

Intelligence Artificielle, algorithmes, ou Comment assurer l'optimisation de la gestion des énergies dans les bâtiments

Liens & concepts avec les aspects environnementaux

05 mars 2025

Xavier GREGOIRE

ARCADIS - Chef de projet Techniques spéciales



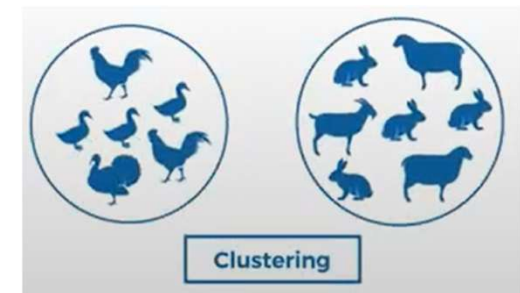
Terminologie



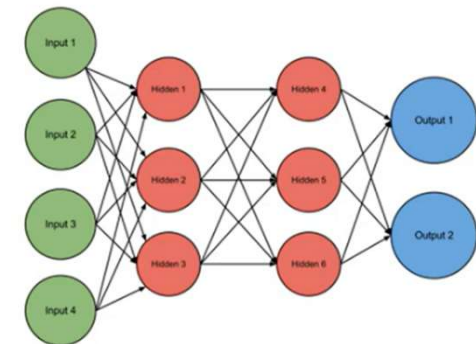
Phase Entrainement



Machine Learning



Deep Learning



Terminologie



Phase Entrainement



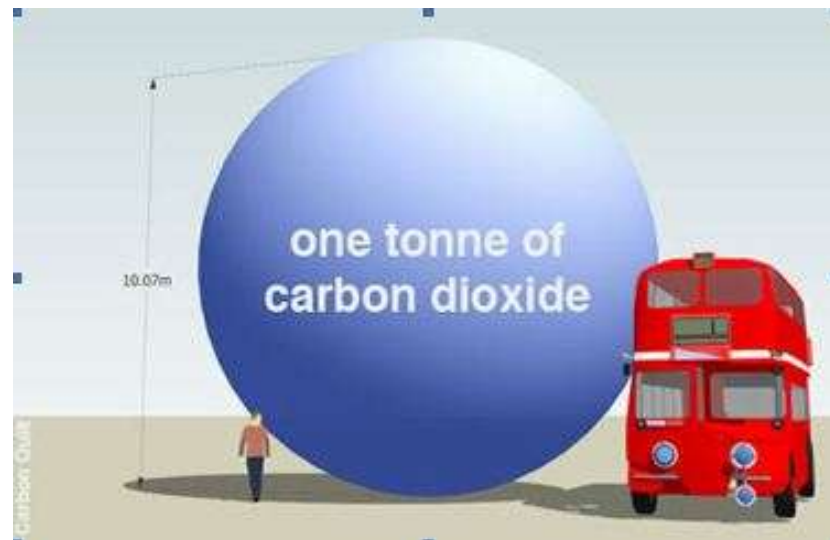
Phase Inférence

Valeurs clés



Tonnes de CO₂

Moyenne EU : 7,5 T CO₂/ an

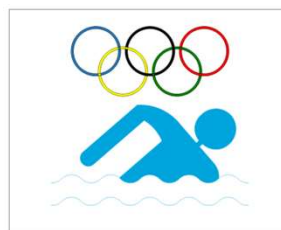


Twh



*Consommation
électrique*

*Belgique 2024 :
75 Twh/an*



m³ eau

Piscine olympique : 3.500 m³



Valeurs clés



Données utilisées

GPT-1 (2018) : 117.000.000 paramètres



x 1.500.000

GPT-3 (2023) : 180.000.000.000.000 paramètres

Utilisateurs GPT

2022 : 100 Millions / semaine



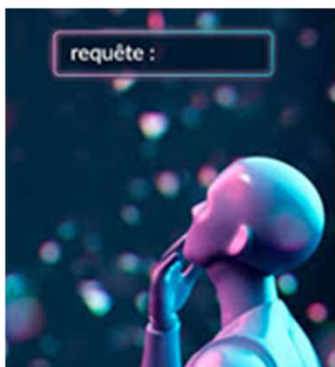
x 4

2024 : 400 Millions / semaine

Requêtes

2024 (IA) : 1.000.000.000 / jour

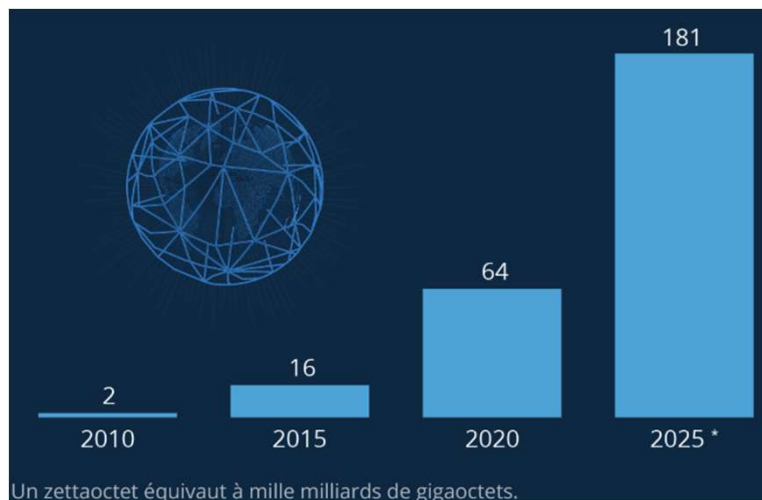
2024 (Google) : 8.500.000.000 / jour



Valeurs clés



Générations de données



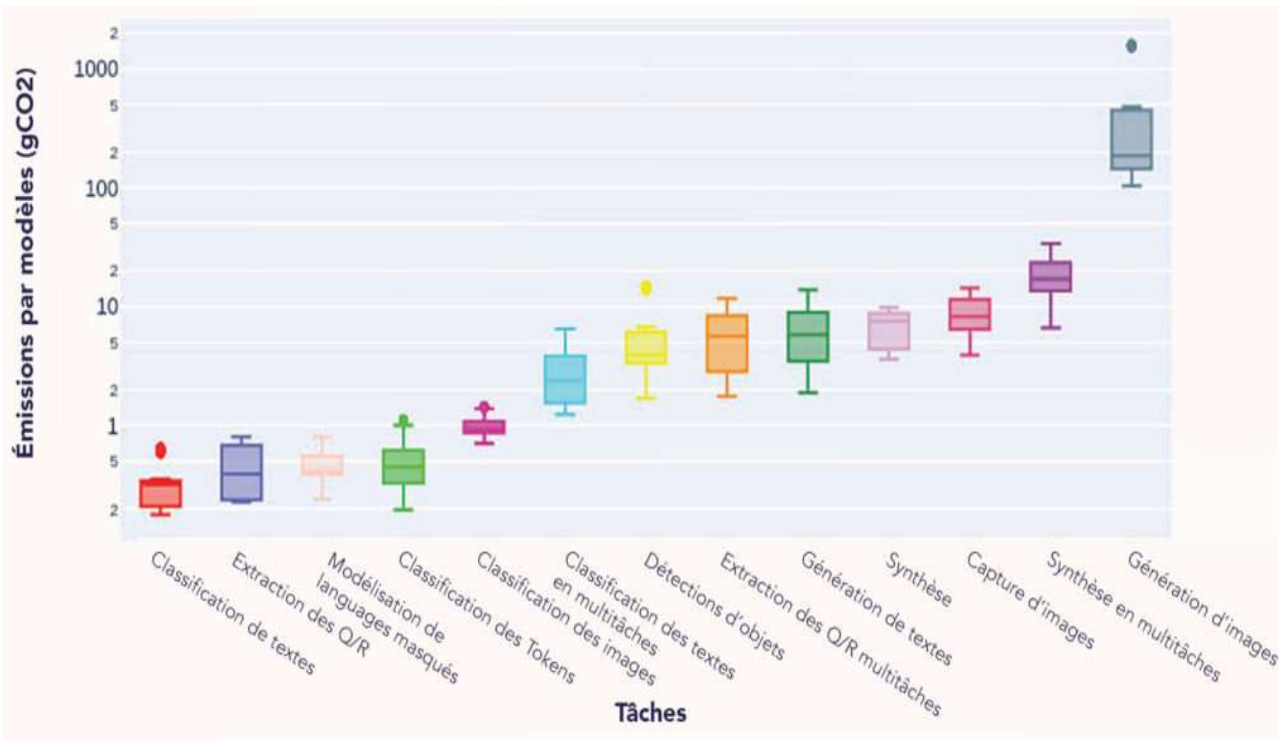
200.000 téléchargements / sec



Emissions



Entrainement IA GPT-3 : 580 T CO₂ ➔ GPT-4 : 12.500 T CO₂



Inférence IA

