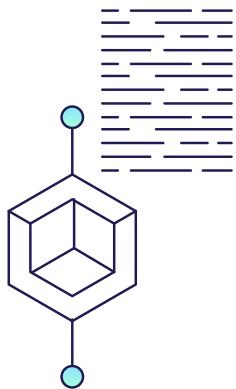


Méthodologie et outils d'évaluation des impacts environnementaux du numérique



04/07/2022 – JCSA22 – Afnic



PRESENTATION

01



Eric Fourboul

Entrepreneur Veille et Social Media Analytics,
Mais ça c'était avant.

Co-fondateur d'[Hubblo.org](#)

Co-fondateur de [Boavizta.org](#)



Benoit Petit

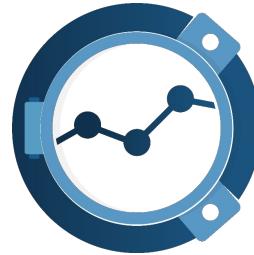
Ops, mais ça c'était avant.

Co-fondateur d'[Hubblo.org](#)

Co-fondateur de [Boavizta.org](#)

 @bpetit_





hubblo



Open-source tools

Integrate and automate ICT impact assessments in an organization



Consultancy and studies

Evaluating the impacts of ICT

Open Research & Development
Assessing the systemic impacts of ICT

Boavizta - évaluation d'impacts environnementaux de l'IT

Association loi 1901 (dans 2 semaines)

Groupe de travail collaboratif

- Entreprises
- Chercheurs
- Freelances

Sur :

- Référentiel de données
- Mesure du cloud
- Méthodes de calcul
- Convictions top management
- Outils open-source
- ...



Accueil. Charte. Méthodologie. Données. Calculateur.

Contactez-nous

Mesure d'impact
environnemental du
numérique des
organisations

+Fiable +Simple +Rapide

Pour les équipes Numérique Responsable et RSE, une aide au quotidien grâce à un groupe de travail inter-organisations, des ressources expertisées & actualisées sous licences libres :

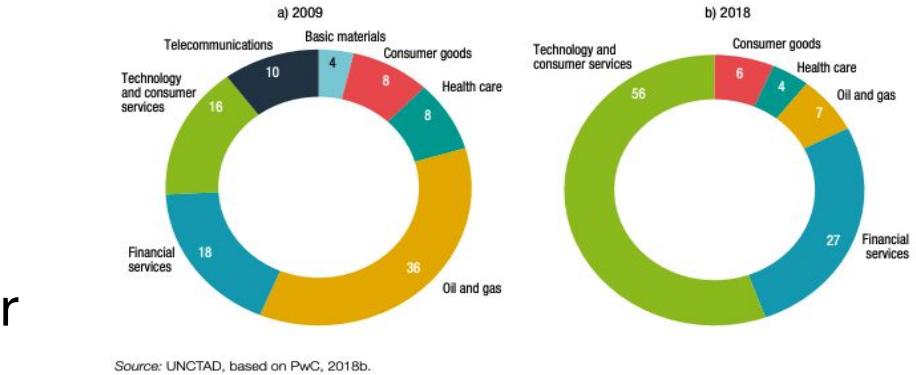
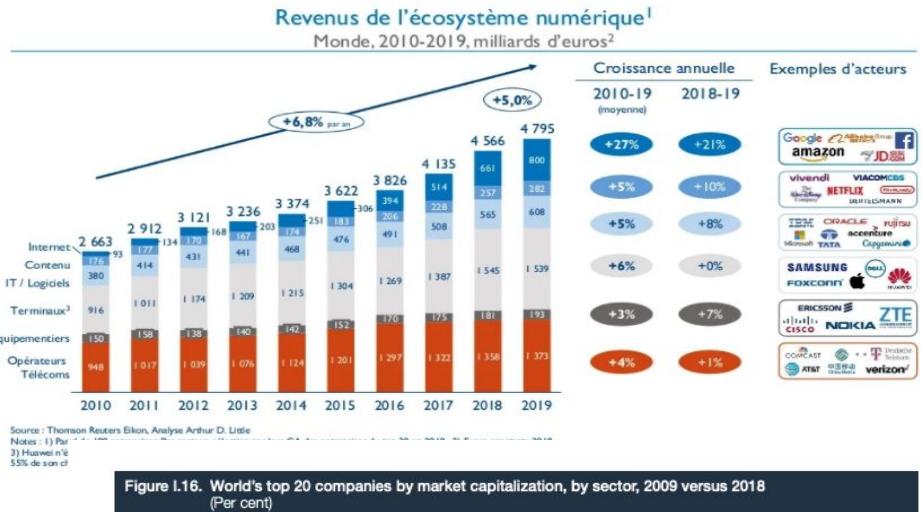
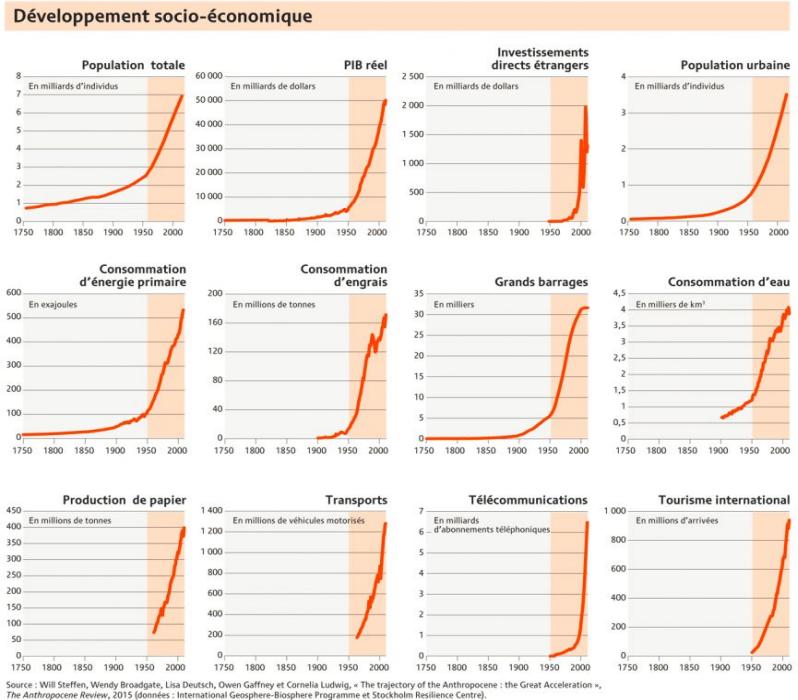
- Méthodologie de mesure
- Référentiel de données
- Moteur de calcul

Rejoignez Boavizta



Pourquoi ?

