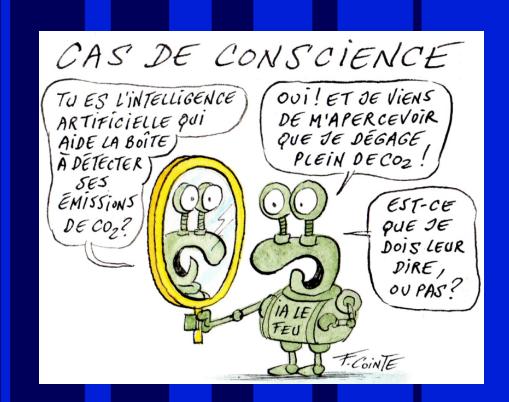


Dynamique du système numérique et impact environnemental : trouver un équilibre ?

Céline Lescop

ARISTOTE - Transition numérique et écologique : un oxymore ?

23 Juin 2022



The Shift Project

Un think tank qui œuvre en faveur d'une économie post-carbone

Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, notre mission depuis 2010 est d'éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique en Europe.

ÉCLAIRER D'ABORD...

- Nous constituons des groupes de travail autour des enjeux les plus délicats et les plus décisifs de la transition vers une économie post-carbone
- Nous produisons des analyses robustes et chiffrées sur les aspects clés de la transition
- Nous élaborons des propositions innovantes, avec le souci d'apporter des réponses à la bonne échelle

...INFLUENCER AUSSI

- Nous menons des campagnes de lobbying pour promouvoir les recommandations de nos groupes de travail auprès des décideurs politiques et économiques
- Nous organisons des événements qui favorisent les discussions entre parties prenantes
- Nous bâtissons des partenariats avec les organisations professionnelles, le monde universitaire et des acteurs internationaux

AIDÉ D'UNE ARMÉE DE BÉNÉVOLES



The Shifters, c'est un réseau international de **plusieurs milliers** de bénévoles dont la mission est : d'**appuyer le Shift** dans ses travaux, de s'**informer**, débattre et se former sur l'économie, l'énergie et le climat, et **diffuser** les idées et travaux du *Shift*.

Plus de 70 événements depuis 2010

40 projets initiés en 10 ans

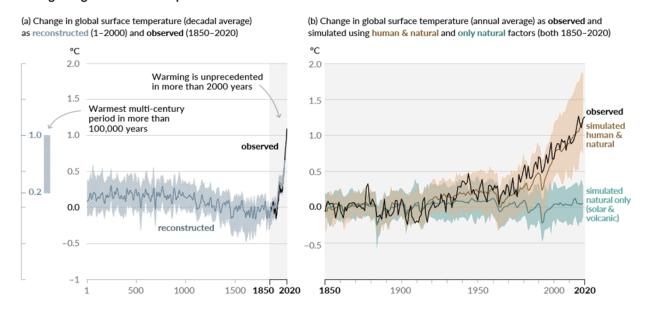


36 entreprises mécènes depuis 2010

Pourquoi faut-il se préoccuper de l'impact environnemental du numérique ?

Human influence has warmed the climate at a rate that is unprecedented in at least the last 2000 years

Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

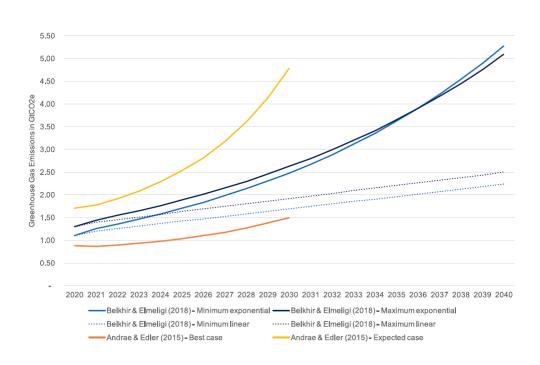


IPCC Climate Change Report 2021

Intergovernmental Panel on Climate Change

- "It is unequivocal that human influence has warmed the atmosphere, ocean and land. Widespread and rapid changes in the atmosphere, ocean, cryosphere and biosphere have occurred."
- Need to decrease before 2025 for a sustainable future (+2°C, the upper bound stated in the Paris Agreement)