Classification texte : 2-4 gr CO₂

Génération texte : 4-9 gr CO₂

Génération image : 150-500 gr CO₂

2024 : 6-9 TWh/an



x 12-15

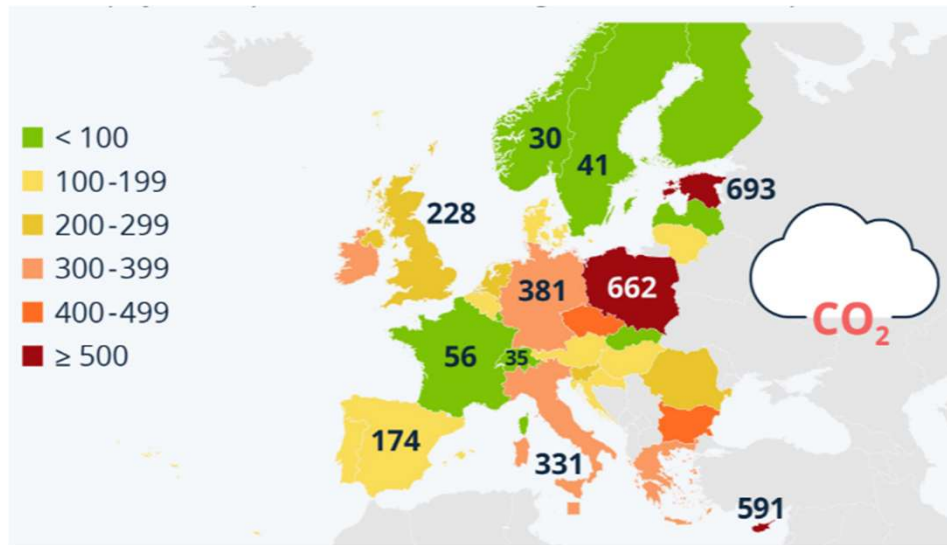
2027 : 85-135 TWh/an

Requête IA > 10 x Requête google

Emissions



Facteur émission CO2

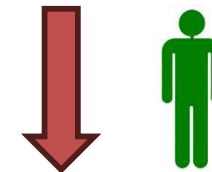


EU : 305 gr CO₂ / kwh
USA : 375 gr CO₂ / kwh

2027 : 135 TWh/an

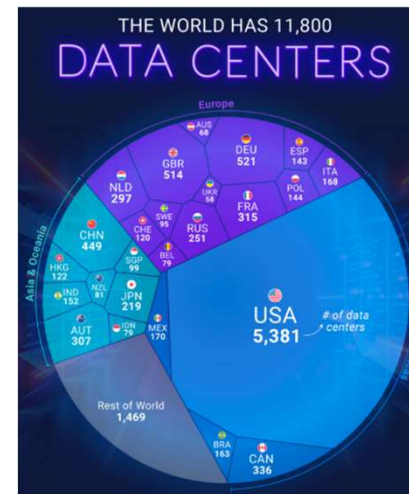


2027 : 41.000.000 T CO₂/an



5,5 Millions pers EU !!
6,8 Millions pers USA !!

Data Centers



Monde : 11.800 (2023)

USA : 45 %

EU : 21 %

USA : 548 gr CO₂ / kwh

Evolution IA ?

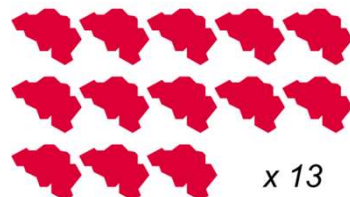
2015 : IA = 2 % consommation Data centers (5 Twh)



2025 : IA = 10 % (320 TWh)



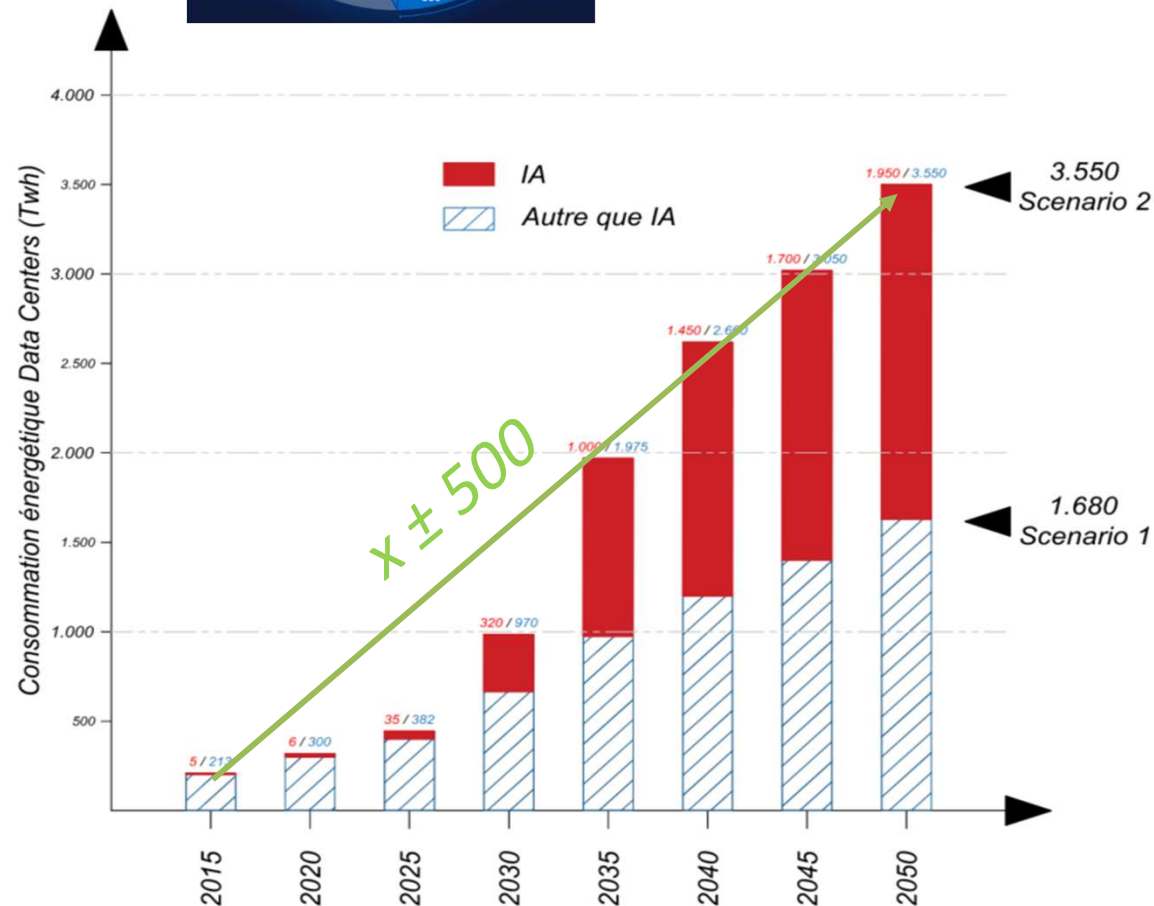
2035 : IA = 50 % (1.000 TWh)



2050 : 55 % (1.950 TWh)



Ou 142 Millions (CO₂)



Shift Project

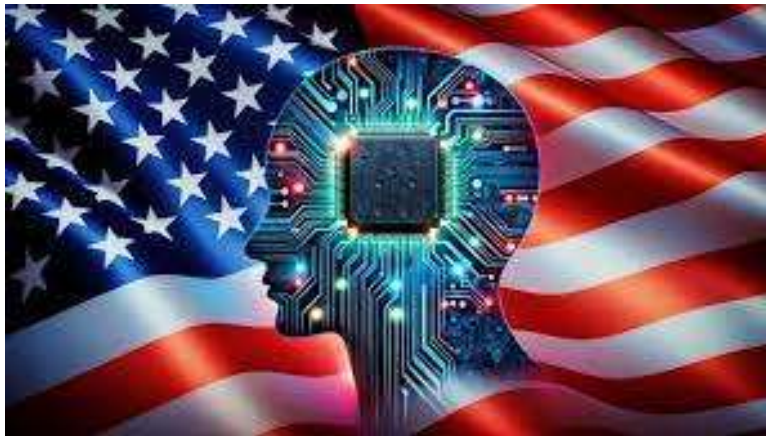
Data Centers



Drill Baby Drill



Stargate



500 Billiards \$

Abilene (Texas)

10 bâtiments de 45.000 m²

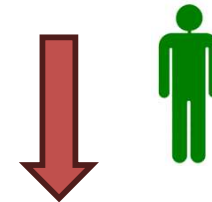
Data Center Arcadis

PUE = 1,15

1,35 TWh/an



745.000 T CO2/an



100.000 pers !!



Prélèvement & Consommation

Prélèvement

Data centers monde (2023)

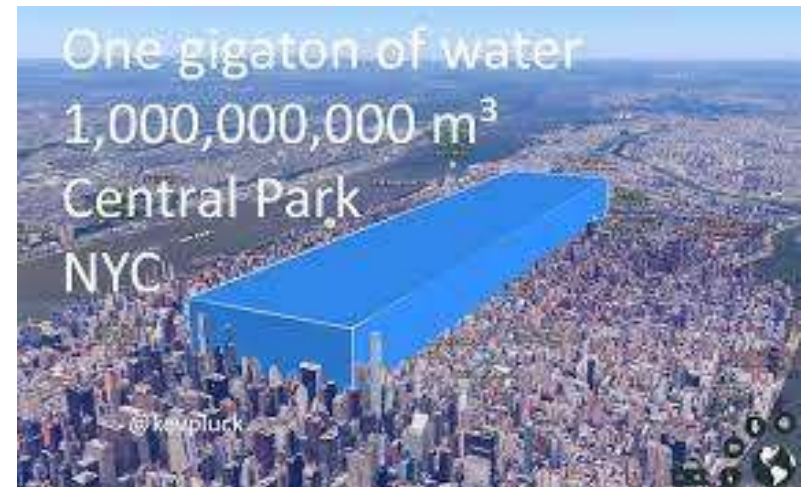
Mine Palabora (Afrique du Sud)

1,8 km x 1,6 km x 760 m

1.300.000.000 m³/an !!