Pourquoi faut il s'intéresser à l'évaluation
environnementale du numérique



Le numérique comme un accélérateur de la grande accélération



Que peut le numérique pour la transition écologique ?

État des lieux de l'empreinte écologique
du numérique et étude de ses impacts
positifs annoncés pour la transition

... et des estimations
d'impacts positifs peu
fiables !

GSMA: 1 g de CO₂ investi dans le numérique
représente 10g de CO₂ évités dans les autres
secteurs

GeSI: le numérique permet de réduire jusqu'à
20% les émissions de GES dans les autres
secteurs

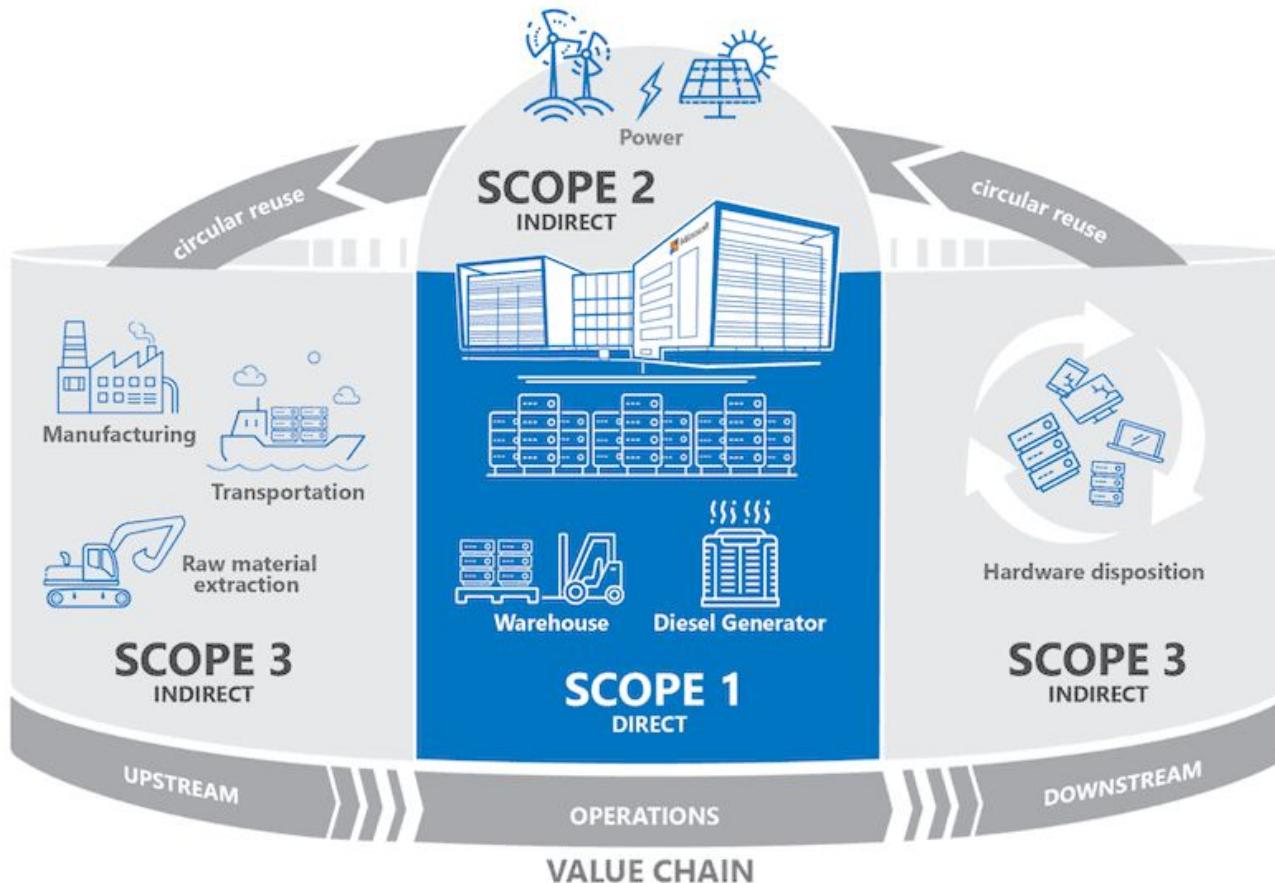
<https://gauthierroussilhe.com/pdf/NTE-Mars2021.pdf>

