



Evaluation du bilan carbone d'une machine de calcul nationale

13 avril 2023, Ecole Polytechnique

Sommaire

- Présentation du CINES
- Introduction (méthode)
- Bilan CO2 Occigen
- Prévisions Aadastra
- Leviers d'amélioration

Evaluation du bilan carbone d'une machine de calcul nationale

Presentation du CINES

➤ CINES (Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur)

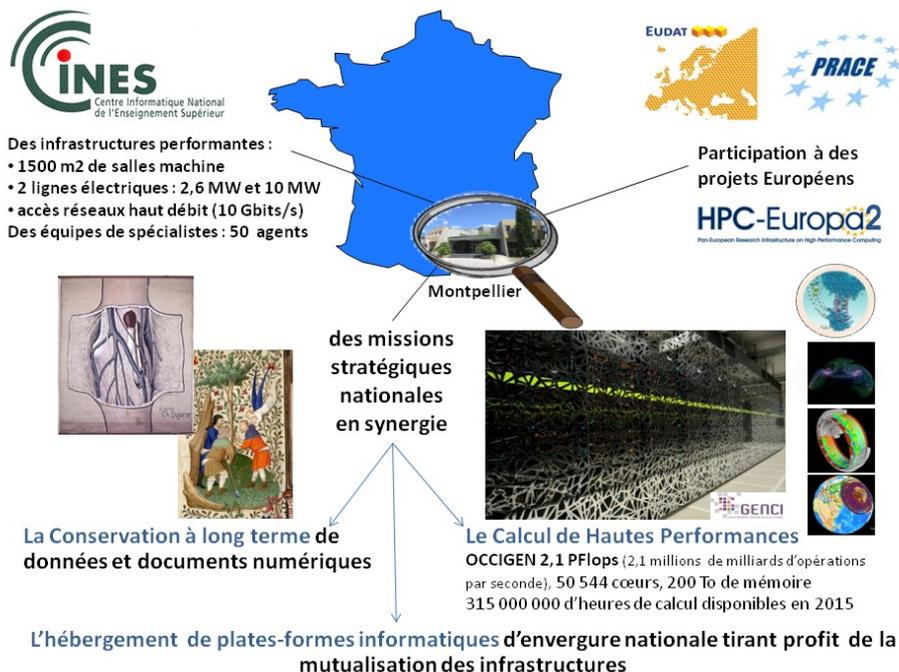
Basé à Montpellier, l'un des 3 centres de calcul nationaux (avec l'IDRIS et le TGCC)

Trois missions stratégiques :

- Calcul Haute Performance
- Archivage numérique
- Hébergement

➤ Partenaires de projets européens et nationaux

- EOSC, GAIA-Data, BATMAN, ...
- Membre de PRACE, EuroHPC



Démarche

Découpage bilan CO2 du CINES en 3 missions (calcul, archivage, hébergement)

→ Répartition des coûts des services transverses dans les différentes missions

Concernant la mission calcul :

- Analyse du cycle de vie des composants à partir du « BoM » (liste des composants achetés)
- Émissions liées au bâtiment (fabrication, infrastructure elec/clim, ...)
- Ressources humaines (département calcul + services transverses)
- Déplacements domicile travail
- Missions

Non pris en compte

- Démantèlement/recyclage du calculateur
- Maintenance matériel (remplacement des composants)

Bilan complet effectué en collaboration avec GRICAD - UGA

Rappel architecture Occigen



2017-01: 3.5 Pflop/s



OCCIGEN2
+1,260 nodes Broadwell (2x14 cores)
2,106 nodes Haswell (2x12 cores)
85,824 cores, 64 or 128 GB/node,
IB 4xFDR, 5PB scratch Lustre, 105 Go/s
Elec. 1000 kW

2015-01: 2.1 Pflop/s



OCCIGEN: ATOS/BULL DLC B720
2,106 bi-proc nodes (2x12 cores)
Intel Haswell, IB 4xFDR,
50,544 cores, 64 or 128 GB/node,
5PB scratch Lustre, 105 Go/s
Elec. 700 kW, Warm water directly on cpus
(35°) + air ; PUE < 1,1



Machine 100% scalaire équipée de noeud CPU Intel Haswell et Broadwell

- 3366 noeuds de calcul
- 85 824 coeurs CPU
- 34 racks
- 5Po de stockage scratch (HDD)