1,3 G m³/an

Projection 2027 ? x 3-5





Consommation IA

Entrainement IA $GPT-3 : 700 \text{ m}^3 \rightarrow GPT-4 : 2.700 \text{ m}^3$

Estimated # of GPT-3 Inferences for 500mL Water

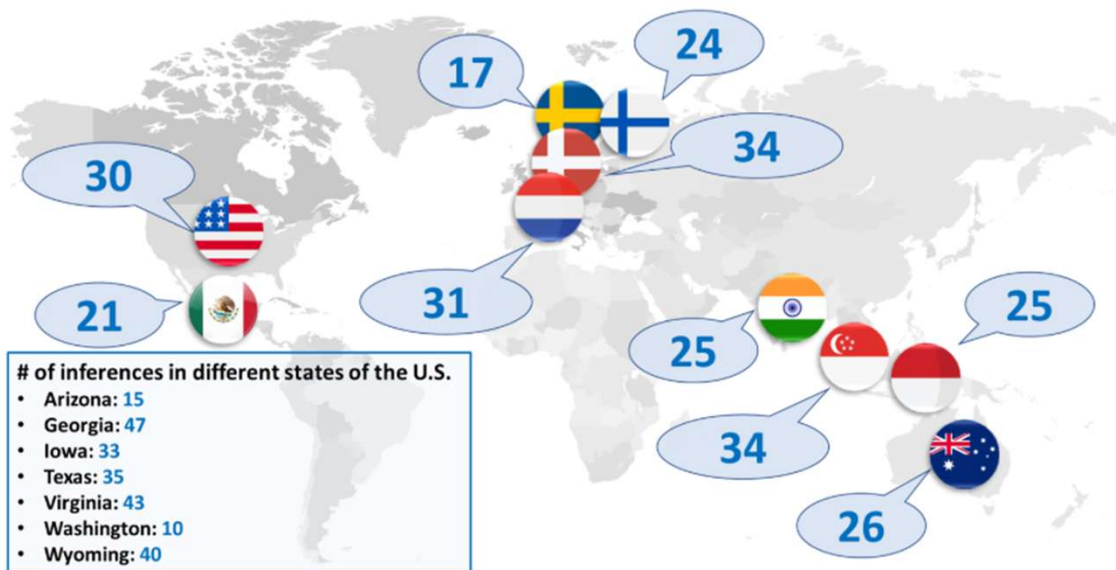


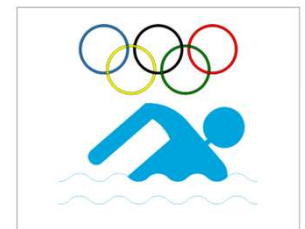
Figure 2: Estimated number of GPT-3 inferences for each 500mL of water consumption (scope-1 and scope-2 water consumption).

Inférence IA

10-50 requêtes : 500 ml



900-5.000 x
Par jour



Eau



Vapeur d'eau

Rétroaction / GES

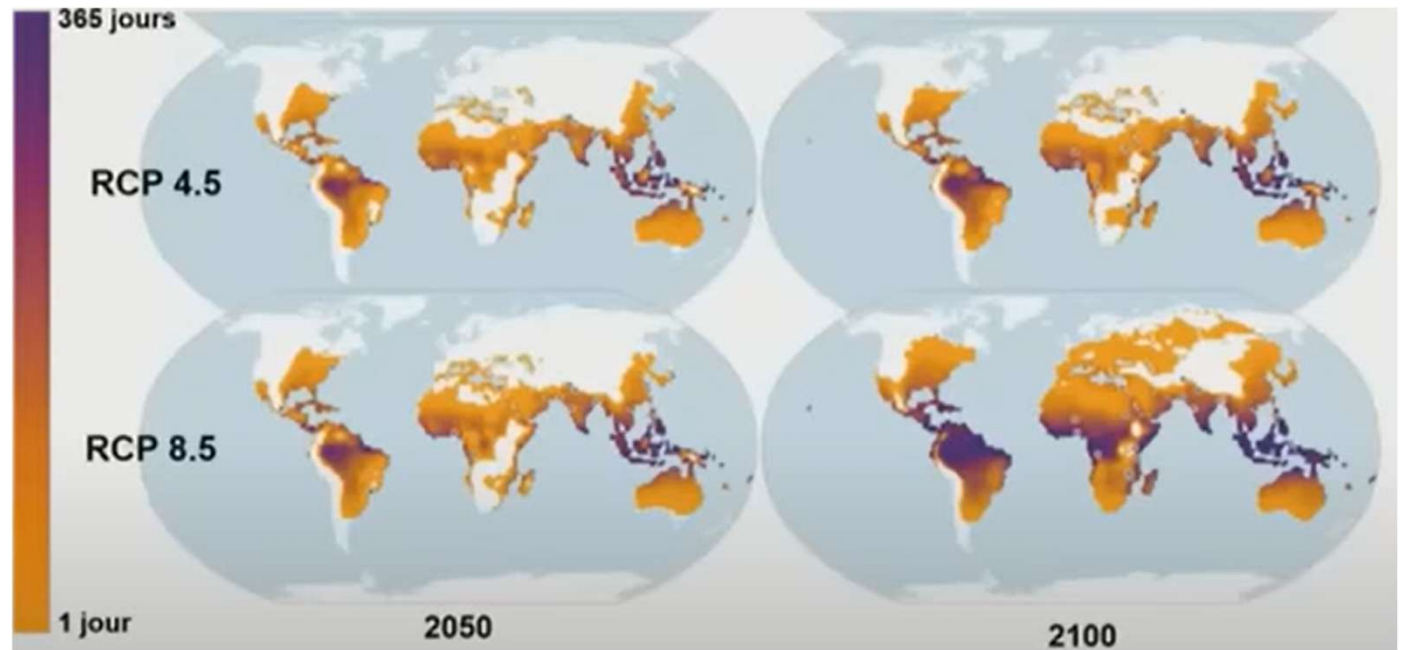


Scenario 1 : RCP 4,5 (+2°C)

Scenario 2 : RCP 8,5 (+4°C)

*Conditions inhabitabilité
1 Milliards de personnes*

➤ *Solutions ?*

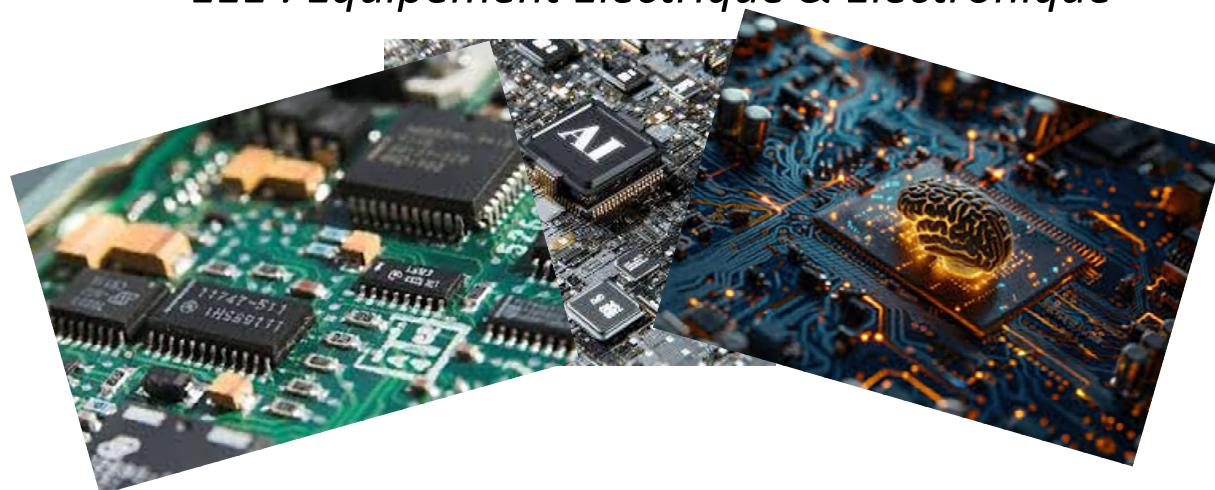


Matières premières



***Emissions
VS
Cycle de Vie***

EEE : Equipement Electrique & Electronique



« Est-ce qu'une croissance *infinie* (nature, énergie, ...) est possible dans un monde *fini*? »