Généralités

Généralités sur les méthodes d'évaluation
environnementale

LA COMPTABILITE CARBONE

06

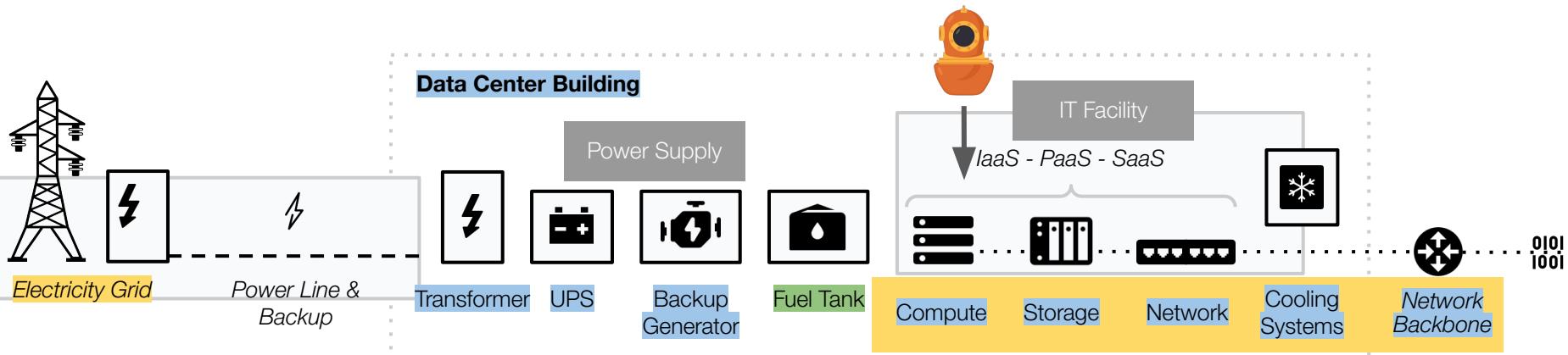


Source : Microsoft



EMISSIONS DE CO₂ D'UN DATACENTER

06



Scope 1: Direct backup generator fuel consumption emissions

Scope 2: Electricity grid emission factors

Scope 3: Building and equipment embodied emissions from manufacturing



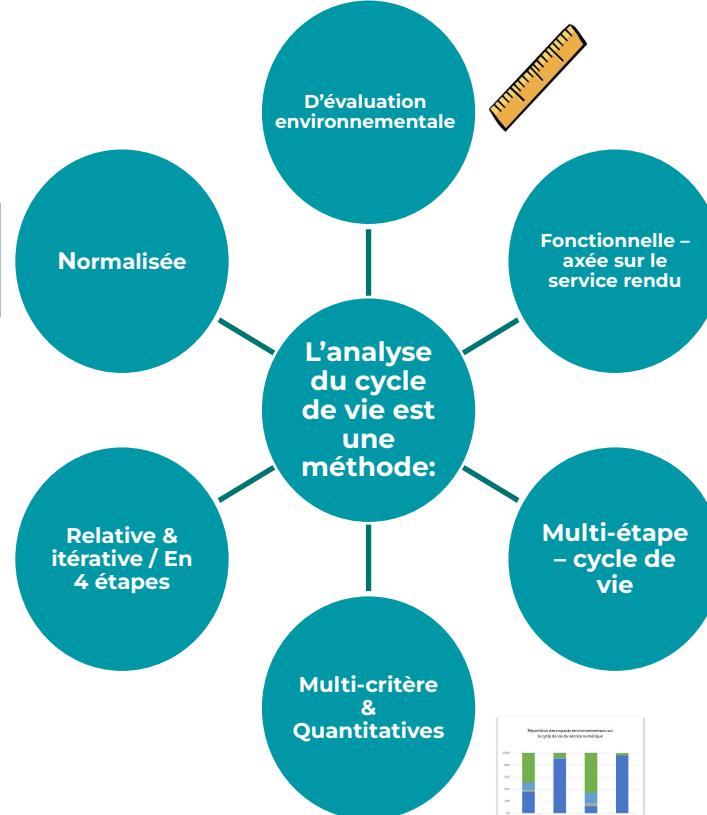
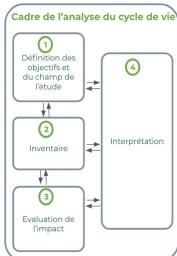
Benjamin DAVY

Icons from [Freepik](#) and [Icons8](#)



L'ACV, NORME DE COMPTABILITÉ ENVIRONNEMENTALE

ISO
14040/44



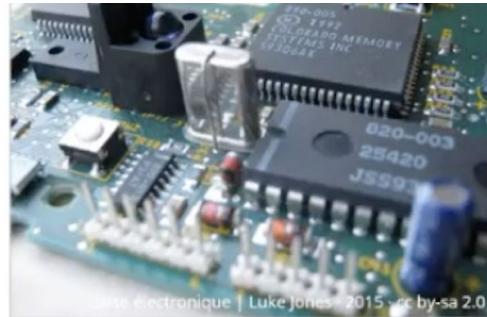
ACV, focus sur l'indicateur ADPe

Quantité et variété croissante des ressources abiotiques dans le numérique !

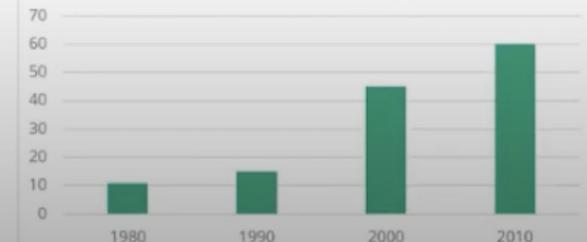
- De 1980 à 2008, augmentation globale de la demande en métaux +87% (UNEP, 2013)
- Quantités annuelles de métaux devant être produits d'ici 2050 : 3 à 10 fois les niveaux actuels c.à.d. quantité cumulée de métaux à produire au cours des 35 prochaines années > quantité cumulée produite depuis l'antiquité (O. Vidal, 2020)
- Industrialisation et développement économique des pays émergents + explosion des technologies numériques et de la transition énergétique

DIVERSIFICATION DES SUBSTANCES

- De 1980 à 2010, nombre de métaux utilisés multiplié par 6, principalement du fait de la contribution imputable à l'industrie des TIC (OPESCT, 2011)
- 50 à 70 substances minérales dans un téléphone ou un véhicule actuellement



Évolution de la sollicitation des métaux dans le tableau de Mendeleïev



Références: <https://www.youtube.com/watch?v=QW9udH0vwIE> (Aurore Stephant), Olivier Vidal, Philippe Bihouix

ACV, focus sur la consommation d'Eau

Une vulnérabilité grandissante !

 Le Monde

Consulter le journal

Se connecter S'abonner

ACTUALITÉS ÉCONOMIE VIDÉOS OPINIONS CULTURE M'LE MAG SERVICES

Partage

ÉCONOMIE • TAIWAN

La sécheresse à Taïwan, une nouvelle menace sur la production des puces électroniques

Faute de typhon l'été dernier, les réserves d'eau sont au plus bas à Taiwan obligeant l'industrie des semi-conducteurs à s'approvisionner avec des camions-citernes.

Forbes

Sep 9, 2021, 11:00am EDT | 10 641 views

Semiconductor Shortage Is Far From Over, But These Stocks Stand To Gain

Trefis Team Contributor Great Speculations Contributor Group Markets

Listen to article 17 minutes



TECHNOLOGY EXECUTIVE COUNCIL

Semiconductor chip shortage could extend through 2022, Marvell CEO says

PUBLISHED SUN, OCT 3 2021 10:18 AM EDT

Ian Thomas

SHARE f t in e

KEY POINTS

- The "painful period" of the semiconductor chip shortage could extend beyond 2022, Marvell Technology CEO Matt Murphy said during a CNBC Technology Executive Council event on Thursday.
- Other chip industry executives, such as AMD CEO Lisa Su, have signaled that additional manufacturing capacity will begin addressing those issues next year.
- The shortage has harmed several sectors, but perhaps no more than the automotive industry where production has been slowed due to a lack of chips, leading to drops

Taper ici pour rechercher

[Retour aux articles](#)

Water and microchips: the climatic and industrial future of Taiwan

Gauthier Roussilhe, April 30th 2021

Taiwan has been experiencing its worst drought in 56 years in recent months. The

fall last year did not allow the island's reservoirs at a time when demand for semiconductors g: components for which Taiwan is the main water to manufacture. This industrial sector is a