Les émissions de GES dues au numérique



(1) The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations – Lancaster University

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666389921001884 (2) https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC AR6 WGIII FinalDraft Chapter05.pdf

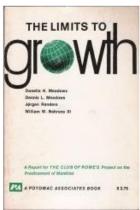
ICT represent 2.1 to 3.9% of total GHG emissions

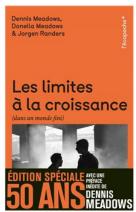
And is projected to raise by 6% each year

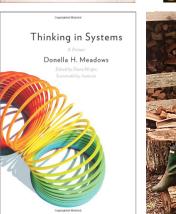
- All analysts agree that ICT emissions will not reduce without major concerted efforts involving broad political and industrial action
- "Estimating digitalisation's direct energy demand has historically been hampered by lack of consistent global data on IT device stocks, their power consumption characteristics, and usage patterns. [...] As digitalisation proliferates, an important policy objective is therefore to invest in data collection and monitoring systems and energy demand models of digitalised systems to guide technology and policy investment decisions for addressing potential direct energy demand growth and potentially concomitant growth in e-waste"

(from IPCC AR6 WGIII - Chapter 5 (2))

Prenons une perspective systémique sur le numérique









1ère édition: 1972 - The Limits to Growth is a 1972 report on the **exponential economic and population growth** with a **finite supply of resources**, **studied by computer simulation** (...) The model was based on the work of **Jay Forrester** of MIT: as described in his book **World Dynamics**.

System thinking: The System Lens by Donella Meadows

You can see some things through the lens of the *human eye*, other things through the *lens of a microscope*, other through the *lens of a telescope*, and still others through the *lens of system theory*.

At a time when the world is more messy, more crowded, more interconnected, more interdependent and more rapidly changing than ever before. **The more way of seeing the better.**

The system-thinking lens allows us to reclaim **our intuition** about whole systems and :

- Hone our abilities to understand parts
- See interconnections
- · Ask "what if" questions about possible future behaviors, and
- Be creative and courageous about system redesign

"Hone our abilities to understand the parts"

S'améliorer dans la compréhension des différentes parties du système



Qu'est-ce qu'un système?

Un **système** est un ensemble d'**éléments interconnectés** et organisés de façon cohérente pour atteindre un but.

Un système peut être décrit comme une structure de stocks et de flux. Ses stocks représentent son état, ses flux entrants ou sortants sont le reflet des évolutions sur les volumes des stocks.

Les flux ont une temporalité et dépendent des paramètres du système

Les **paramètres** règlent **la vitesse d'écoulement** entrant ou sortant des volumes des stocks

Un système peut être stable dans sa dynamique, lent ou rapide c'est-à-dire déséquilibré

> Regardons « les stocks » du système numérique

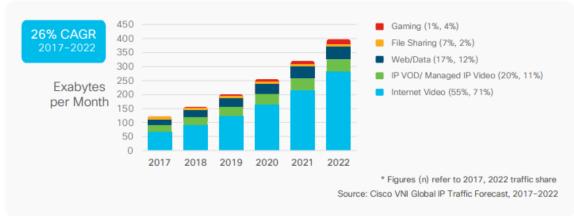


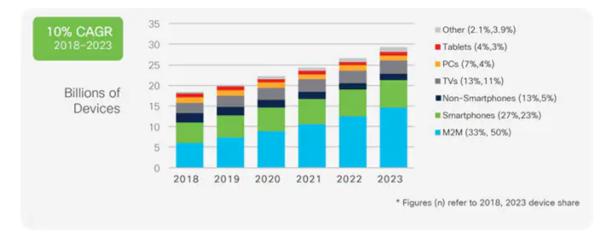
Diapositive 12.