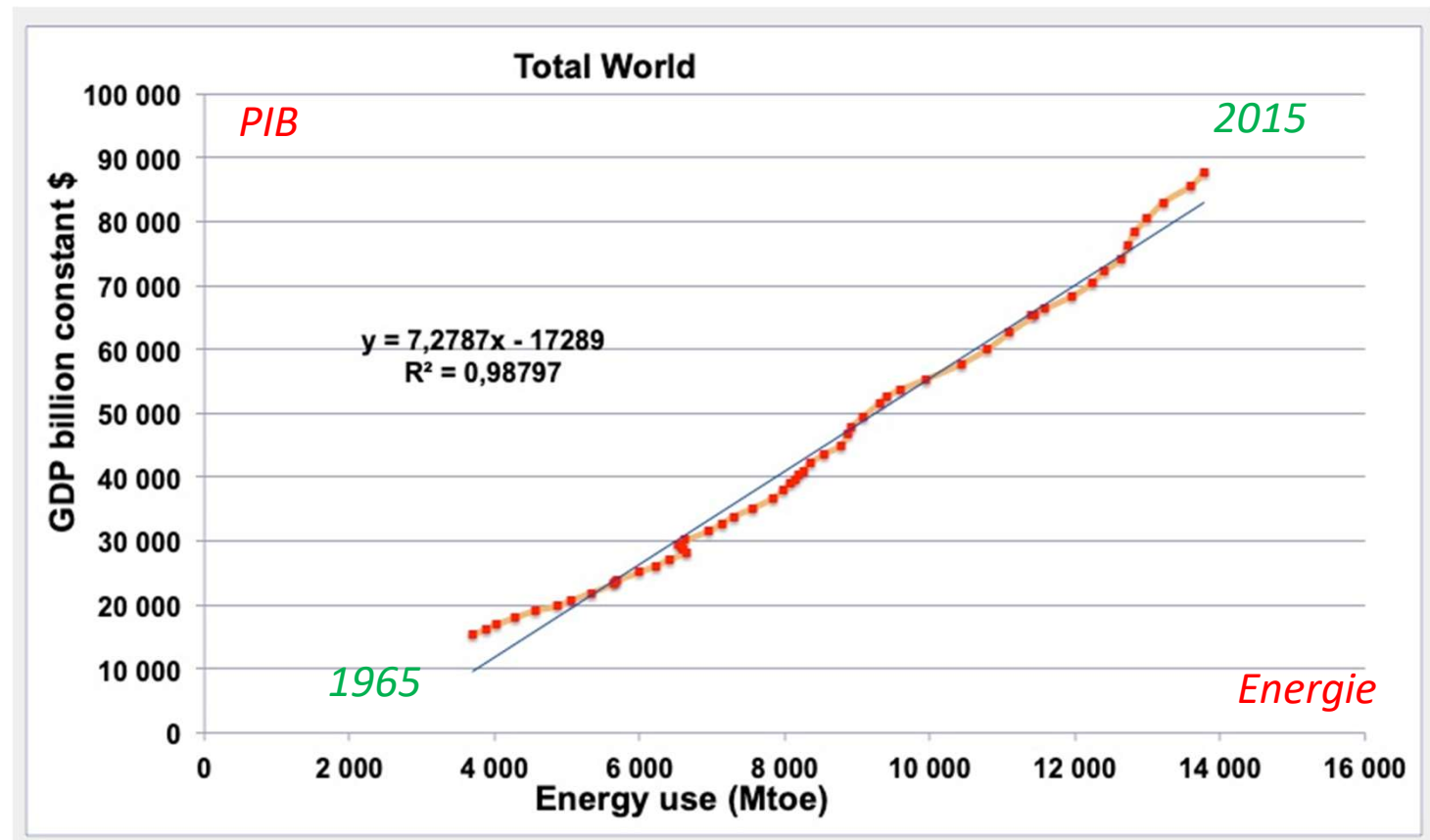
Matières premières



Postulat Economie mondiale



Croissance
infinie dans un
monde fini !!



