

Outils de mesure d'énergie

Mathilde Jay - LIC, MIAI

mathilde.jay@univ-grenoble-alpes.fr



Plan

- Mon parcours et mon sujet de thèse
- Contexte
- Comment mesurer ?
- Liste des outils
- Comparaison des outils
- Limites des outils
- Ouvertures

Mon parcours et mon sujet de thèse

Education

- Classes préparatoires (PCSI-PSI)
- École d'ingénieur
 - IMT Atlantique (Télécom Bretagne)
 - EURECOM
 - Science des données et systèmes distribués

Experience

- Césure : ML & développement logiciels
- Projet de recherche : Registre distribué
- Thèse
 - Outils de mesure
 - Méthodologie évaluation IA
 - Suite : Optimiser IA par rapport à la machine utilisée (edge)

Machine and
Deep Learning

Energy

Distributed Systems

Data Science

Software Engineering

Comparaison outils de mesure d'énergie logiciels

- Étude sur plusieurs mois
 - Avec Vladimir Ostapenco
- 8 logiciels
 - Logiciels de profilage de puissance
 - Librairies Python de mesure d'énergie
 - Calculateurs en lignes
- Plus de 20 critères de comparaison
 - Qualitatifs
 - Par qui et quand ça a été développé
 - Quel environnement est compatible
 - Facilité d'emploi
 - Quantitatifs
 - Différence avec un wattmètre
 - Surcharge en énergie
 - Limites

Contexte

➡ Combien consomme mon service numérique ?

- Objectifs

- Mesure exacte pour transparence
- Surveillance
- Réduction de la consommation
- ...

- Challenges

- Complexité de l'infrastructure réseau
 - Centre de donnée
 - Réseau
 - Équipement utilisateur
- Diversité des utilisateurs
 - DSI, client, ingénieur
- Précision et fréquence versus facilité de l'acquisition

Mesure de la consommation d'énergie : comment ?

Localisation



CPU

(Compute Processing Unit)

➡ Intel RAPL

(Running Average Power Limit)

➡ TDP

(Thermal Design Power)



GPU

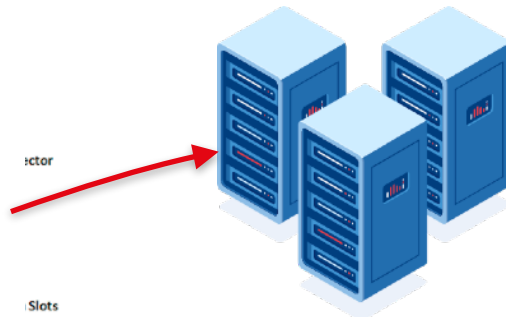
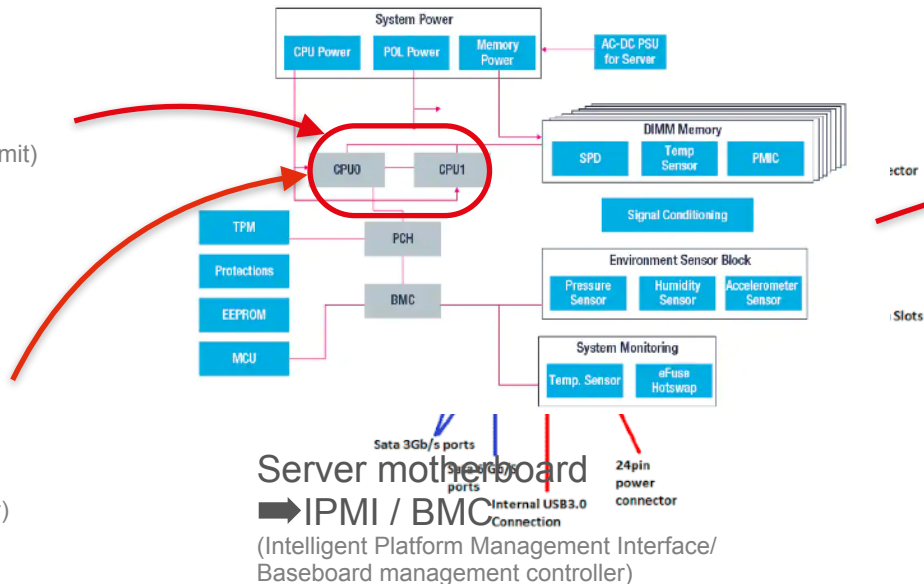
(Graphic Processing Unit)

➡ Nvidia NVML

(NVIDIA Management Library)

➡ TDP

(Thermal Design Power)



Serveur

+ Ventilateurs,
alimentations, ...