Résultats du bilan CO2 Occigen

Unité fonctionnelle : 1 heure.coeur

Emission d'une heure coeur : 2,64g CO2e

Mix énergétique français pour l'usage :

- 59.9gCO2e/kWh en 2020

Information 1 :

Le calculateur en lui même représente 70% des émissions

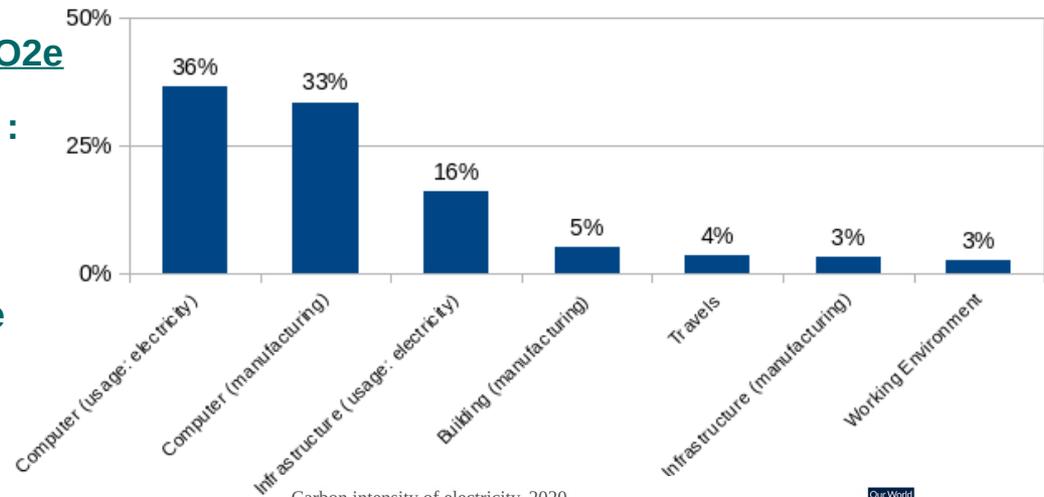
Information 2 :

L'usage (électrique) représente 50% des émissions, en France

En Allemagne, 333 gCO2e/kWh en 2021, soit ~6x plus, l'usage représenterait 85% !!!

<https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity>

Postes d'émission participant au GES 1 heure.coeur sur Occigen



Carbon intensity of electricity, 2020

Carbon intensity is measured in grams of carbon dioxide-equivalents emitted per kilowatt-hour of electricity.



Source: Ember Climate (from various sources including the European Environment Agency and EIA)

OurWorldInData.org/energy - CC BY

Computer (usage: electricity)

L'usage est calculé à la fois sur les nœuds de services et le stockage (nœuds de login, nœuds de visualisation, stockages haut débit connectés au calculateur) ainsi que sur le supercalculateur en lui même.

Les chiffres sont basés sur l'usage réel du calculateur sur sa durée de vie (84 % d'utilisation sur 8 ans)

