cockpit Voice Recorder (CVR)* whose signals are transcribed by CVR audio analysts



Adéquation besoin - solution (collaboration avec le BEA) (2/4)

Capturing sounds in the cockpit

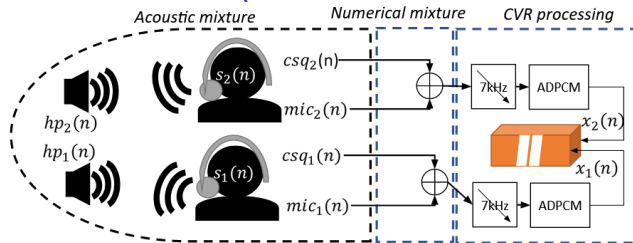


- Headset microphones (up to 3 channels) :
 - unidirectional,
 - mixed to headset signals in the CVR data,
 - sampled at 7 kHz
- Cockpit Area Microphone (CAM) :
 - omnidirectional,
 - sampled at 12 kHz
- The CAM channel is not considered in this work

Problem statement

- In case of an incident or accident, the analysis of CVR is a **cocktail party problem** (numerous superimposed sound sources)
- **Does blind source separation (BSS) can help analyzing these data ?**

Adéquation besoin - solution (collaboration avec le BEA) (3/4)



Reverse-engineering of the CVR mixing model

- Depending on the active sources, most of the time in between simple (instantaneous) or complex (convolutive) linear models
- SotA methods can be applied

BSS families

- Independent Component / Vector Analysis (ICA, IVA)
- Sparse Component Analysis (SCA)
- Nonnegative Matrix / Tensor Factorization (NMF, NTF)
- Deep learning

Adéquation besoin - solution (collaboration avec le BEA) (4/4)

- Case with only 2 sources (pilot / pilot, pilot / radio)
- 46 audio mixtures (25 pilot/pilot, 21 pilot/air traffic control) from 15 CVRs.
- Performance criterion : Word Recognition Rate (WRR)
- Percentage of initially unintelligible words transcribed after applying BSS

		DEMIX	UCBSS	NMF	3 methods
Improved segment rate	pilot / pilot	28%	16%	20%	44%
	pilot / radio	33%	28.5%	38%	66%
WRR	pilot / pilot	50%	55%	57.5%	80%
	pilot / radio	56%	63.6%	70%	89.6%

- Transcription without BSS

Pilot : première à gauche ouais c'est là on va on va se garer et puis après on (?)

CTRL : three two zero push back approved

CDB : euh (?) (?)

FO : ça on avait (?)

- Transcription with BSS

*Pilot : première à gauche ouais c'est là on va on va se garer et puis après on **fera le reste hein***

CTRL : three two zero push back approved

*CDB : euh **l'APU est démarré***

*FO : ça on avait **prévenu***

Aller vers du low-tech (1/3)

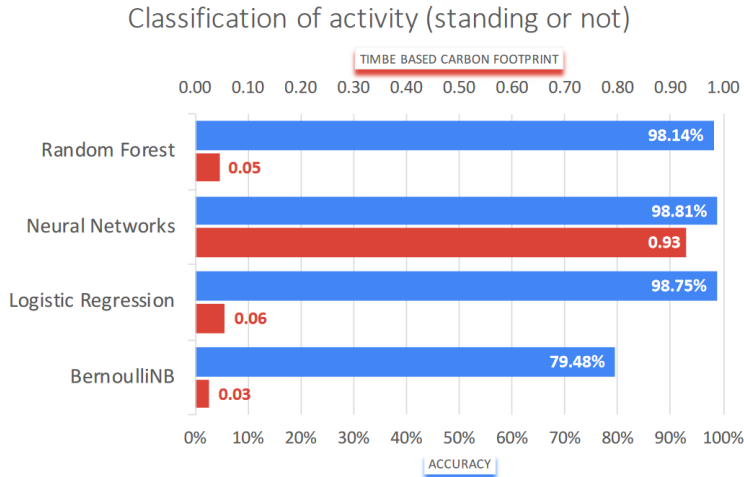
- Infos issues du séminaire intitulé "Santé, Technologies, Environnement : Quels compromis éthiques ?", V. d'Acremont (https://youtu.be/oKcy_cY0QOw)
- Sur-mortalité infantine dans certains pays d'Afrique (manque de médecin → mauvais diagnostics)
- Développement d'une app mobile + approche d'IA pour l'aide au diagnostic
- Mortalité chute... jusqu'à la panne des tablettes au bout de quelques mois (humidité, température)

Réflexion sur la solution proposée

- Part du numérique dans la production mondiale de CO2
- Extraction minière pour la fabrication des tablettes/smartphones/serveurs (mieux soigner ici pour rendre plus malade ailleurs ?)