➡ Wattmètres

Wattmètres

- PDU (Power Distribution Unit)
- OmegaWatt (pour notre étude)
- Beaucoup de choix !

Wattmètres internes au server

- BMC (Baseboard management controller)
- PowerMon2, PowerInsight, ...



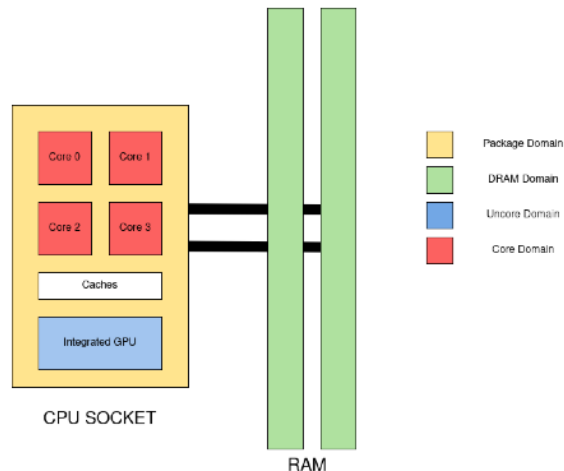
- + **Précis** et utilisés depuis longtemps
- + Compatible avec n'importe quelle machine
- Mesure la consommation **globale** du server (au niveau de la prise électrique)
- **Difficile** à mettre en place à grande échelle
 - Coût, main d'oeuvre
 - Collection des données à automatiser
- **Fréquence** de mesure peut être très faible

Interfaces internes

- + Disponibles sur la quasi-totalité des serveurs récents (Intel, Nvidia, AMD)
- + Bonne précision
 - Nombreuses études de qualité
 - Mise à jour instantanée
- Donne la consommation uniquement du CPU, de la DRAM et du GPU
- Utilisation directe relativement compliquée
- Besoin d'accès privilégiés à la machine

Beaucoup d'outils sont basés sur ces interfaces et les rendent plus facile à utiliser.

- Intel RAPL (Running Average Power Limit)
 - Pour les CPUs Intel
- Nvidia NVML (NVidia Management Library)
 - Pour les GPUs Nvidia



Modèles de consommation

- Estimation à partir des caractéristiques de la tâche effectuée (temps d'exécution, ressources utilisées)
- Thermal Design Power (**TDP**)
 - La puissance à partir de laquelle le processeur n'est pas sensé fonctionner normalement
 - Bonne approximation de la puissance à utilisation maximale
- + Facile à comprendre et à utiliser
- + Compatible avec n'importe quelle machine
- Bonne précision
 - si l'utilisation des ressources est constante
 - Si bonne connaissance de la tâche
 - Pas de garanties
- Donne la consommation uniquement du CPU et du GPU