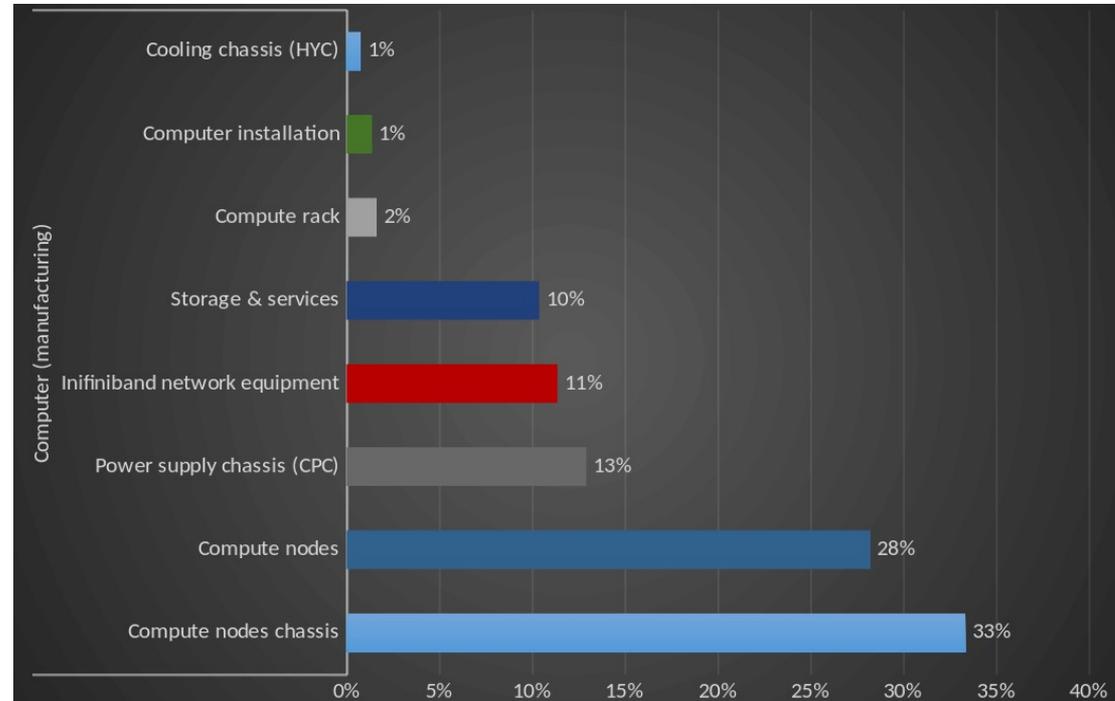
	Kg CO2e/an	% du total
Stockage et services	65591	8%
Infrastructure pour le stockage et services (PUE : 1,71)	46569	6%
Supercalculateur (nœuds de calcul)	511606	64%
Infrastructure pour le Supercalculateur (PUE : 1,3)	179062	22%

La partie émission des nœuds de calcul et infrastructure lui étant liée est la partie la plus émettrice pour l'usage, avec près de 90 % d'imputation aux émissions.

Computer (manufacturing)

Prépondérance de la partie noeuds de calcul et équipements du rack

- **Noeuds : 28 %**
- **Chassis + rack + power supply : ~50 %**



- **La construction de nouveaux racks, chassis, et alimentations d'Occigen a été responsable de 50 % des émissions de CO2 liées à la construction**

Autres postes d'émission

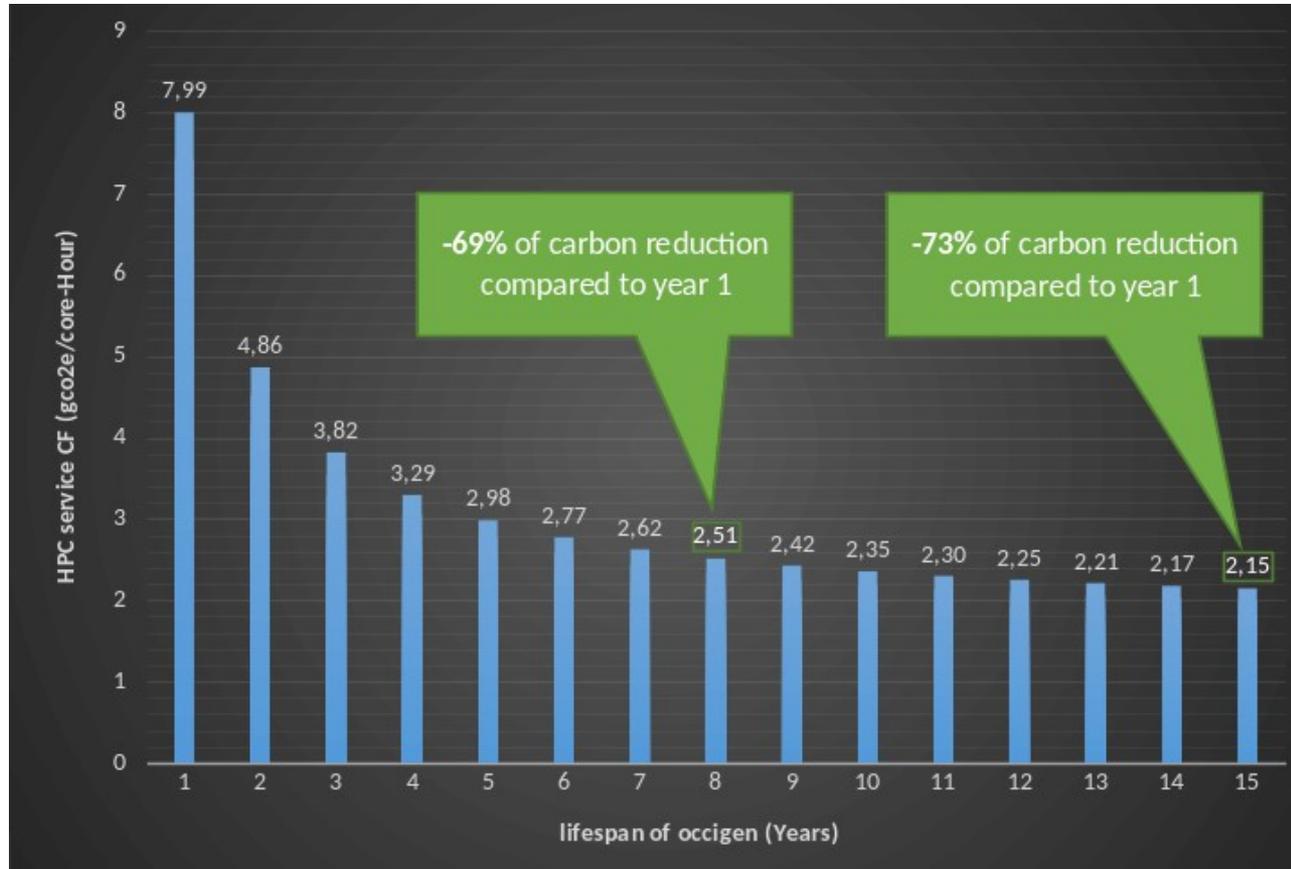
Prépondérance de la partie noeuds de calcul et équipements du rack (69 % construction + usage).