Shift Project

Matières premières

Quantité



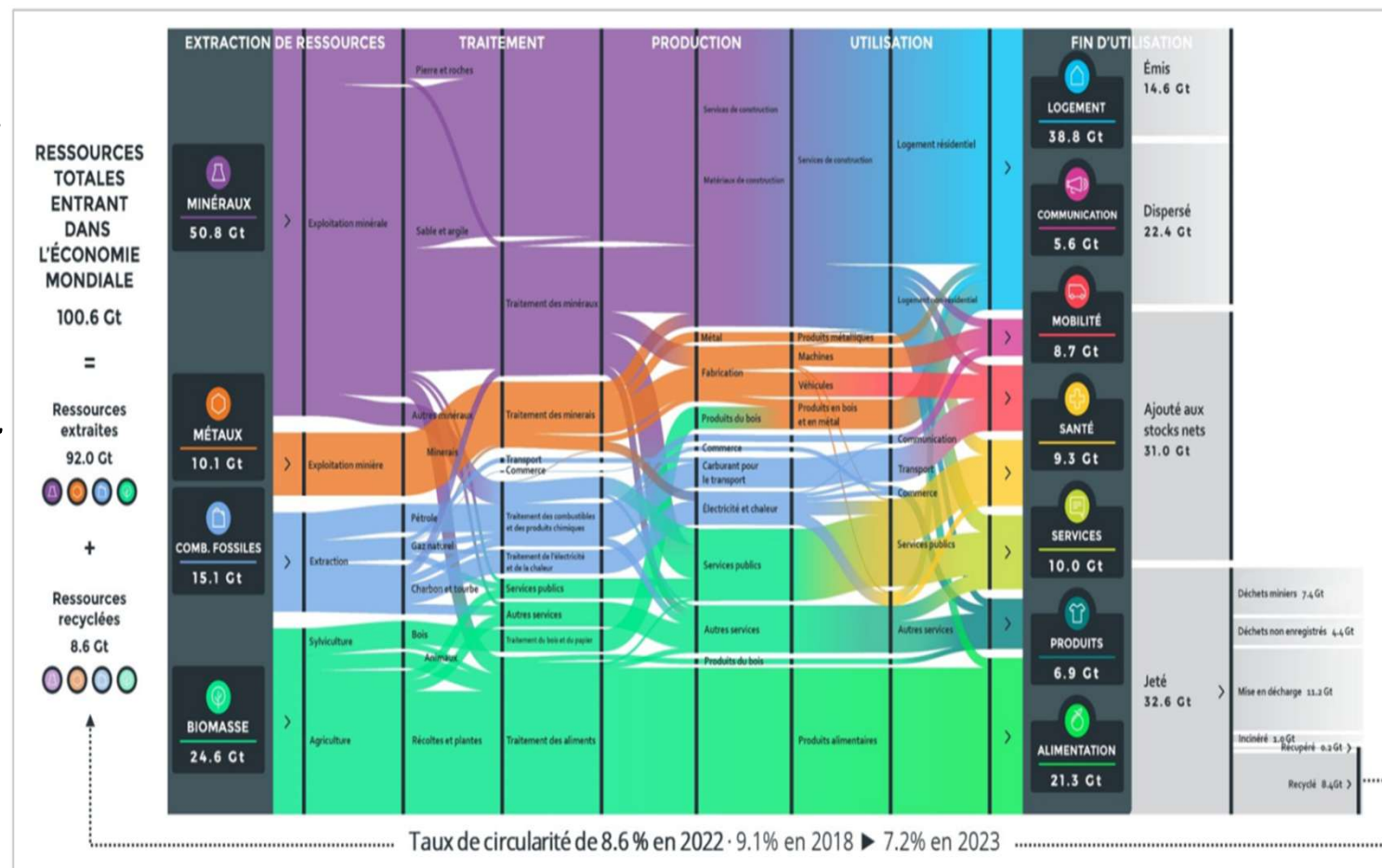
2022 : 100 GT



2050 : 180 GT

Taux circularité

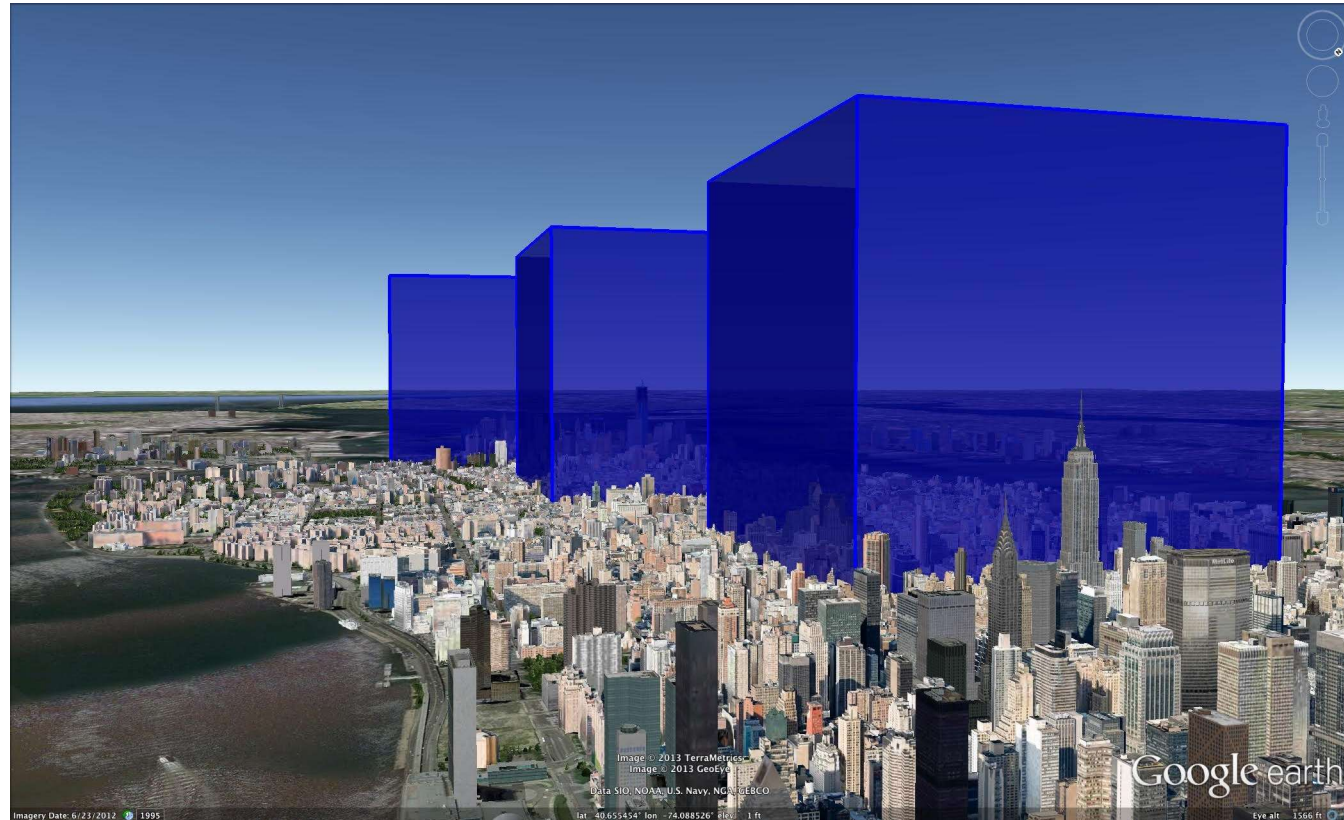
<10 % & ↓



Matières premières



3 GT



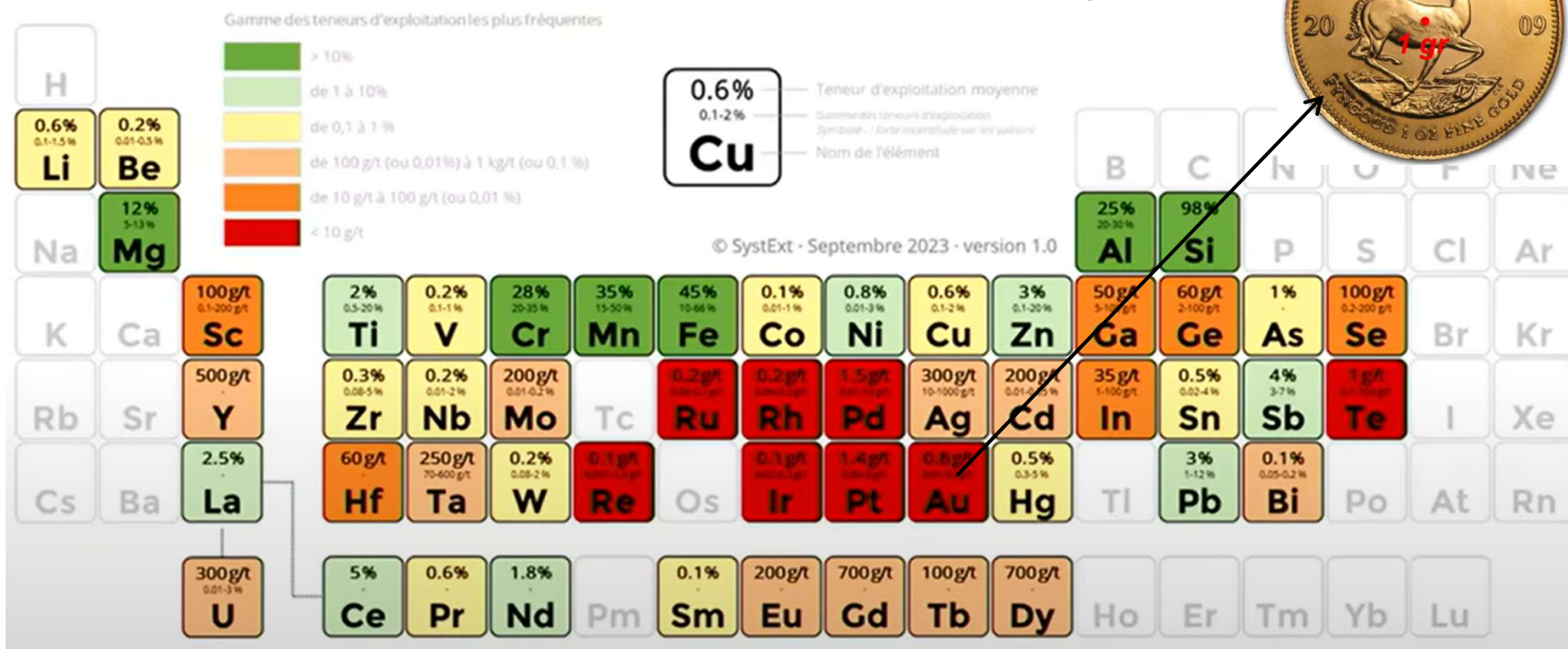
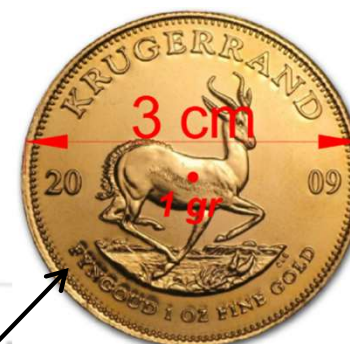
Matières premières

Extraction minière



Or : 0,8 gr / Tonne

Diamant : 0,01 gr / Tonne



SystExt

Matières premières



*Etapas extraction mine → broyer 100-200 μ
→ Nombreux traitements chimiques*



Mine de cuivre Palabora



Matières premières

Consommation eau

Traitement eau douce < 10 x Traitement eau de mer

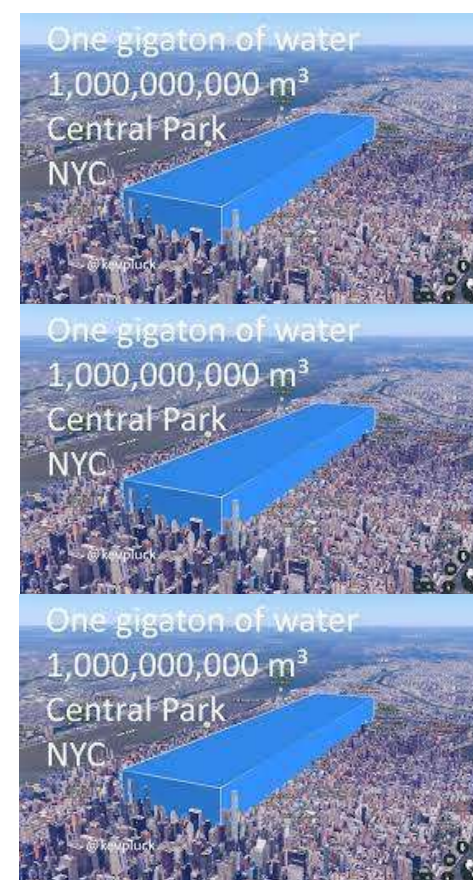


Eau douce *Eau de mer*

Figure 9 - Évolution de l'utilisation d'eau du secteur minier du cuivre au Chili (COCHILCO, 2016)



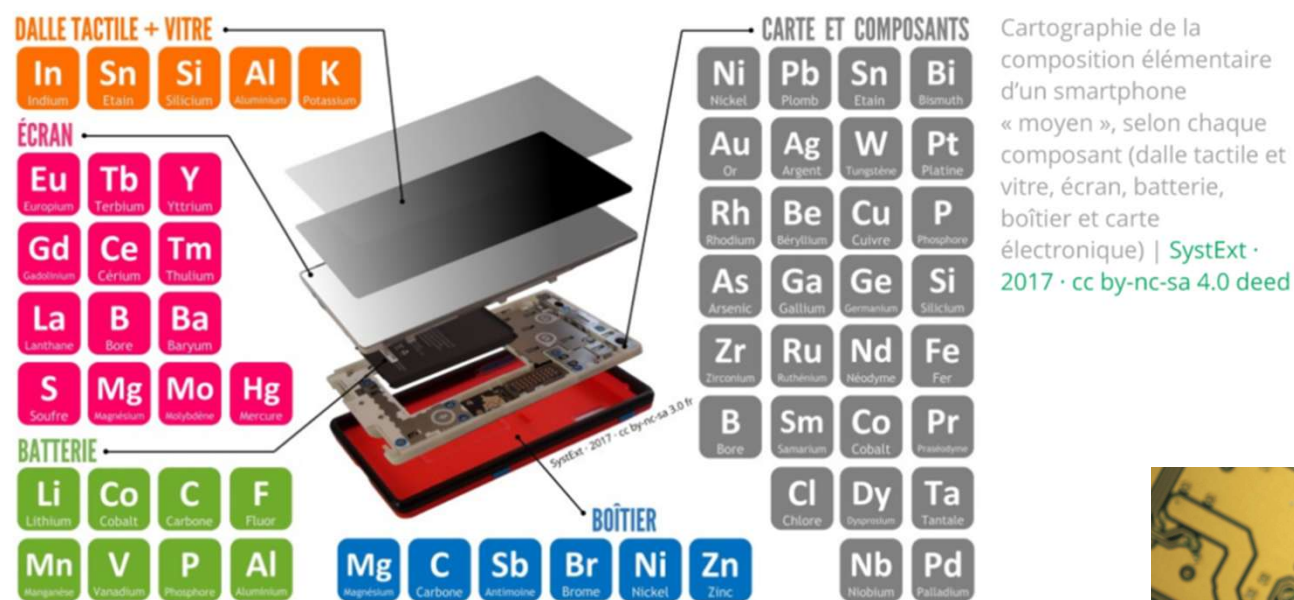
Consommation annuelle
Mines de Cuivre
3,3 Milliards de m³ / an