Source – Cours de Jean-Marc JANCOVICI au Mines https://jancovici.com/publications-et-co/cours-mines-paris-tech-juin-2019/

Le trafic réseau



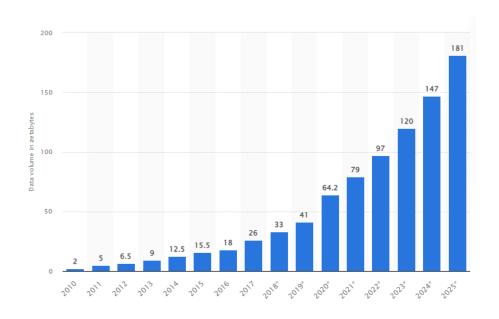




 Applications traffic growth : Exabytes per month

 Global device and connection growth : Billions of Devices

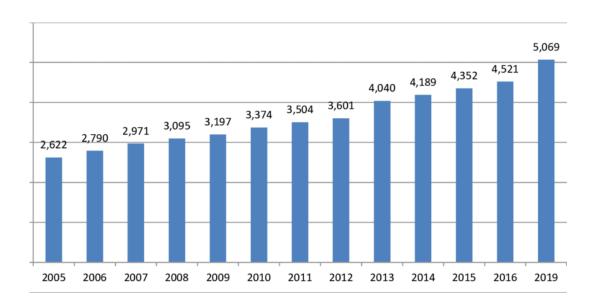
Volumes de données



 Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2025(in zettabytes)

https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/

Les revenus de l'industrie du numérique





Global ICT industry revenue, 2005-2019 (in billion USD)

https://www.researchgate.net/figure/Global-ICT-industry-revenue-2005-2019-in-billion-USD_fig1_324167731 https://www.cafedelabourse.com/actualites/societes-plus-grandes-capitalisations-boursieres

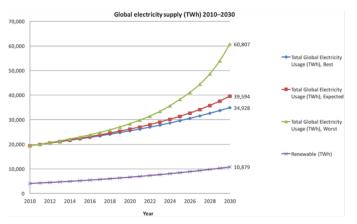
Les États-Unis sont les grands gagnants de ce classement puisque ce sont eux qui hébergent le plus de grandes sociétés mondiales selon leur capitalisation boursière. En effet, 12 des 16 plus grands groupes mondiaux sont américains, dont les fameux <u>GAFAM</u>: Google (Alphabet); Apple ; Facebook (Meta); Amazon ; et Microsoft.

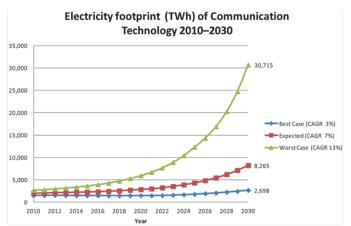
Notons également que Tesla a su se hisser rapidement à la 6ème place du classement grâce à la fulgurante croissance de sa capitalisation boursière multipliée par 9 depuis début 2020 pour s'établir actuellement à plus de 1 100 milliards de \$.

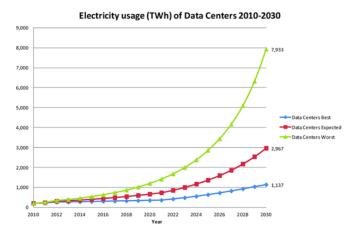
Le fabricant de puces graphiques Nvidia dispose également d'un bon positionnement, fort d'une capitalisation proche des 800 milliards de \$.