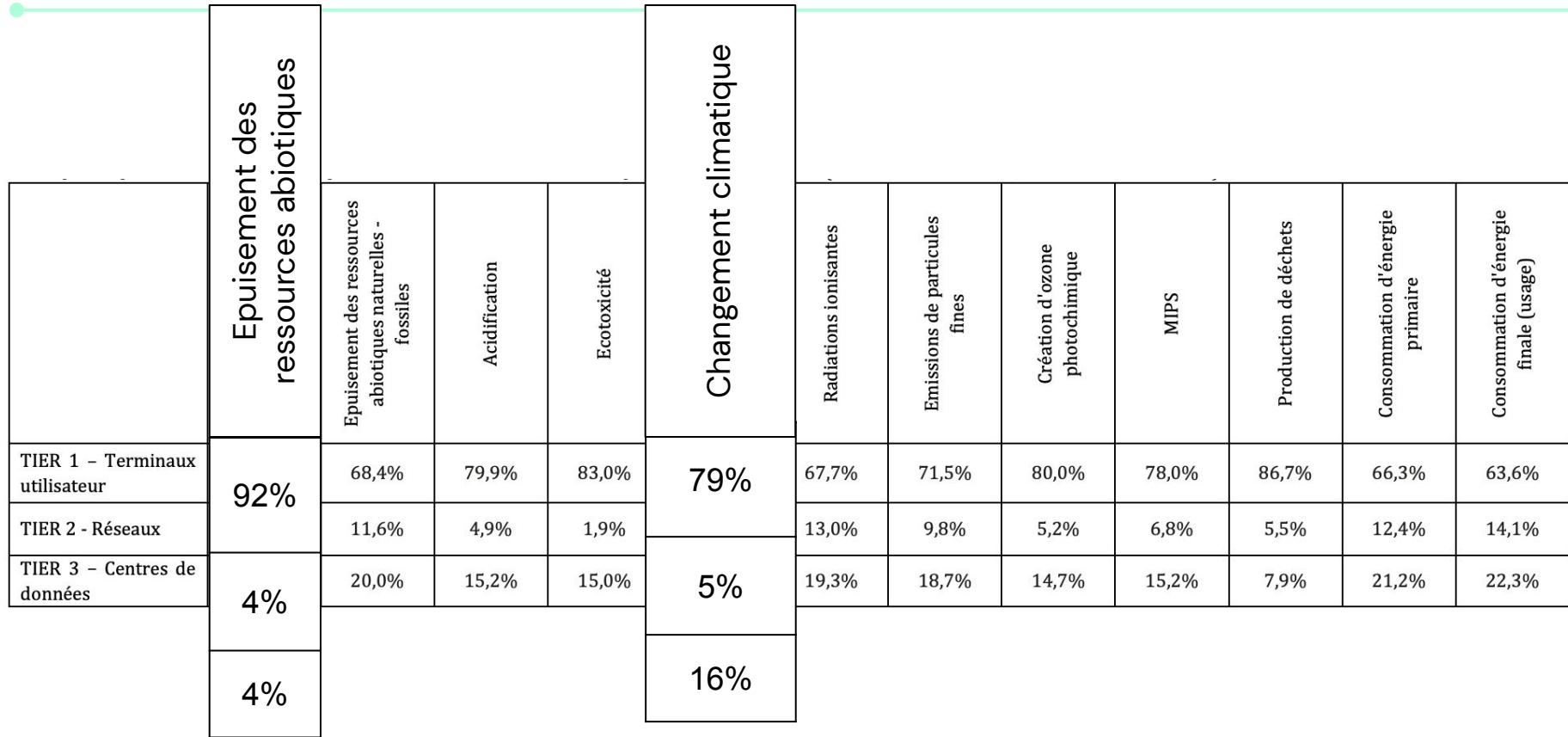


Semiconductor chip shortage could extend through 2022, Marvell CEO says

Lack of workers is further fueling supply chain woes

Exemple d'ACV sur le périmètre France

02



Source : rapport ADEME / ARCEP 2022 - périmètre France



Comment passer à l' échelle?

Quelles méthodologies pour un plus grand déploiement ?
Exemple de l'évaluation d'un serveur

Les principaux enjeux méthodologiques

- **Faciliter l'inventaire**
 - Quel niveau de granularité ?
 - Quelles caractéristiques techniques sont importantes ? (notamment pour évaluer l'impact de la fabrication)
- **Faciliter et crédibiliser l'évaluation (facteurs d'impact)**
 - Transparency
 - Niveau de confiance
 - Multi-critères

⇒ les étapes pour adresser ces challenges sont décrits dans cet article:
<https://boavizta.org/blog/empreinte-de-la-fabrication-d-un-serveur>

Les principaux enjeux méthodologiques

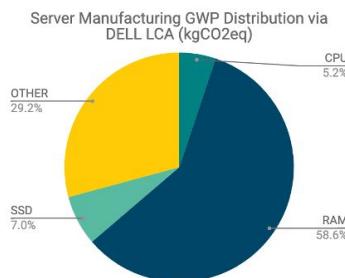
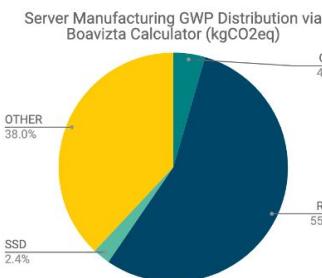
Facteur d'impact générique /€ /kg ⇒ Données constructeurs

⇒ Facteurs d'impact multi critères / composant



$$f(\text{tech characteristics}) = \text{die surface}$$
$$g(\text{die surface}) = \text{multi-criteria impact}$$

R740 Product Carbon Footprint	Emissions	R740 Life Cycle Assessment (adapté)	Emissions
32 GB Memory		1 x 32GB DIMM	44
2 x 300GB 2,5" HDD 1 x 1TB 2,5" HDD		2 x 400GB 2,5" SSD + 1 x 12TB 2,5" HDD	140
2 CPUs		2 x Xeon CPUs with housing	47
		Other (chassis, PSU, mainboard, cards, etc.)	265
Total	1313	Total	496