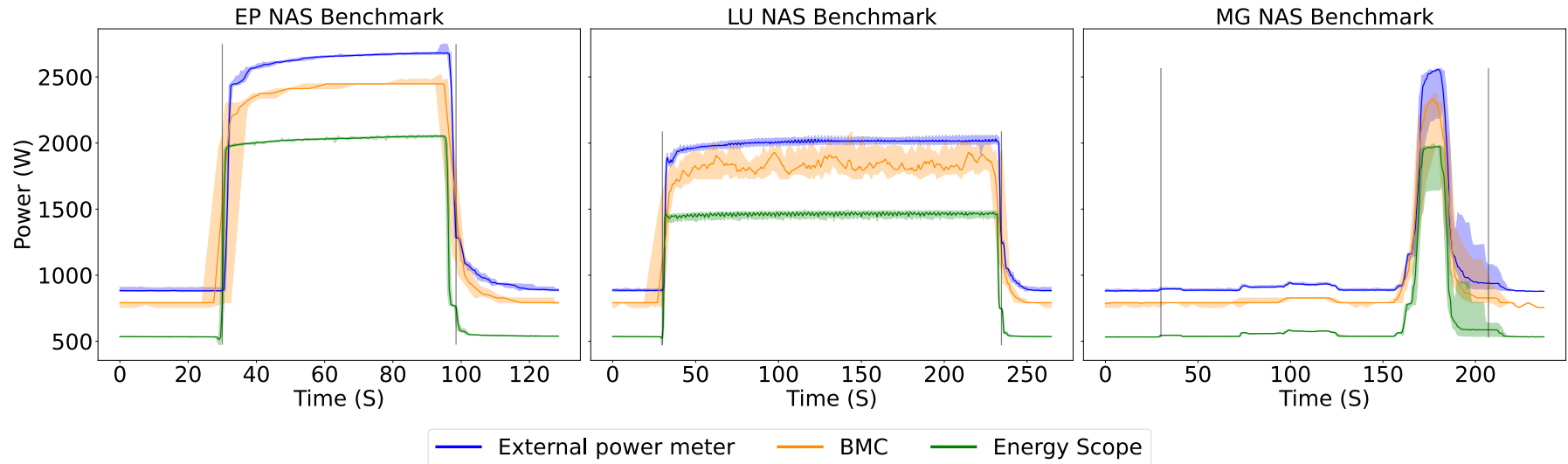
$$\text{Energie} = \text{TDP} \times \text{Utilisation moyenne} \times \text{Temps d'exécution}$$

Liste des outils

Liste des outils logiciels

- Logiciels de profilage
 - Energy Scope
 - Power API
 - Scaphandre
- Bibliothèques de mesure d'énergie
 - Carbon Tracker
 - Code Carbon
 - Experiment Impact Tracker
- Calculateur en ligne
 - Green Algorithm
 - MC CO2 Impact
- Beaucoup d'autres
 - Des outils en ligne de commande
 - Perf
 - PowerTop
 - Des simulateurs
 - Des logiciels non open source
 - Greenspector
 - ...

Logiciel de profilage



Librairies Python

```
import impactlib
# Loading dataset and processing it
tracker = impactlib.init()
tracker.start()
# Training
tracker.stop()
# Exporting results:
tracker.energy_consumption
tracker.carbon_emissions
```

Green Algorithms

How green are your computations?

Details about your algorithm

To understand how each parameter impacts your carbon footprint, check out the formula below and the [methods article](#)

Runtime (HH:MM):

Type of cores:

CPUS

Number of cores:

Model:

GPUS

Number of GPUs:

Model:

Memory available (in GB):

Select the platform used for the computations:

Select location:

Do you know the real usage factor of your CPU?

☒ Yes ☐ No

Do you know the real usage factor of your GPU?

☒ Yes ☐ No

Do you know the Power Usage Efficiency (PUE) of your local data centre?

☒ Yes ☐ No



4.55 kg CO2e
Carbon footprint



116.82 kWh
Energy needed



4.96 tree-months
Carbon sequestration



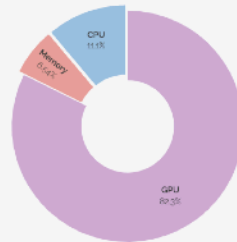
26.00 km
in a passenger car



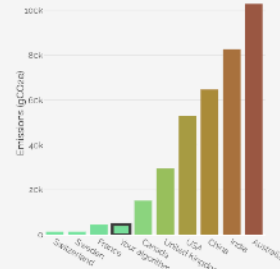
9 %
of a flight Paris-London

Share your results with [this link!](#)