A cela se rajoute les 16 % liés à l'infrastructure pour l'alimentation et le refroidissement du ordinateur.

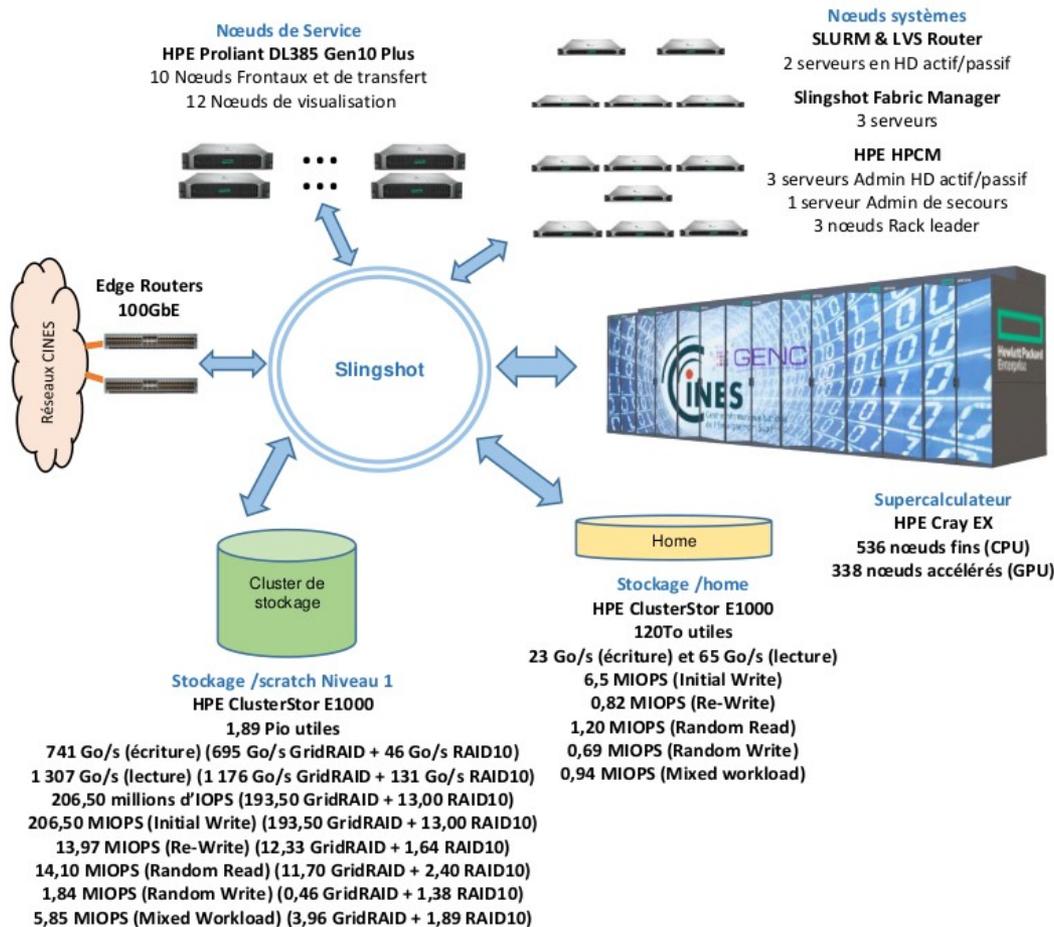
Reste les frais fixes annexes :