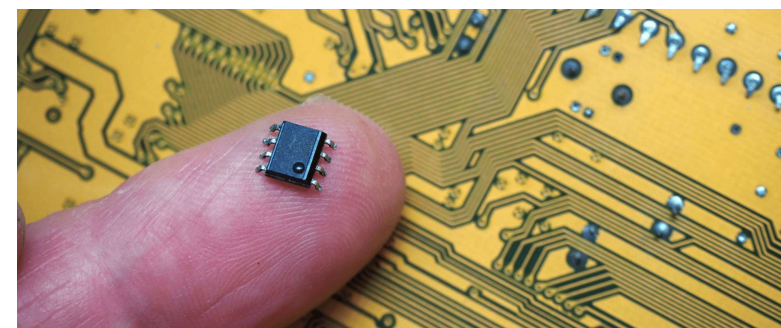
Matières premières



Complexité



Miniaturisation



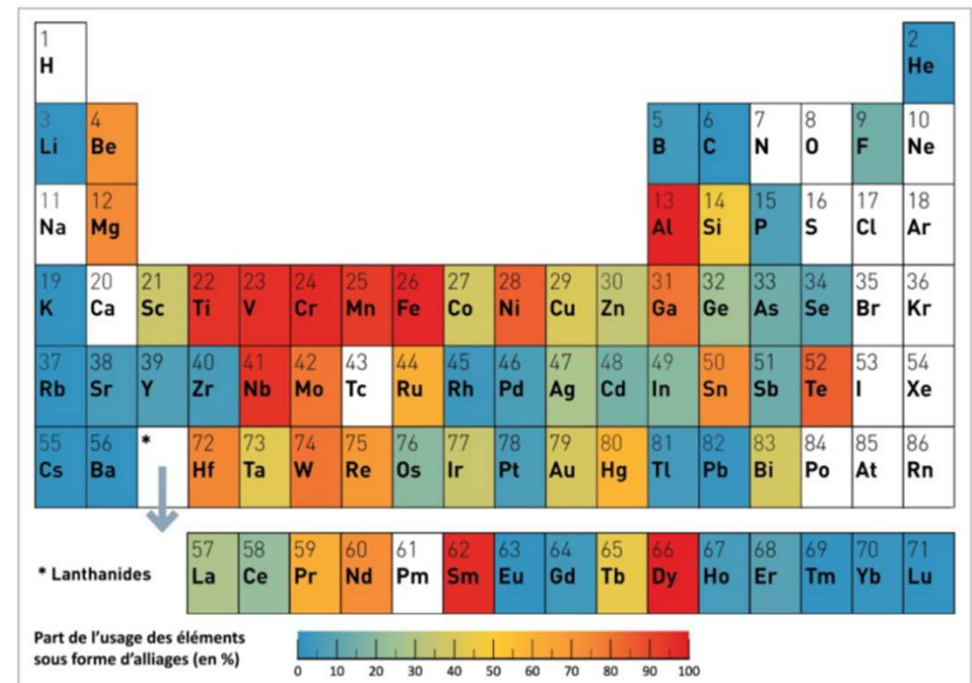
1990 : 30 métaux
2020 : 50-60 métaux

Matières premières



Alliages

- *Technologique VS efficacité*
- *Jusqu'à 10 à 15 métaux*
- *> 3.0000 types d'alliages rien qu'en Aluminium*