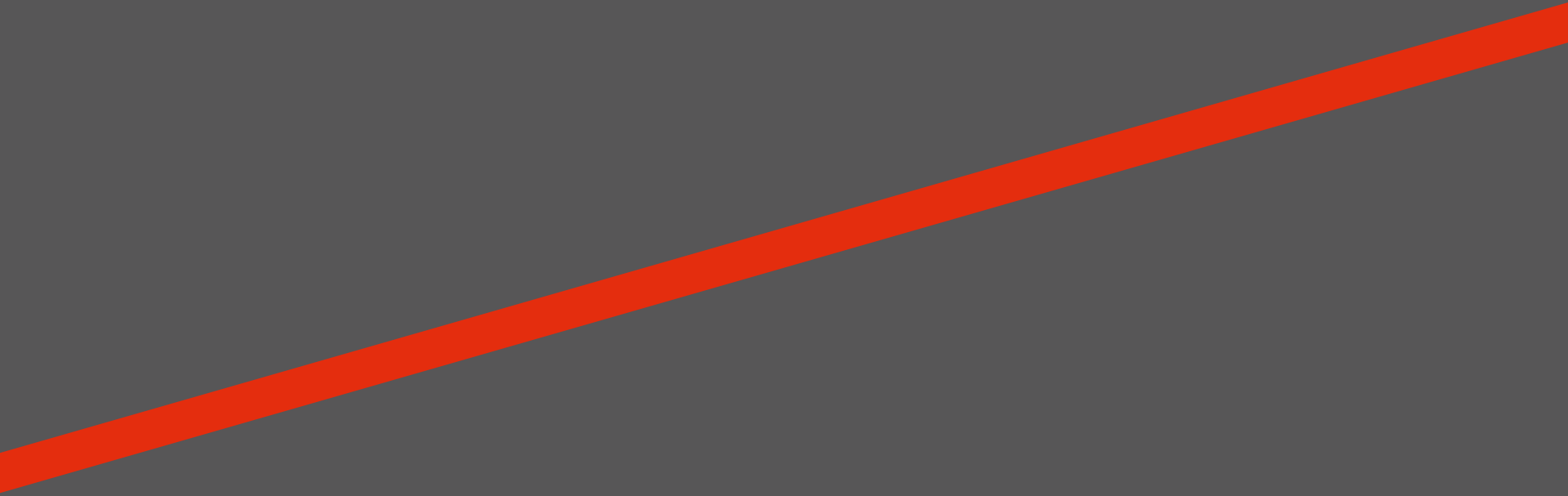
Computing cores VS Memory



How the location impacts your footprint



Recommendations



Cas d'étude

1. Mesurer la consommation d'énergie de son workload

➡ Logiciel de profilage, librairie de mesure, calculateur en ligne

➡ Wattmètres si on veut être exacte

2. DSI pour surveiller la consommation de sa plateforme en temps réel

➡ Logiciel de profilage (Scaphandre, PowerAPI, powerTop)

3. Ingénieur voulant mesurer l'impact des jobs envoyés dans un cloud

➡ Calculateur en ligne, les logiciels qui permettent de faire une prédiction par processus

Cas d'étude

- Durée de la tâche à analyser peut varier

➡ Fréquence d'acquisition dépend fortement d'un outil à l'autre

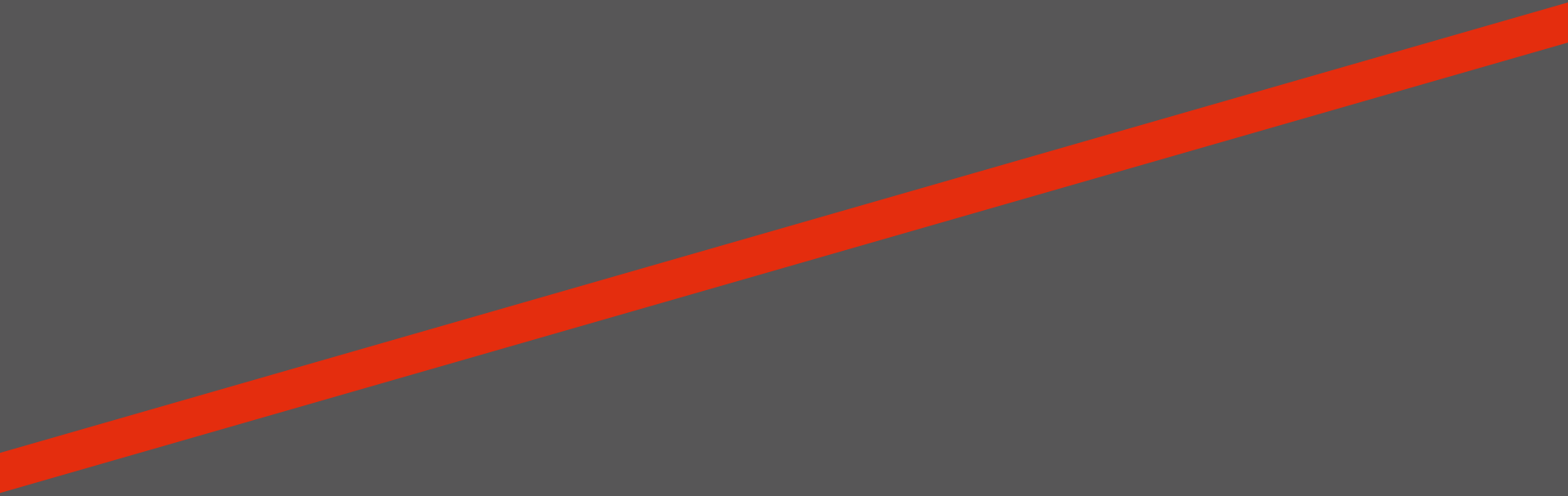
- Est ce qu'on utilise un GPU ?