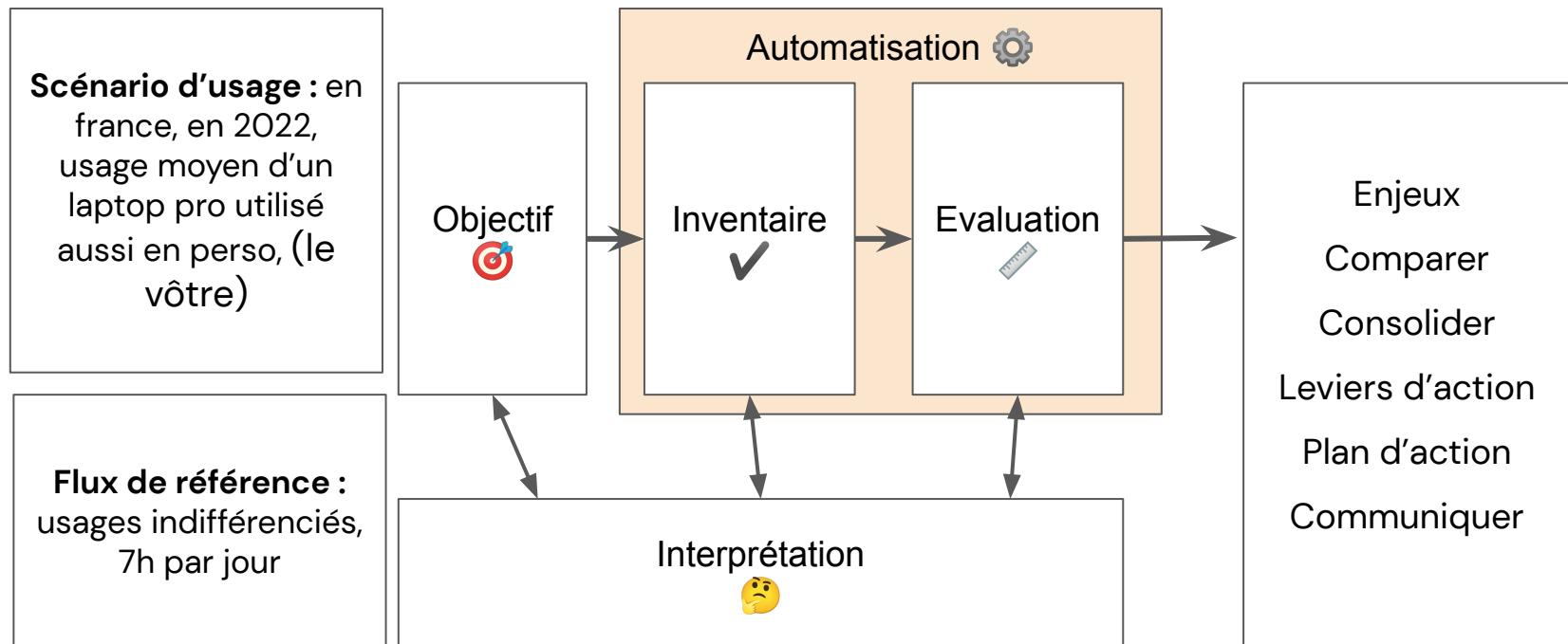
Comparaison des résultats entre l'ACV Dell et les résultats des formules Boavizta

Vers de l'automatisation

Outils pour faciliter un plus grand déploiement, une plus grande adoption par la communauté, les académiques, etc ..

Évaluation inspirée d'ACV : que peut-on automatiser ?

Unité fonctionnelle : 1 année d'usage d'un ordinateur portable après acquisition



<https://dataviz.boavizta.org>

Phases du cycle de vie :

-  extraction ✓
-  fabrication ✓
-  transport/installation ?
-  usage ✓
-  fin de vie ?



Données constructeur

Inventaire macro

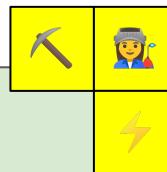
Dataviz - critères d'impact

Potentiel de **réchauffement climatique**

Global Warming Potential

GWP 

Unité : kgCO₂eq / kilogramme équivalent CO₂



Epuisement des **ressources énergétiques fossiles**

Abiotic resources Depletion Potential element

ADPf 

Unité : MJ / Mega Joules

Sac à dos écologique

Material Input Per Service unit

MIPS 

Unité : kg

Consommation d'**énergie primaire**

Primary Energy use

PE 

Unité : MJ / Mega Joules

Epuisement des **ressources abiotiques**

Abiotic resources Depletion Potential element

ADPe 

Unité : kgeqSb / kilogramme équivalent Antimoine

Epuisement de l'**eau**

Water Scarcity

WS 

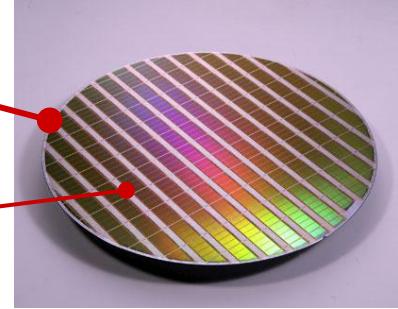
Unité : m³eq

BoaviztAPI

Données issues de calculs bottom-up,
basés sur l'impact d'une die 🚧

wafer

die



<https://api.boavizta.org>

<https://doc.api.boavizta.org>

Phases du cycle de vie :

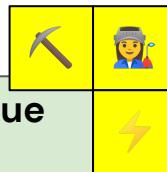
- 🏿 extraction ✓
- 🏭 fabrication ✓
- 🚚 transport/installation ✗
- ⚡ usage ✓
- 🍈 fin de vie ✗



Hypothèses d'usage
(consommation d'énergie)

Inventaire
(équipements et composants)
à prendre en charge

Evaluation inspirée d'ACV : itération #2 - interprétation



Potentiel de **réchauffement climatique**

Global Warming Potential

GWP

Unité : kgCO₂eq / kilogramme équivalent CO₂

Epuisement des **ressources énergétiques fossiles**

Abiotic resources Depletion Potential element

ADPf

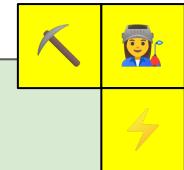
Unité : MJ / Mega Joules

Sac à dos écologique

Material Input Per Service unit

MIPS

Unité : kg



Consommation d'**énergie primaire**

Primary Energy use

PE

Unité : MJ / Mega Joules



Epuisement des **ressources abiotiques**

Abiotic resources Depletion Potential element

ADPe

Unité : kgeqSb / kilogramme équivalent Antimoine

Epuisement de l'**eau**

Water Scarcity

WS

Unité : m³eq

...