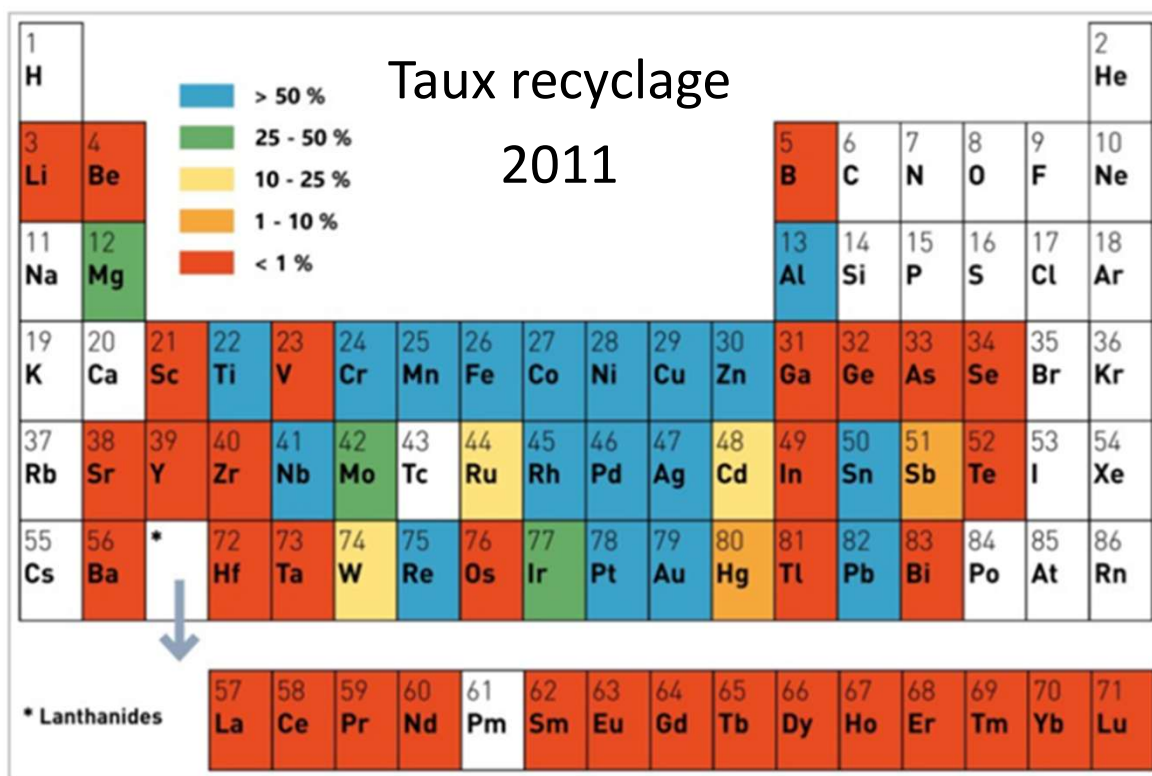
Pyrométallurgie ou Hydrométallurgie

SystExt

Matières premières

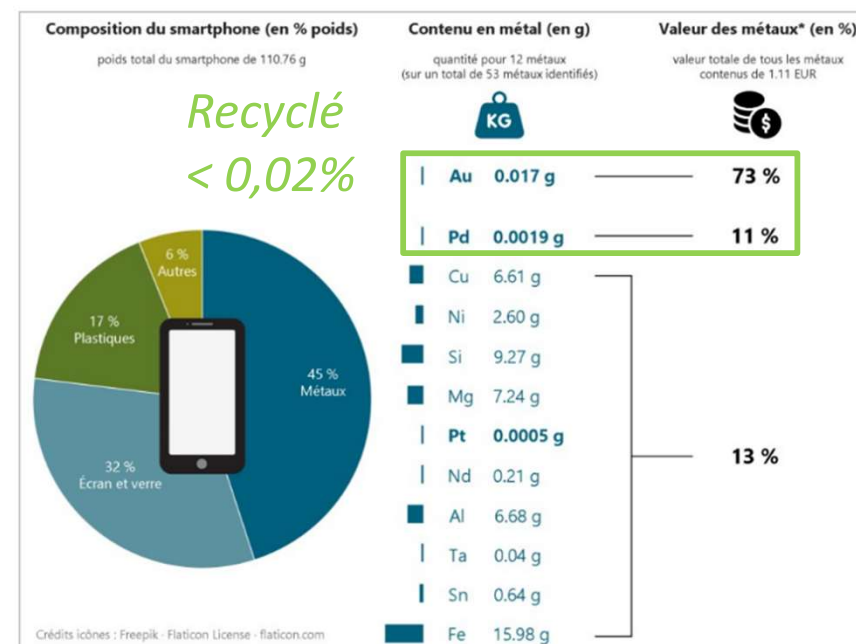


Recyclage ? En poids mais pas en usage



SystExt

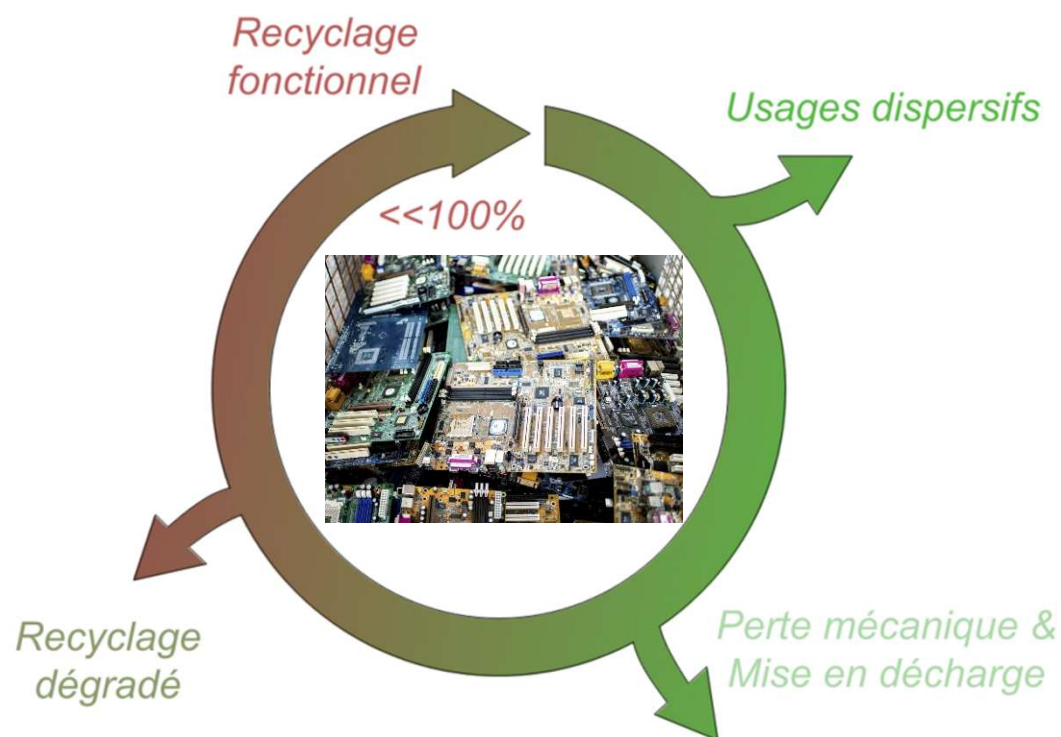
Palladium / Or / Cuivre > 95 % de la valeur de tous les métaux recyclés



Matières premières



Recyclage ?



Recyclage VS efficacité



8.000 h

Recyclable



40.000 h

Jetable

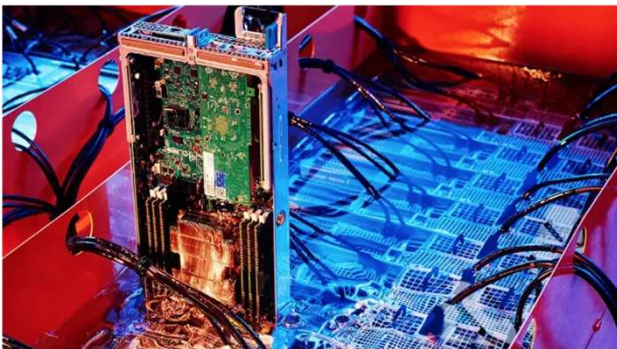
Matières premières

Déchets numériques





Technologies ?



Effet rebond



500 kg \rightarrow 5 L/100 km
6.500 km /an



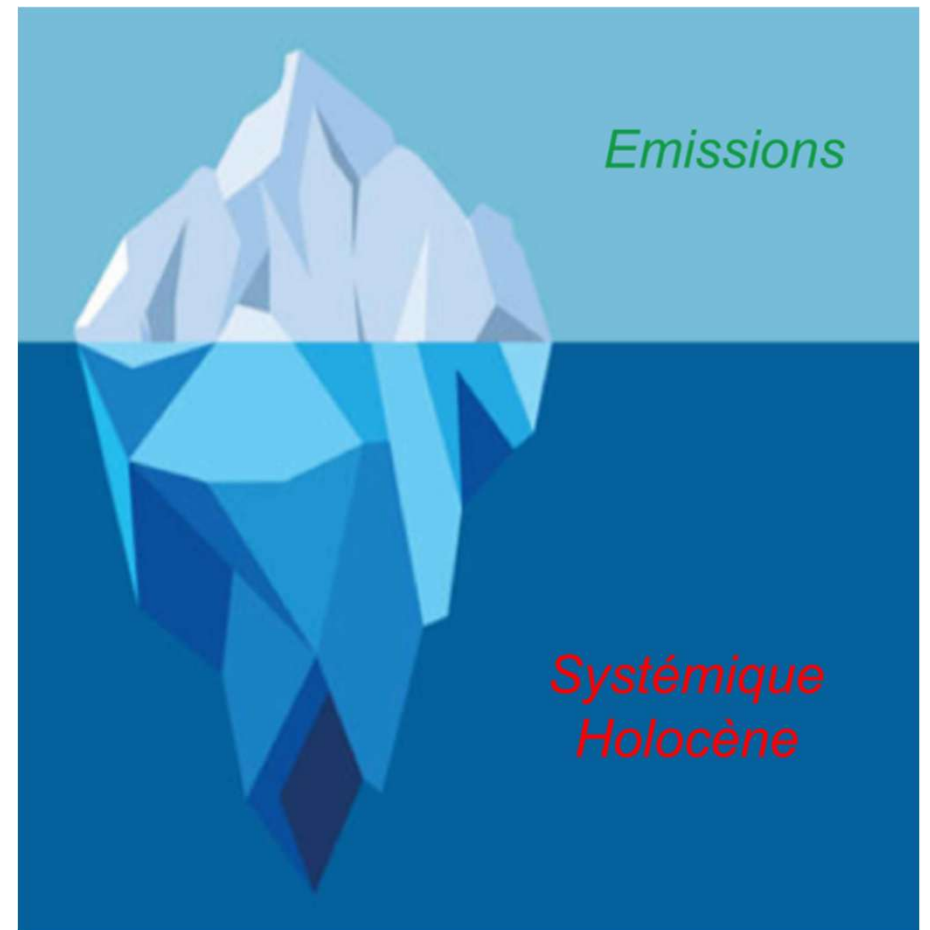
1.200 kg \rightarrow 5 L/100 km
13.500 km /an

Gain énergétique ?

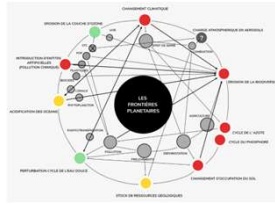
- *Limiter et réguler l'usage de l'IA ;*
- *Ne pas déplacer le problème d'émission vers un problème de matières premières ;*
- *Revoir nos modes de conception pour \uparrow taux de recyclage des composants ;*

Merci de m'avoir écouté

... Sauf que ...