Aller vers du low-tech (2/3)

- Calcul du coût environnemental de solutions d'IA

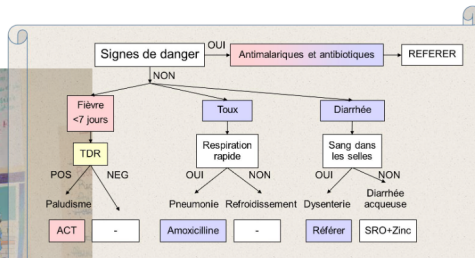


Classification vs coût carbone (en g éq. CO₂) calculé selon Cumulator (Trebaol, 2020)

Aller vers du low-tech (3/3)

- Arbres de décision à partir des données de l'OMS

Version papier de l'algorithme Sénégalais pour la prise en charge des enfants malades au niveau communautaire



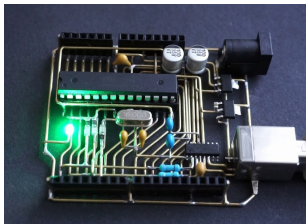
Discussion (1/2)

- Des ressources de moins en moins présentes + des conditions de plus en plus difficiles
- ⇒ Nos modes de vie vont changer **qu'on le veuille ou pas**
- Ne soyez pas tétanisés/déprimés ! Regroupez-vous, confrontez vos idées et agissez !
- ⇒ **Un monde à (re-)construire**

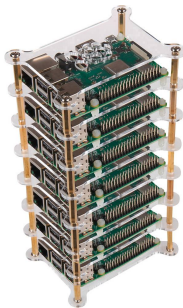


Discussion (2/2)

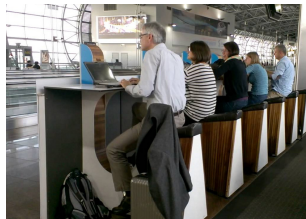
- Hiver 2022-2023 : risque de black-out en France
 - Centrales à charbon relancées
 - Efforts demandés à tous
 - Arrêt des industries électro-intensives
- Repenser nos activités de recherche
 - ◇ Techno-discernement et Low-tech ? (Bihouix, 2014)
 - Définir le low-tech ? Est-ce qu'Arduino et Raspberry Pi sont Low-tech ?
 - Peut-on faire tourner des modèles performants sur le super-calculateur ci-dessous ?



Acquisition de données



Calcul



Alimentation en énergie

Références bibliographiques

- Bigot, B., Devulder, H., & Puigt, M. (2022, June). Amélioration de l'intelligibilité de la parole dans des enregistrements de «boîtes noires aéronautiques» à l'aide de méthodes de Séparation Aveugle de Sources. In 34e Journées d'Etudes sur la Parole (JEP 2022).
- Couillet, R. & Poissonnier G. (2023). "Pourquoi et comment démanteler le numérique ?", Actes du colloque GretsI 2023.
- Jacquet, P., Rouvoy, R., & Ledoux, T. (2023). La chasse au gaspillage dans le cloud et les data centers. The Conversation.
- Lacoste, A., Luccioni, A., Schmidt, V., & Dandres, T. (2019). Quantifying the carbon emissions of machine learning. arXiv preprint arXiv :1910.09700.
- Li, P., Yang, J., Islam, M. A., & Ren, S. (2023). Making ai less "thirsty" : Uncovering and addressing the secret water footprint of ai models. arXiv preprint arXiv :2304.03271.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). The limits to growth-club of rome.
- Moreau, T., Massias, M., Gramfort, A., Ablin, P., Bannier, P. A., Charlier, B., ... & Vaiter, S. (2022). Benchopt : Reproducible, efficient and collaborative optimization benchmarks. Advances in Neural Information Processing Systems, 35, 25404-25421.
- Patterson, D., Gonzalez, J., Le, Q., Liang, C., Munguia, L. M., Rothchild, D., ... & Dean, J. (2021). Carbon emissions and large neural network training. arXiv preprint arXiv :2104.10350.
- SIA & SRC (2015). Rebooting the IT revolution. A call for action.
- Shift project (2020). Déployer la sobriété numérique. Rapport intermédiaire.
<https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2020/01/2020-01.pdf>
- Trébaol, T. (2020). CUMULATOR—a tool to quantify and report the carbon footprint of machine learning computations and communication in academia and healthcare.