<https://github.com/hubble-org/scaphandre>

Exemple : <https://metrics.hubble.org>





Data **visualization**



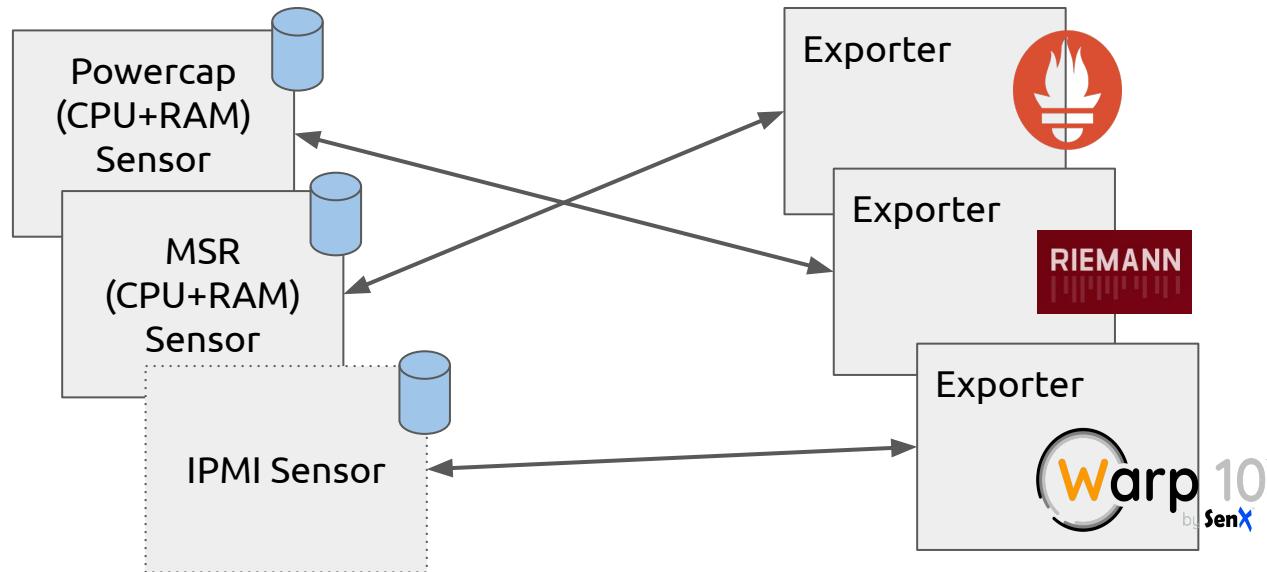
Data **aggregation & access**



Data **collection**



Architecture de Scaphandre



CAS D'USAGE



**Scope 2 emissions live metrics in
openstack private cloud consumer
interface**



Read the blog post :

<https://www.bbc.co.uk/rd/blog/2022-02-openstack-cloud-dashboard-report-sustainability>



BoAgent

<https://github.com/boavizta/boagent>

Phases du cycle de vie :

-  extraction 
-  fabrication 
-  transport/installation 
-  usage 
-  fin de vie 

Données issues de : BoaviztAPI, Scaphandre

Mesure directe de la consommation d'énergie 

 Inventaire automatique des composants.

 early stage

Evaluation inspirée d'ACV : itération #3 - interprétation

Potentiel de réchauffement climatique Global Warming Potential GWP  Unité : kgCO2eq / kilogramme équivalent CO2	  
--	--

Epuisement des ressources énergétiques fossiles Abiotic resources Depletion Potential element ADPf  Unité : MJ / Mega Joules	  
---	--

Sac à dos écologique Material Input Per Service unit MIPS  Unité : kg	  
--	--

Consommation d'énergie primaire Primary Energy use PE  Unité : MJ / Mega Joules	  
Epuisement des ressources abiotiques Abiotic resources Depletion Potential element ADPe  Unité : kgeqSb / kilogramme équivalent Antimoine	  

Epuisement de l'eau Water Scarcity WS  Unité : m3eq	  
--	--

Pour aller plus loin

Sur l'ACV : <https://gauthierroussilhe.com/book/treebal/RESULTATS.html>

Sur l'empreinte de fabrication d'un serveur:

<https://boavizta.org/blog/empreinte-de-la-fabrication-d-un-serveur>

Pour évaluer les impacts sur le cloud : <https://github.com/boavizta/cloud-scanner>

A partir de factures cloud : <https://github.com/boavizta/cloud-bill>

Documentation de Scaphandre : <https://hubble-org.github.io/scaphandre-documentation/>

Scaphandre in CI/CD : <https://gitlab.com/demeringo/scaphandre-runner>

MERCI!

Questions ?

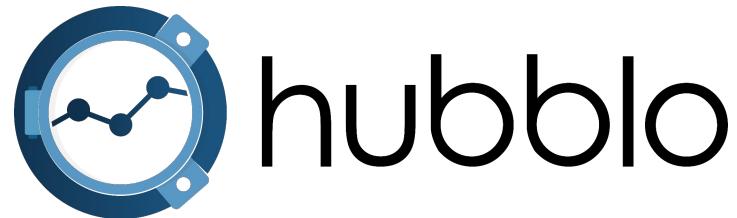
contact@hubblo.org

<https://hubblo.org>

[in/](https://www.linkedin.com/company/hubblo-org)company/hubblo-org

 @HubbloOrg

CREDITS: This presentation template was created by **Slidesgo**, including icons by **Flaticon**, infographics & images by **Freepik** and illustrations by **Stories**



Towards a multi-criteria impact calculation formula

For wafer production based on 2017 data published by Siltronic and Sumco (15 and 28% of the market).

For the manufacture of components:

- For CPUs, based on Intel Xeon manufacturing data (300mm wafers and 14nm technology)
- For RAM and SSD (nand) storage components, the study relies on data already used in previous studies (Schödwell et al. (2018), Prakash et al. (2013)).