Electricité

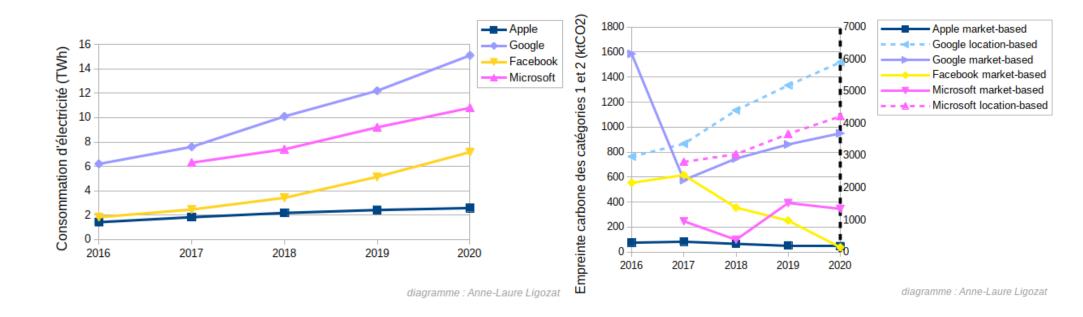
- Global electricity supply (TWh) 2010-2030: renewables are not on the trend to solve the problem
- Electricity footprint (TWh) of Communication Technologies 2010-2030
- Electricity usage (TWh) of Data Centers 2010-2030





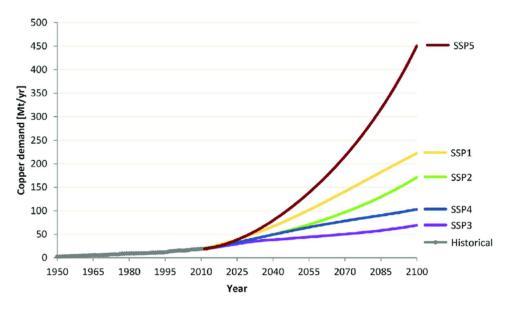


La consommation d'électricité des GAFAM



https://ecoinfo.cnrs.fr/2022/03/17/les-neutralites-carbone-des-entreprises-du-numerique/

Le cuivre



Historical global copper production and predicted annual global copper demand for SSP1-5 from regressions (top-down approach) with GDP and population as explanatory variables.

https://www.researchgate.net/figure/Historical-global-copper-production-and-predicted-annual-global-copper-demand-tor-SSP1-5_fig1_324867279

Like gold and silver, copper is an excellent conductor of heat and electricity. It is also very malleable and ductile. Copper is also resistant to corrosion (it does not rust very easily).

Copper is used in electrical generators and motors for electrical wiring and in electronic goods, such as radios and TVs.

Copper also conducts heat well, so it is used in motor vehicle radiators, air-conditioners and home heating systems.

https://www.ga.gov.au/education/classroom-resources/minerals-energy/australian-mineral-facts/copper#:~:text=Uses,conditioners%20and%20home%20heating%20systems.

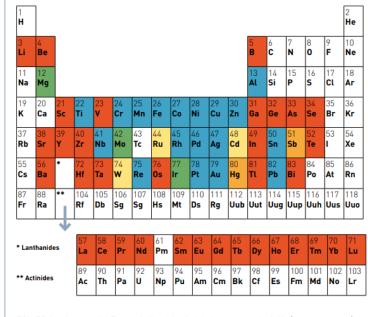
Tout, que ce soit la fabrication des équipements numériques ou de l'électricité est aussi une histoire de **métaux**





« Mega Mine » de cuivre de Palabora, Afrique du Sud, 4,1 millions de tonnes de cuivre extraites ; à gauche : représentation imagée de la quantité de cuivre métal produite par la mine jusqu'à environ 2007 (© Dillon Marsh · Mise à disposition par le photographe · dillonmarsh.com) : à droite : Vue satellitaire de la mine et mise en évidence de l'emprise en surface des déchets miniers (© Google 2021) | Création : SystExt · Septembre 2021 -

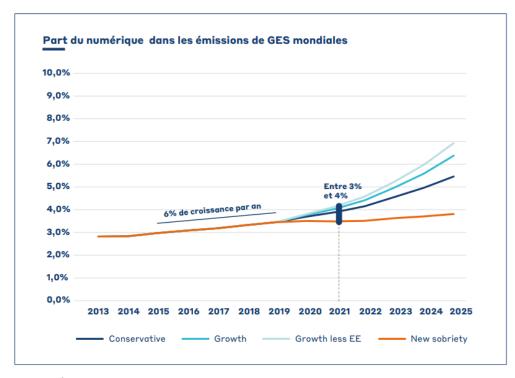
https://www.systext.org/node/1785 https://www.systext.org/sites/all/documents/RP SystExt Controverses-Mine VOLET-1 Nov2021 vf.pdf