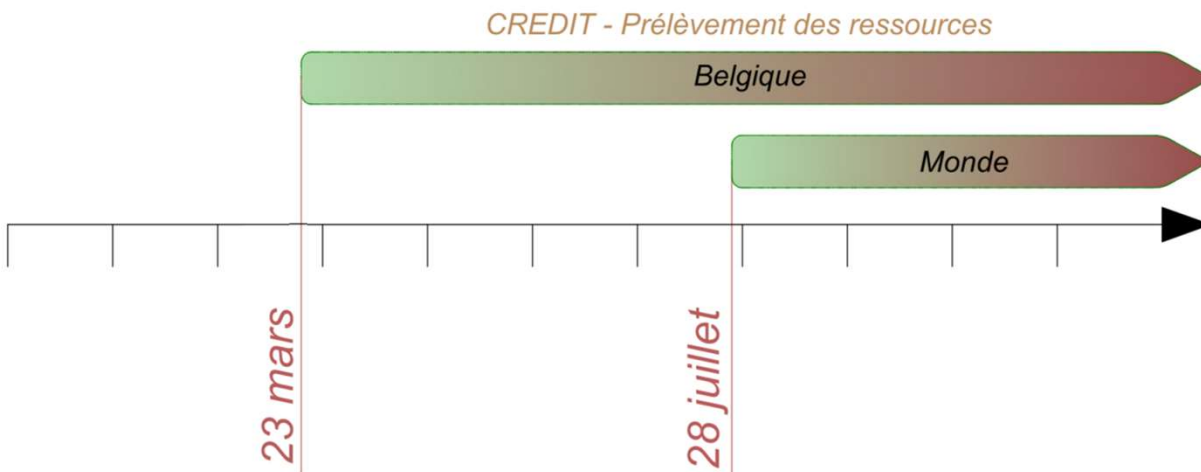
Systemique



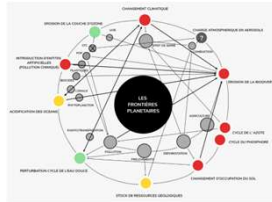
Ressources



Déchets



Systemique

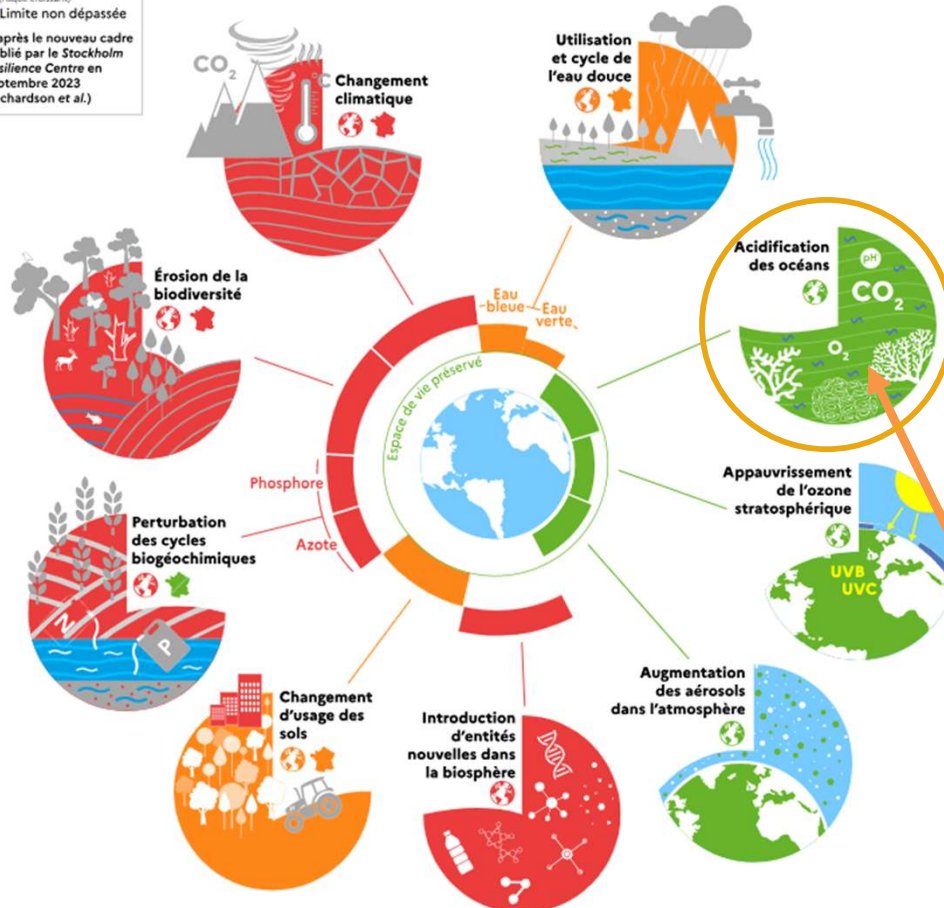


Evolution

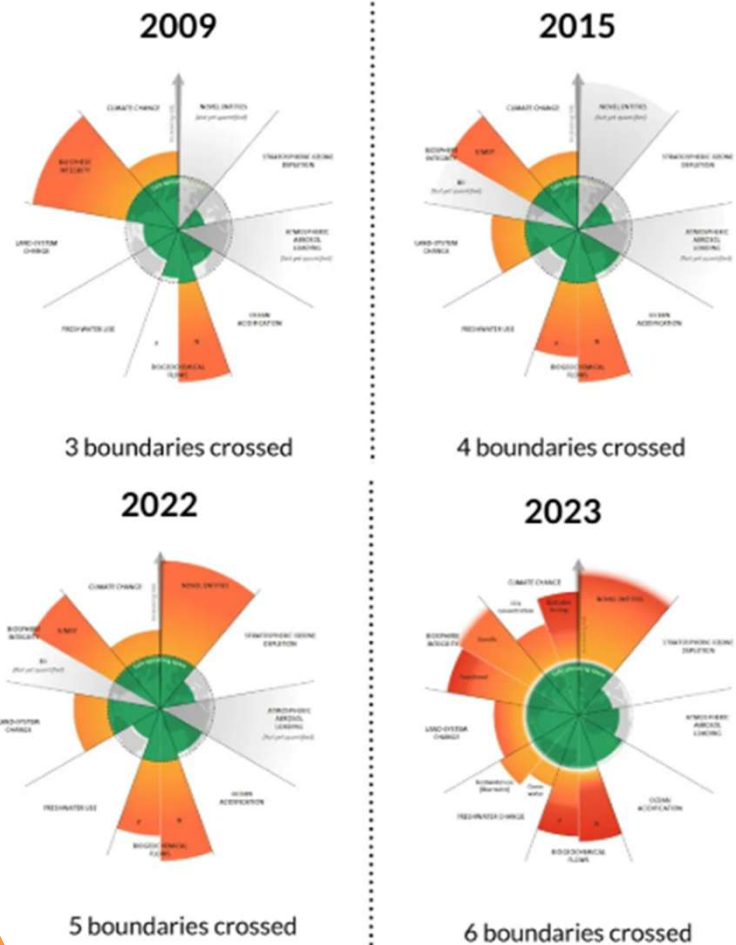
Les 9 limites planétaires

■ Limite dépassée (siqne élevée)
■ Limite dépassée (risque croissant)
■ Limite non dépassée

D'après le nouveau cadre publié par le Stockholm Resilience Centre en septembre 2023 (Richardson et al.)

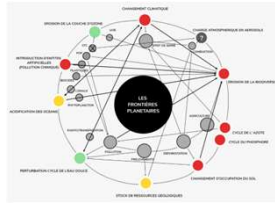


Source : CGDD, 2023



2024 : 7ème limite dépassée

Systemique

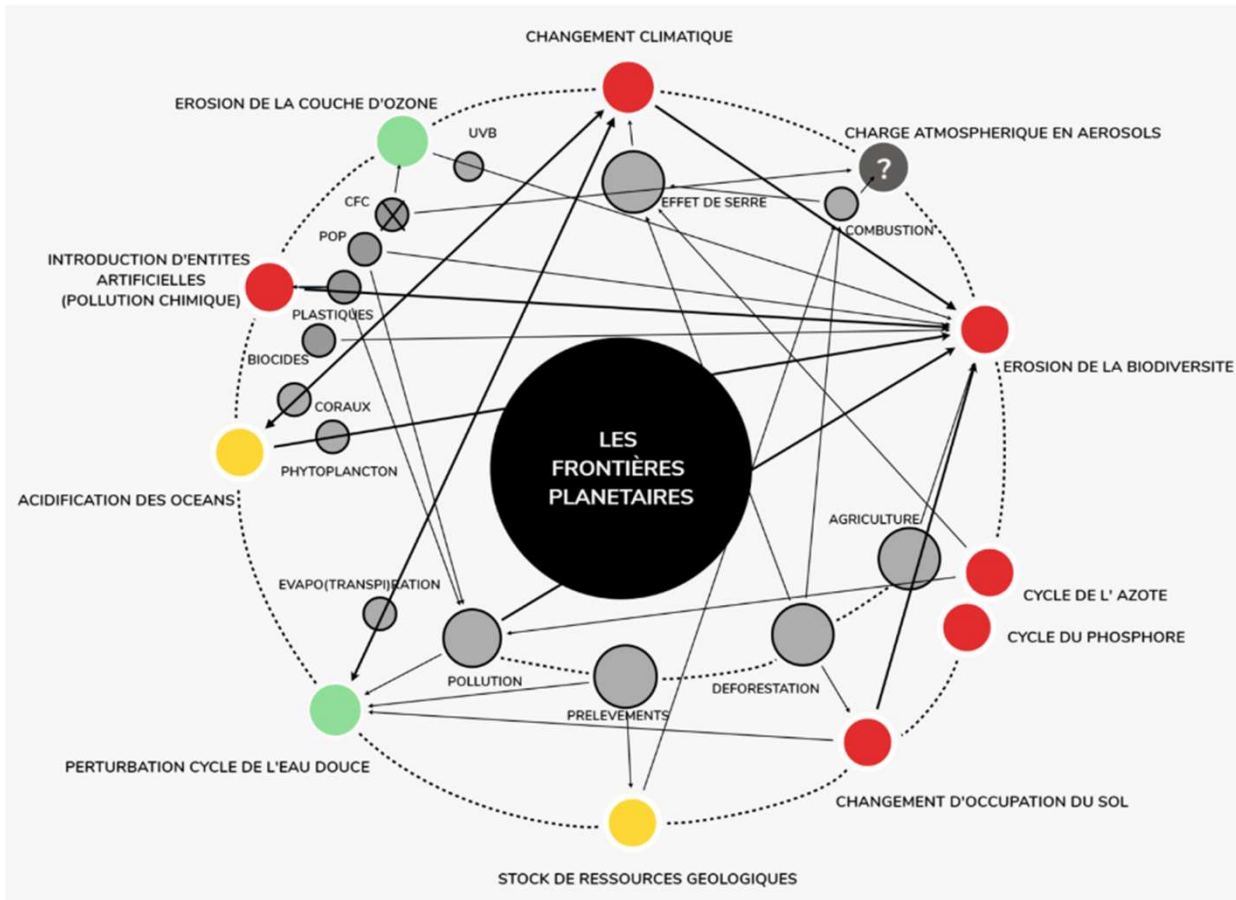
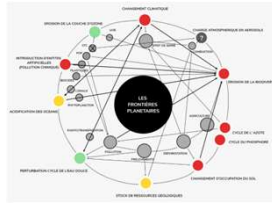


Symptômes VS Maladie



Et si cancer généralisé ?

Systemique



*Système Terre (Holocène)
complexe & limites inter-
connectées*

Conclusion



Merci de m'avoir écouté
... pour de bon cette fois-ci

Et pour tous celles et ceux que cela peut intéresser, je peux fournir l'ensemble des données récoltées et des sources d'informations que j'ai consultées.