Component	Unit	ADP (kgSbeq)	GWP (kgCO ₂ eq)	PE (MJ)
CPU Base	Unit	2.04E-02	9.14	156.00
CPU Die	cm ²	5.80E-07	1.97	26.50
RAM Base	Unit	1.69E-03	5.22	74.00
RAM Die	cm ²	6.30E-05	2.20	27.30
SSD Base	Unit	5.63E-04	6.34	76.90
SSD Die	cm ²	6.30E-05	2.20	27.30
HDD	Unit	2.50E-04	31.10	276.00
Motherboard	Unit	3.69E-03	66.10	836.00
Rack Server	Unit	2.02E-02	150.00	2 200.00
Blade Enclosure	Unit	4.32E-01	880.00	12 700.00
Blade Server	Unit	6.72E-04	30.90	435.00
Server Assembly	Unit	1.41E-06	6.68	68.60
Power Supply Unit	kg	8.30E-03	24.30	352.00

Towards a multi-criteria impact calculation formula

Storage density for RAM

Manufacturer	Architecture	Go/cm ²
Samsung	30nm	0.625
Samsung	25nm	1.25
Samsung	20nm	1.75
Samsung	18nm	2.38
SK hynix	30nm	0.750
SK hynix	26nm	1.00
SK hynix	21nm	1.31
SK hynix	21nm	1.88
Micron	30nm	0.750
Micron	30nm	0.875
Micron	20nm	1.13
Micron	20nm	1.13

Storage density for SSD

Manufacturer	Layers	Bits/cell	Nand type	Storage density (Go/mm ²)	Year
Samsung	32	3	TLC	1.9E-01	2015
Samsung	36	3	TLC	2.3E-01	2016
Samsung	48	3	TLC	3.3E-01	2017
Samsung	64	3	TLC	4.1E-01	2018
Samsung	96	3	TLC	5.7E-01	2019
Samsung	64	4	TLC	7.1E-01	2020
Toshiba/WD	48	3	TLC	3.10E-01	2016
Toshiba/WD	64	3	TLC	4.55E-01	2017
Toshiba/WD	72	3	TLC	4.90E-01	2018
Toshiba/WD	96	3	TLC	7.61E-01	2019
Micron/Intel	36	3	TLC	2.85E-01	2016
Micron/Intel	64	3	TLC	5.50E-01	2017
Micron/Intel	72	3	TLC	5.93E-01	2018
Micron/Intel	96	3	TLC	7.83E-01	2019
Micron/Intel	64	4	QLC	8.16E-01	2020

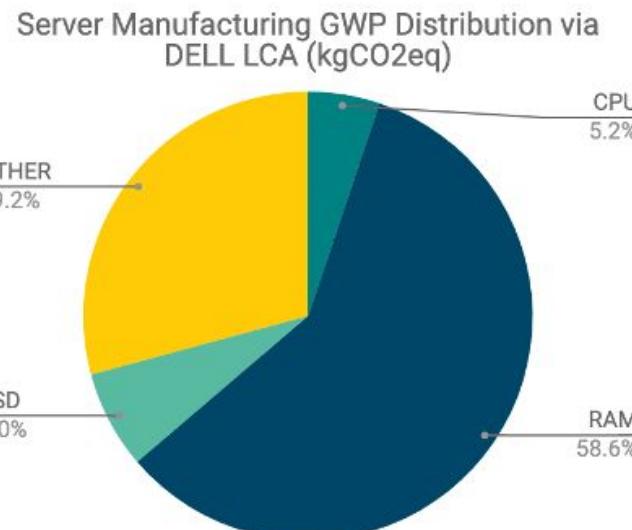
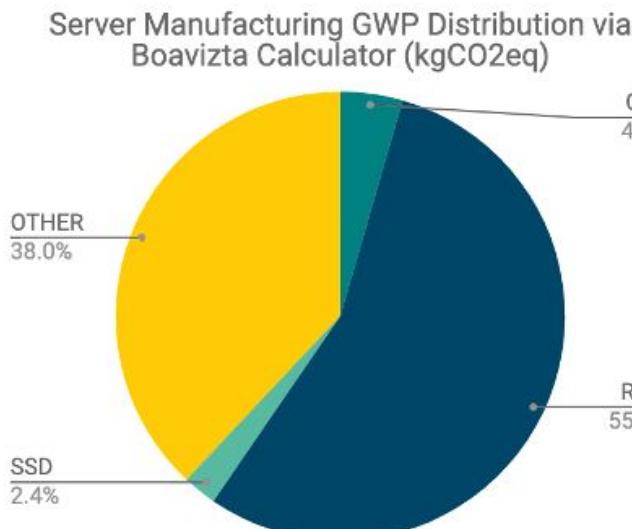
Die size /core for CPU

CPU Family	Introduction Year	Process (nm)	Die size (mm ²)	Core Number	Size/Core (mm ²)
Skylake	2017	14	694	28	24.8
Skylake	2017	14	485	18	26.9
Skylake	2017	14	325	10	32.5
Coffee Lake	2017	14	149	6	24.8
Coffee Lake	2017	14	174	8	21.8
Broadwell	2014	14	456	24	19.0
Broadwell	2014	14	306	14	21.9
Broadwell	2014	14	246	10	24.6
Haswell	2013	22	622	18	34.6
Ivy Bridge	2011	22	160	4	40.0
Ivy Bridge	2011	22	257	6	42.8
Ivy Bridge	2011	22	341	10	34.1
Ivy Bridge	2011	22	541	15	36.1
Sandy Bridge	2010	32	216	4	54.0

Towards a multi-criteria impact calculation formula

Back to the DELL R740 use case !

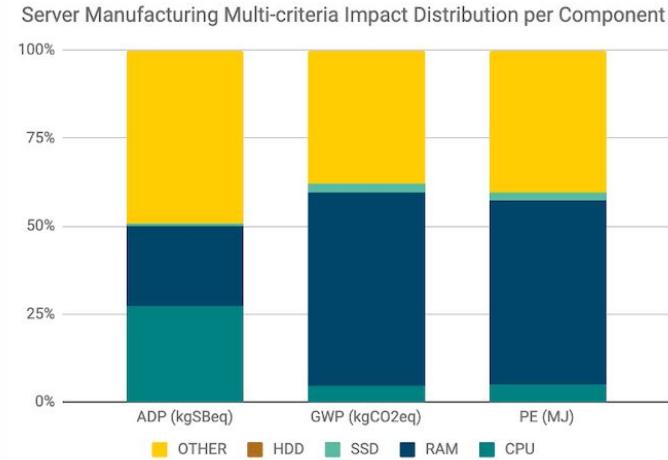
OK !



Towards a multi-criteria impact calculation formula

Main benefits of this last approach:

- A better understanding of the key elements (storage density) for a more accurate environmental impacts of server manufacturing
- Impact factors by component
- A multi-criteria evaluation and confirmation particularly for the ADP indicator



Main limitations:

- the quality of the impact factors for SSD and RAM is lower than for the CPU
- The absence of other environmental criteria such as water use
- Lack of data on specific components (especially GPUs which are at least as impactful as CPUs)
- A better consideration of the generations of technology
- More education/documentation around the ADP criteria (approaches described in [Guinea 2016](#)) to facilitate comparisons with other studies

Epuisement de ressources abiotiques par le numérique

948 Tonnes / an – ADP (Minéral & Métallique) - en France

de métaux raffinés sous forme de produits finis, pour le numérique

France – Par an – source : rapport ADEME/ARCEP



Scope 1: Emissions directes : consommation d'énergies fossiles



Scope 2: Emissions indirectes : consommation d'énergie finale



Scope 3: Autres émissions : fabrication, fournisseurs, ...