EOL-RR for sixty metals: The periodic table of global average end-of-life (post-consumer) functional recycling (EOL-RR) for sixty metals. Functional recycling is recycling in which the physical and chemical properties that made the material desirable in the first place are retained for subsequent use. Unfilled boxes indicate that no data or estimates are available, or that the element was not addressed as part of this study. These evaluations do not consider metal emissions from coal power plants.

EOL-RR : End Of Life – Recycling Rate of 60 metals by UNEP - 2011

Emissions de gaz à effet de serre



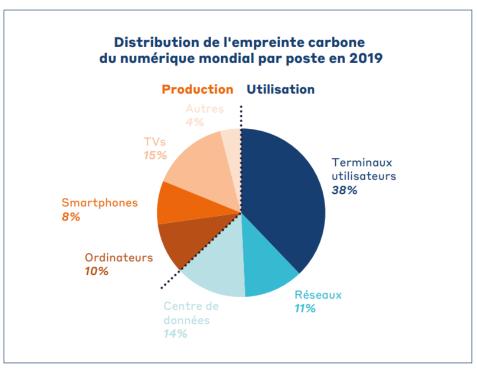


Figure 2 : Évolution 2013-2025 de la part du numérique dans les émissions de GES mondiales (The Shift Project - Forecast Model 2021)

Figure 3 : Distribution de l'empreinte carbone du numérique mondial par poste en 2019 (The Shift Project – Forecast Model 2021)

https://theshiftproject.org/article/impact-environnemental-du-numerique-5g-nouvelle-etude-du-shift/

"See interconnection"

Identifier les interconnections ... les boucles de rétroactions positives qui « expliquent » les phénomènes exponentiels



Les stocks du système numérique sont dans une dynamique de croissance intense...s'alimentant les uns et les autres avec des boucles de rétroaction positives...le secteur du numérique doit stabiliser cette dynamique

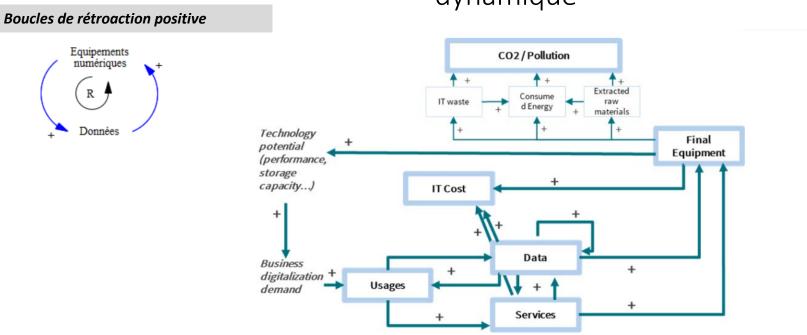


Figure 10 - System Thinking applied to the Information System of an organization - inspired by Thinking in Systems by

Donella Meadows (Meadows, D., 2008)

Source: The Shift Project, production du groupe de travail

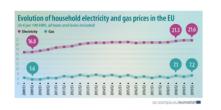
https://theshiftproject.org/article/deployer-la-sobriete-numerique-rapport-shift/