➡ Tous les outils ne supportent pas la mesure des GPUs

- Facilité d'installation et d'utilisation

➡ Calculateur en ligne

Limite des outils



Équipements non inclus

- **Internet**

- EcoIndex
- PlugIn navigateurs : Globemallow, GreenIT analysis

- **Équipement utilisateur**

- Outils basés sur consommation de la batterie

- **Infrastructure réseau**

- Routeurs, amplificateurs, antennes
- Figure 16-1 : Transmettre 1 Go de données sur le réseau de fibre optique RENATER entre Orsay et Montpellier a une empreinte carbone moyenne de 1,5 g équivalent CO2
- Intensité de la transmission de donnée en électricité : 0.06 kWh/Go en 2015 (Aslan et al.)
- Efficacité énergétique

- **Cloud**

- Cloud carbon footprint

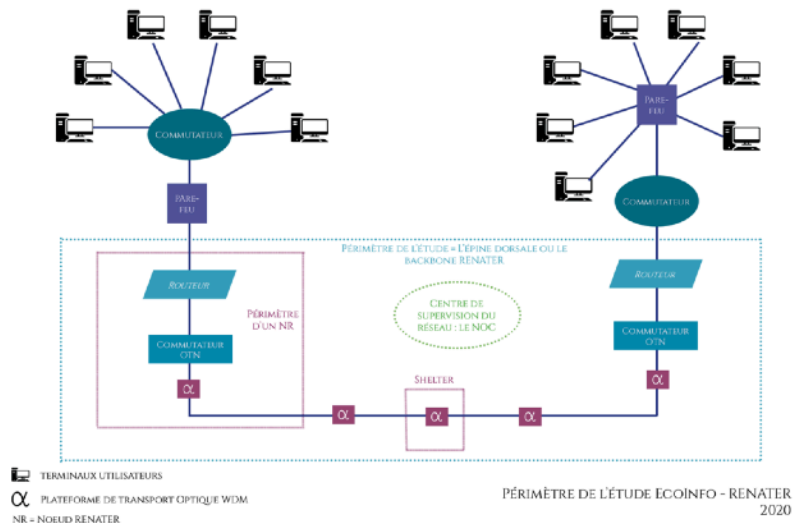


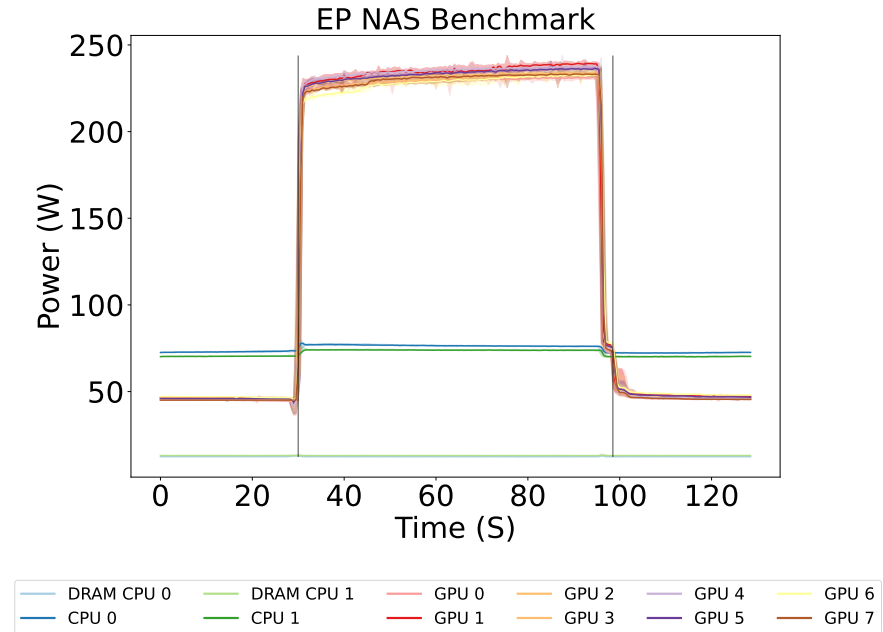
Figure 16-1 : Étude EcoInfo - Renater

Fausse croyances

Au niveau d'un serveur

- L'énergie consommée est proportionnelle à la performance
- Un serveur ne consomme rien lorsque qu'il n'est pas utilisé
- Consommation d'un serveur est constante dans le temps
- Chaque répliqua d'un modèle de serveur consomme la même quantité d'énergie

(Exposé de Anne-Cécile Orgerie à Compas22)



Fausses croyances

En général

- Le calcul sur le Cloud est neutre en carbon
- Les processeurs basse-consommation consomment moins
- Amélioration exponentielle de l'efficacité énergétique au cours du temps