Attention - abus de language : “carbone” == **CO₂eq**

la métrique étalon pour les principaux GES

L'ACV, NORME DE COMPTABILITÉ ENVIRONNEMENTALE

Analyse du Cycle de Vie

ISO 14040
ISO 14044

Multi-critères

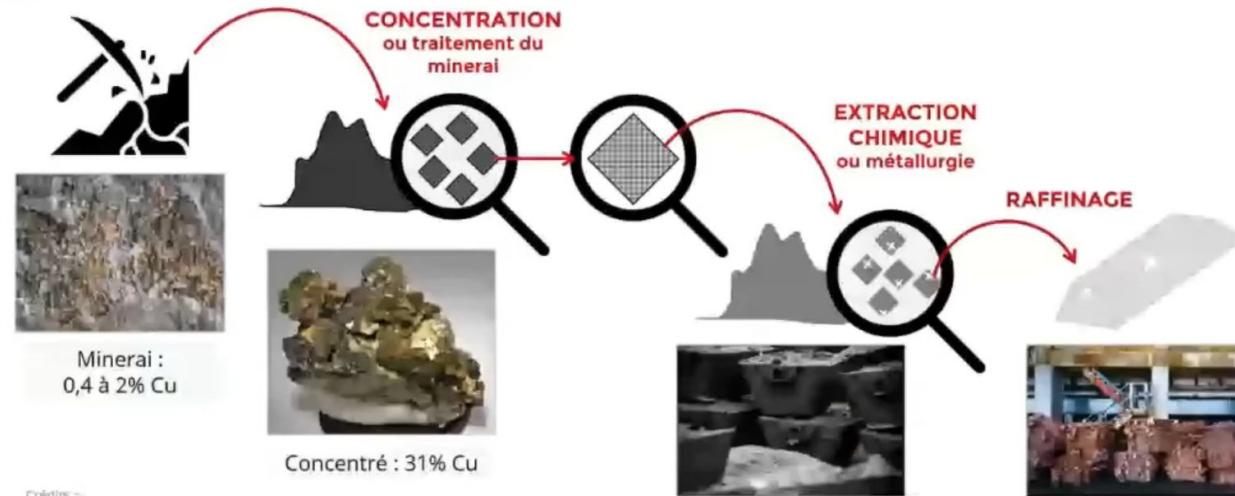


ACV, une méthode multi-critères: exemple de l'ADPe

2) Les impacts environnementaux de l'industrie minière sont très sous estimés.
Pour mieux comprendre le problème : voir les interventions d'Aurore Stephan et les travaux d'Olivier Vidal

2. Réalités des filières minérales

2.2. Du minerai au métal | Un laborieux processus



Credits =

Icone : Smashicons - Flaticon License : flaticon.com

Mineral de cuivre, mine de Gaspé, Québec, Canada | Cephas - 2013 - cc-by-sa 3.0

Chalcopyrite, mine de Ballard, Kansas, USA | Rob Lavinsky, iRocks.com - 2010 - cc-by-sa 3.0

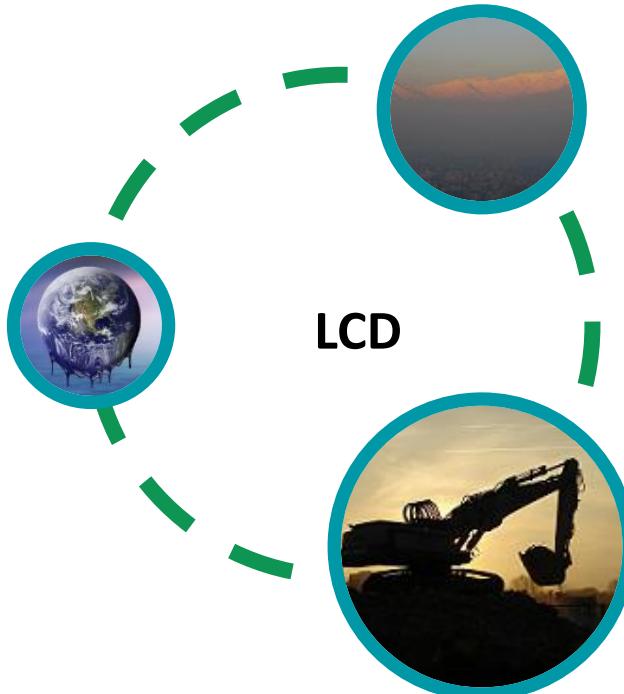
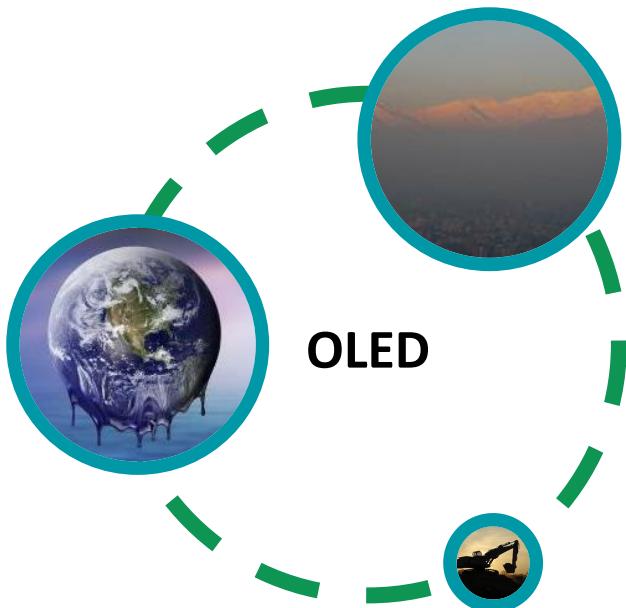
Blister de cuivre, Svyatogor JSC, Russie | Drogad75 - 2016 - cc-by-sa 4.0

Cathodes de cuivre en Zambie | mmj - 1999 - cc-by-nc 2.0



ACV, une méthode multi-critères

Intérêt: éviter les transferts de pollution



GHG protocol x LCA

 Extraction	Scope 3
 Fabrication	Scope 3
 Transport/installation	Scope 3
 Usage	Scope 2
 Fin de vie	Scope 3