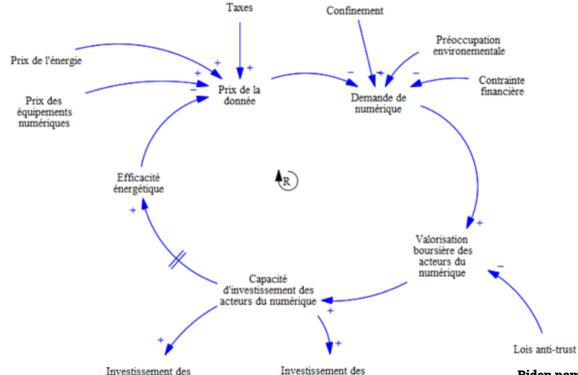
« Causal Loop Diagram » et leviers

acteurs du numérique

dans les énergies

renouvelables





acteurs du numérique

dans les solutions de

captage du CO2





Biden nomme un critique de Google comme "tsar" de l'antitrust

WASHINGTON (Reuters) - Le président américain Joe Biden a nommé mardi l'avocat Jonathan Kanter comme chef de l'antitrust au sein du département de la Justice, un signe supplémentaire suggérant la détermination de la Maison blanche à superviser les multinationales, principalement les géants du numérique.

Google

Alphabet, a producer of renewable energy

"Ask "what if" questions about possible future behaviors"

Se projeter dans différents scenarios selon différentes hypothèses



Signaux systémiques d'arrivée aux limites



Davos Agenda 2022 Global Health Fourth Industrial Revolution

Global chip shortages: Why supplies must be prioritized for healthcare capabilities



24 May 2022

Frans van Houten
Chief Executive Officer, Co-Chair PACE, Royal Philips





Take action on UpLink

his article is part of the World Economic Forum Annual Meeting

- The medical technology industry represents just 1% of the current total chip supply.
- As healthcare systems address pandemic-induced patient backlogs, the demand for these chips is expected to double between 2021 to 2028.
- The European Commission has issued a recommendation to Member States to address chip shortages and prioritize supplies for the healthcare sector.

The severe global shortage of chips threatens to disrupt the manufacturing of life-saving medical devices and systems. If we fail to take immediate action to address this shortage, it will impact patients in all conners of the world.

Chips, also known as semiconductors, are often referred to as the brains powering modern processing the small worders are sessarial components in viral medical equipment and systems, such as ultrasound devices that examine an unborn baby's development, defibrillator stat. respond to sudden cardiac arrest, and estate monitors that assess a patient's viral aigns in the intensive care unit DCUI, in the ICU, astient's conditions can change on each object with a size of time data allows care teams to exerus that signs of describing are object to time data allows care teams to exerus that signs of describing on a continuous conditions are action to address only supply issues in the medical technology industry, we could see a serious shortage of these devices and many order.

Dutch government halts hyperscale data centers, pending new rules

After a nine month moratorium, new facilities will need a license

ebruary 17, 2022 By: Peter Judge O Commen



The Dutch government has announced it will impose stricter rules for hyperscale data centers - and has banned new projects for nine months, while the new rules are worked out.

The ban will not affect Facebook's effort to <u>build in Zeewolde</u>, though this currently <u>faces</u> <u>difficulties</u> due to a government land sale. Other previously approved plans will go ahead, and projects such as <u>Google's Groningen project</u>, and others in Middenmeer will be allowed to go ahead because these areas are exempt from the ban.

"Our space is limited, so we have to make the right choices," said housing and planning minister Hugo De Jonge in a letter to the House of Representatives, according to a report on the Netherlands government website. "Hyperscale data centers take up a lot of space and consume a disproportionate amount of available renewable energy. That is why the cabinet wants to prevent hyperscale data centers being built throughout the Netherlands."



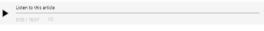
Dublin and data centers: The end of the road?

Ireland was all set to be a major hub. Then data center power demands came up against the limitations of the grid

May 24, 2022 By: Dan Swinhoe 🔘 Comment







Though Northern Virginia remains the capital of data centers, the key 'FLAP-D' markets in Europe (Frankfurt, London, Amsterdam, Paris, and Dublin), along with Singapore in Asia Pacific, continue to be major hubs for new development.

But success brings problems. While <u>Singapore Looks to emerge</u> from its three-year moratorium, existing markets such as Ireland, the Netherlands, and parts of Northern Virginia are seeing major pushback.