- Building (manufacturing) 5
- Travels 4
- Infrastructure (manufacturing) 3
- Working environment 3
- **Total : 15%**

Impact de la durée de vie



Rappel architecture ADAstra



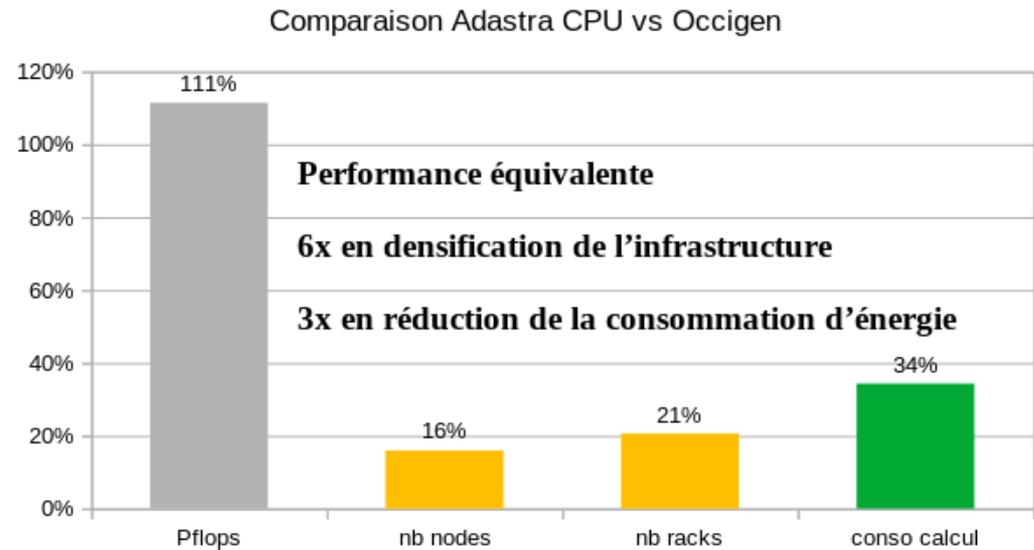
2 partitions :

- 338 nœuds GPU
 - 1 352 GPU
- 536 nœuds CPU
 - 102 912 coeurs
- 2Po de scratch (SSD)
- 7 racks
 - 5 racks calcul
 - 2 racks refroidissement

Rappel architecture ADASTRA

Comparaison Aadastra (CPU) vs Occigen

	Adastra CPU	Occigen	Ratio
PFlops	3,9	3,5	111%
nb nodes	536	3366	16%
nb racks	7	34	21%
conso calcul	446	1300	34%



A coût de construction équivalent :

Réduction du CO2e émis pour l'infrastructure et l'usage

L'usage diminue moins que l'infrastructure, la balance penche sur l'usage pour les émissions