(Exposé de Anne-Cécile Orgerie à Compas22)

Pro and cons

+ Avantages

- Beaucoup de choix d'outils
- Bonne précision
- Visualisation de l'évolution des métriques
- Permet d'avoir des métriques de comparaison

- Inconvénients

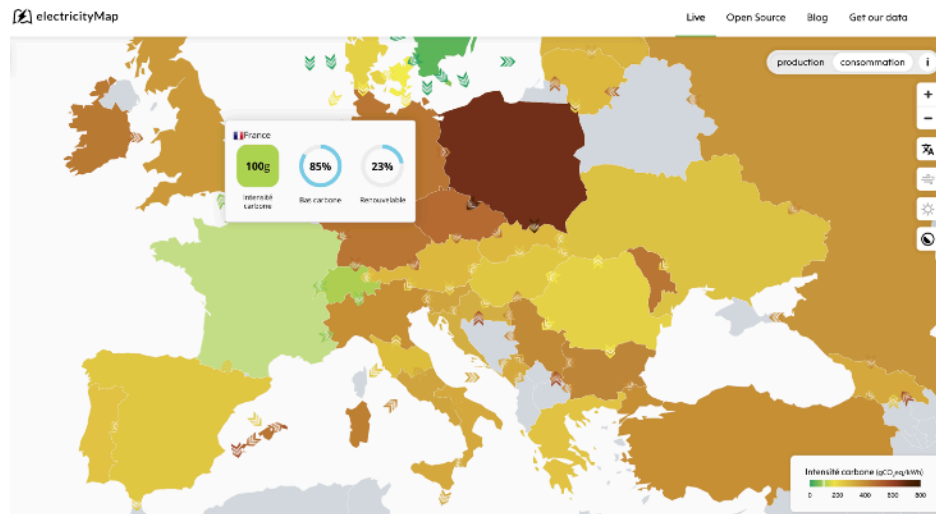
- Rarement exacte
- Précision variable et incertaine
- Peut être complexe à mettre en place à grande échelle
- Difficulté du choix de l'outil
- Tradeoff précision / facilité d'utilisation

Être capable de mesurer l'énergie consommée par un service n'est pas nécessaire pour commencer des démarches de réduction.

Ouverture

Émission de CO2

- Quels outils ?
 - Inclus dans la plupart des outils étudiés
- À partir de l'électricité
 - Intensité carbone
 - Disponible en temps réel (API)
- Équivalence des émissions liées à la fabrication des équipements
 - Ecoinfo
 - Labo1point5



$$\text{Emissions carbonees} = \text{Energie} \times \text{Intensité carbone}$$

Facteurs extérieurs

- PUE (Power Usage Effectiveness) pour les centres de données (Refroidissement, batteries)
- PSF (Pragmatic Scaling Factor) pour les tâches qui doivent systématiquement être exécutées plusieurs fois

$$\text{Energie totale} = \text{Energie} \times \text{Facteurs extérieurs}$$

Conclusion

Merci de votre attention.

Place aux questions !

N'hésitez pas à me contacter si vous souhaitez la référence des éléments que j'ai présentés - ou si vous désirez plus de détails.