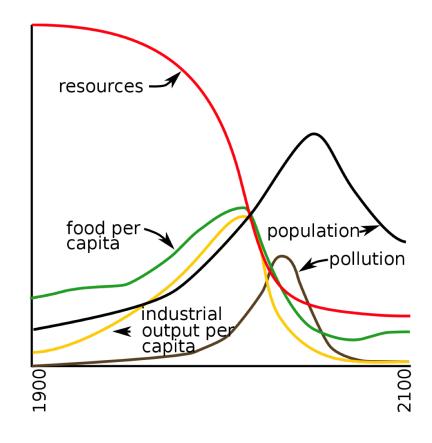
In Amsterdam, regulators are trying to create rules to limit data centers' demands for energy and land. In Virginia, local residents and some officials are opposing plans to expand the state's data center sprawl from Loudoun County into neighboring Prince William County on a massive scale.

https://www.weforum.org/agenda/2022/05/global-chip-shortages-put-life-saving-medical-devices-at-risk/ https://www.datacenterdynamics.com/en/news/dutch-government-halts-hyperscale-data-centers-pending-new-rules/ https://www.datacenterdynamics.com/en/analysis/dublin-and-data-centers-the-end-of-the-road/

Comportement d'un système quand il arrive aux limites

World Model Standard Run as shown in The Limits to Growth⁽¹⁾

- Pour « jouer » avec des World3 et « tester » différentes hypothèses https://insightmaker.com/insight/1954/The-World3-Model-Classic-World-Simulation
- (1) <u>https://en.wikipedia.org/wiki/The_Limits_to</u> Growth



Be creative and courageous about system redesign



Être créatif et courageux pour reconcevoir le systèmes

LE NUMERIQUE EST UNE RESSOURCE NON RENOUVELABLE A ECONOMISER

Solutions :

- Définir les usages « essentiels » : se nourrir, se soigner, s'éduquer, comprendre le monde...
- Eliminer les équipements numériques superflus
- Eliminer les usages du numérique superflus
- Faire durer au maximum les équipements numériques
- Concevoir des équipements réparables, recyclables
- Mesurer: les GES au total (fabrication et électricité location based), la consommation d'électricité, les poids de déchet, les volumes de données, nombre d'équipements, trouver un prospectif fiable sur les mix électriques...
- REGULER
- SE FORMER TOUS
- Optimiser: uniquement l'essentiel
- Mettre en place une gouvernance : pour orienter la dynamique du système vers un état stable

- Impasses ..qui aggravent le problème:
 - Développer le numérique sans contrainte car il est indispensable à la transition énergétique
 - Tirer des conclusions sur un sous ensemble du système borné dans le temps
 - Considérer que le numérique peut atteindre la neutralité carbone
 - Considérer que nous ne sommes pas aux limites des stocks de métaux
 - Sourcer des besoins d'électricité « en croissance » avec des sources « renouvelables »
 - L'optimisation sans autre action accélère la dynamique du système (effet rebond)

Annexes



Pour aller plus loin: énergie / climat

- Les rapports du GIEC : https://www.ipcc.ch/sr15/
- Cours des Mines 2019 de JM Jancovici (8*2): https://jancovici.com/videos/16h-du-big-bang-ou-presque-a-nos-jours/
- La Fresque du climat : https://fresqueduclimat.org/
- "Legacy notre heritage" par Yann-Arthus Bertrand https://www.6play.fr/legacy-notre-heritage-p_19139
- AXA Climate school : https://www.climate.axa/climate-school-2/school



Pour aller plus loin : systémique

The Limit to growth in a finite world; traduction française avec preface de Jean-Marc Jancovici https://www.ruedelechiquier.net/essais/29-les-limites-a-la-croissance.html
Jouer avec « World 3 »: https://insightmaker.com/insight/1954/The-World3-Model-Classic-World-Simulation

Donella Meadows:

Livre: Thinking in Systems

On System Thinking & Sustainability – 4*30min: https://www.youtube.com/watch?v=HMmChiLZZHg

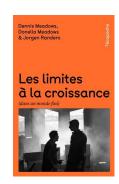
About Vision (A) 30min: https://www.youtube.com/watch?v=bxowxs22jFk

Course on Overshoot and Collapse: 1h: https://www.youtube.com/watch?v=f9g4-5-GKBc

Systems Thinking In Public Health by Université Johns-Hopkins : https://www.coursera.org/learn/systems-thinking Approche systémique pour la gouvernance des systems de santé

Louvain moocXperience : https://www.youtube.com/watch?v=_8cb7vJu55A

Logiciel Vensim – simulation software : https://vensim.com/



Pour aller plus loin : numérique

- Les publications de The Shift Project : Lean-ICT https://theshiftproject.org/lean-ict/
- Ecoinfo pour une informatique éco-responsable https://ecoinfo.cnrs.fr/
- Quelle est l'empreinte environnementale du numérique mondial ? Frédéric Bordage 2019 :https://www.greenit.fr/2019/10/22/12982/
- INR Institut du Numérique Responsable https://institutnr.org/



Pour aller plus loin : numérique

« Que peut le numérique pour la transition écologique» - Mars 2021: https://gauthierroussilhe.com/

- « L'enfer numérique » Guillaume Pitron
- Moore's Law and ICT Innovation in the Anthropocene Fin 2020 par David Bol, Thibault Pirson and Rémi Dekimpe - Electronic Circuits and Systems group, ICTEAM Institute - Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium

https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/fr/object/boreal%3A243578/datastreams

Pour aller plus loin : philosophie / économie

- Baptiste Morizot : « Manières d'être vivants », « Raviver les braises du vivant » https://fr.wikipedia.org/wiki/Baptiste Morizot
- Tim Morton : « La pensée écologique » https://reporterre.net/timothy-morton-le-dynamiteur-de-la-pensee-ecologique
- Isabelle Delannoy:
 - Livre : "L'économie symbiotique" aux éditions ACTES SUD Domaine du possible
 - Thinkerview Choc économique : Perspectives alternatives ? https://www.youtube.com/watch?v=xQ3BoOCSdXE

Pour aller plus loin : métaux

- Philippe Bihouix : « L'âge des low tech » https://www.seuil.com/ouvrage/l-age-des-low-tech-philippe-bihouix/9782021160727
- F.Bihouix et croissance verte : https://www.youtube.com/watch?v=Bx9S8gvNKkA
- L'association SystExt (Systèmes extractifs et Environnements) regroupe des professionnels en activité ayant un intérêt commun pour les systèmes extractifs, en particulier miniers, et des compétences pour s'approprier les problématiques techniques associées à ces activités. https://www.systext.org/
- L'effondrement : le point critique ? Aurore Stéphant Thinkerview 25 Janvier 2022 https://www.youtube.com/watch?v=xx3PsG2mr-Y
- « La guerre des métaux rares La face cachée de la transition énergétique et numérique » Guillaume Pitron – 2018 - http://www.editionslesliensquiliberent.fr/livre-La guerre des m%C3%A9taux rares-531-1-0-1.html

Pour aller plus loin : décalé

- BD: un monde sans fin Jancovici-Blin
- Film Don't LOOK UP
- A.Crida: Paradoxe de Fermi expliquée par l'énergie: https://youtu.be/I3JkQ7quGG8?t=3569
- L'octet Vert, podcast de Tristan Nitot sur l'impact environnemental. Episode 8 avec Xavier VERNE https://www.standblog.org/blog/post/2022/01/21/Octet-Vert-S2E07-Xavier-Verne-Shift-Project-SNCF
- Youtubeur « Et tout le monde s'en fout ! » consacré à la pollution du numérique, https://youtu.be/64EHipxEh9c
- Professeur Feuillage, youtubeur. La Pollution du Web, https://www.youtube.com/watch?v=pOpTwfzpKHo