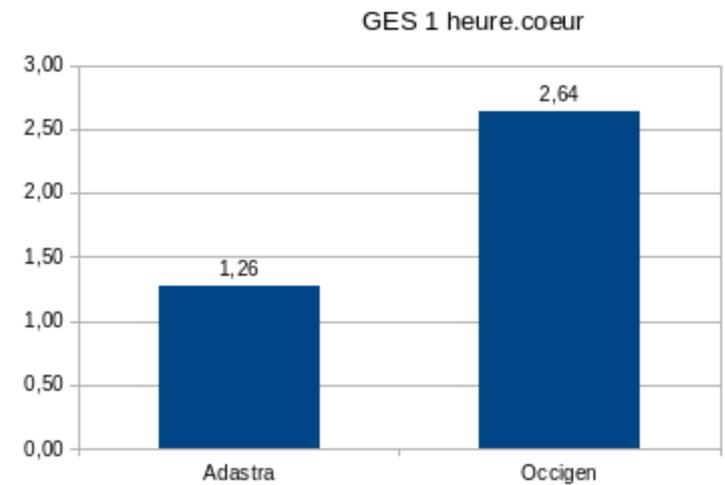
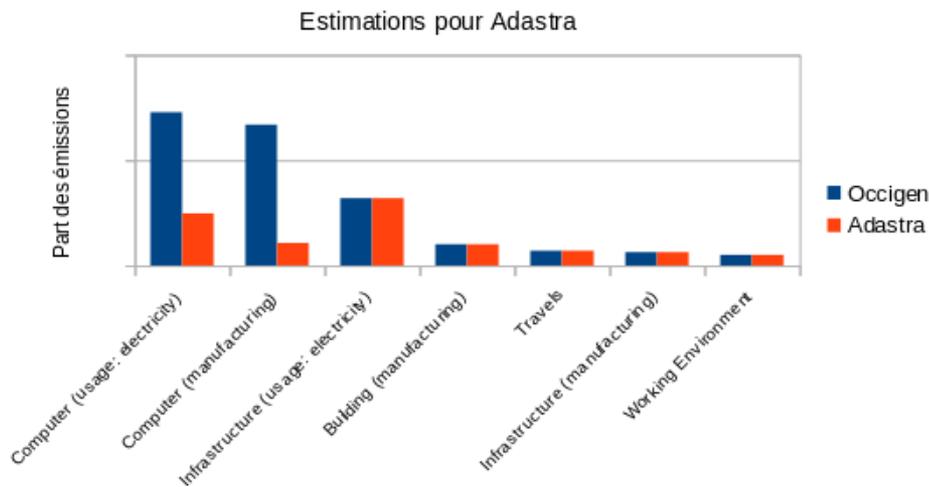
Rappel architecture ADAstra

Intégration des nouvelles valeurs dans le calcul GES

$$GES_{O_2} = 36\%GES_{O_2_usage} + 33\%GES_{O_2_manuf} + 31\%GES_{O_2_autres}$$

$$GES_{ACPU} = 36\%GES_{O_2_usage} + 33\%GES_{O_2_manuf} + 31\%GES_{O_2_autres}$$

Postes d'émission participant au GES 1 heure.coeur



A coût de construction et d'usage équivalents :
1h.coeur Adastra CPU émettra 1,26gCO₂e, soit plus de 2x moins qu'Occigen

Leviers d'amélioration

En France (au CINES), l'usage représente 50 % des émissions

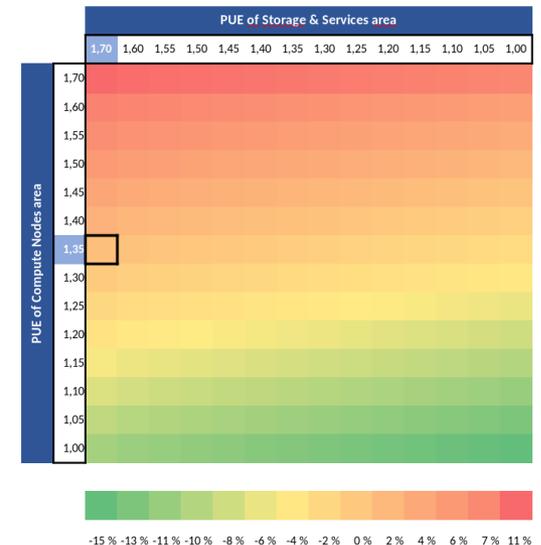
- Réduite la consommation énergétique des applications impactera donc fortement les émissions du centre

Réutiliser l'infrastructure des système HPC en place (émission liées à la construction)

- Des solutions standardisées HPC pourraient être imposées
- Les solutions actuelles (HPE Cray EX system, Atos Sequana, ...) doivent être remplacées à chaque changement de système ou de vendeur
- L'augmentation de la durée de vie moyenne des systèmes (passer de ~5 à ~7-8 ans) semble avoir un impact positif

Optimiser le PUE (émission liées à l'usage de l'infra)

- Réduire l'usage en minimisant le PUE est important, les solutions 100 % DLC sont extrêmement efficaces et doivent être prises en compte sur la partie calcul, majoritaire dans les émissions liées à l'usage.



Au niveau mondial, les émissions liées à l'usage sont prépondérantes, il faut que l'ensemble de la communauté prenne des mesures pour améliorer l'efficacité énergétique des applications et que les communautés scientifiques soient concernées par cette nécessité.

Q/A

Questions?