LMD Climactions

Aide au calcul d'empreinte carbone pour les projets de recherche

janvier 2025

Table des matières

I Calcul numérique **2**

A Calcul . . . 2

B Stockage . . . 3

C Achat d'ordinateur . . . 3

II Campagnes **3**

A Avions . . . 4

B Bateaux . . . 4

C Voitures . . . 5

D Campagne Antarctique . . . 5

E Matériel . . . 5

F Missions spatiales . . . 5

III Missions **6**

IV Organisation d'un workshop **6**

A Déplacements associés . . . 6

B Salle . . . 6

C Repas . . . 7

Ce document vise a permettre une évaluation de son projet scientifique lors de sa demande de financement ANR ou ERC. Il fait partie d'un corpus de documents dont un tableur pour centraliser les calculs si besoin, un guide court avec les chiffres principaux et enfin ce document un peu plus guidé et détaillé qui pourra servir dans les potentielles discussions de réduction d'empreinte carbone du projet. Pour chaque catégorie, **on compte ce qui est financé par le projet**.

Cette aide au calcul est **évolutive** : n'hésitez pas à faire des retours pour rajouter des chiffres, en corriger certains, faire des suggestions, à `climactions@lmd.ipsl.fr`.

I Calcul numérique

A Calcul

Obtenir le nombre d'heures effectuées pour un projet :

Type de calculateur	**Empreinte Carbone [tCO2e/h.cœur]**
GENCI CPU	1.2×10^{-6}
GENCI GPU	6.7×10^{-5}
Mésocentre	2.5×10^{-6}

TABLE 1 – Facteurs d'émission par type de calculateur.
Source :
Pour les Grands Equipements Nationaux de Calcul Intensif : `https://apps.labos1point5.org/documentation` (puis "Facteurs d'Émission (FE)", puis tout à droite "Activités de recherche"), et `https://labos1point5.org/les-rapports/estimation-empreinte-calcul` (La valeur pour les CPU correspond à Joliot-Curie ROME ou Jean Zay, tandis que la valeur pour les GPU correspond à Jean Zay).
Pour les mésocentres, le chiffre vient du rapport MesoNET : `https://hal.science/hal-04728710`.

Pour faire l'estimation de l'empreinte carbone du calcul numérique, il faut distinguer les heures de calcul sur le mésocentre et sur les supercalculateurs. Ainsi, si les heures de calculs seront effectuées sur un supercalculateur, il faut utiliser les 2 premiers chiffres (distinction CPU/GPU). Sinon, il faut utiliser l'estimation faite par le rapport MesoNET.

Pour faire une estimation d'activité pour un projet, il est aussi possible sur Spirit (et Spirit-x) de taper la commande suivante, qui donne le nombre d'heures de calcul effectuées entre 2 dates :

```
sreport -t HourPer cluster AccountUtilizationByUser Users=username Start=2019-01-01 End=2025-01-01
```

Pour les supercalculateurs GENCI, il faut demander à son·a porteur·se de projet DARI de regarder sur `www.edari.fr`. À noter que le détail n'est pas toujours disponible par utilisateur·rice. L'empreinte carbone des heures consommées par le projet est également donnée par eDARI.

B Stockage

Pour le stockage, le but ici est d'estimer la quantité de données utilisées pour son projet en Go par an. Pour obtenir le nombre de Go stockés sur Spirit, on peut utiliser la commande suivante :

```
quotas
```

Le facteur de conversion suivant permet ensuite d'obtenir une empreinte carbone associée au stockage :

Type de service de stockage	**Empreinte Carbone [tCO2e/Go.an]**
Indifférencié (ordre de grandeur)	20×10^{-6}

TABLE 2 – Facteur d'émission par type de service de stockage.
Source : rapport MesoNET : `https://hal.science/hal-04728710`, section 3, ordre de grandeur.

C Achat d'ordinateur

Pour compléter l'empreinte carbone du numérique, on peut estimer l'ordre de grandeur de celle de l'achat d'un nouvel ordinateur :

Type d'ordinateur	**Facteur d'émission [tCO2e/€]**
Ordinateur portable ou fixe	0.43

TABLE 3 – Facteur d'émission pour un achat d'ordinateur.
Source : codes NACRES, `https://apps.labos1point5.org/documentation`.

II Campagnes

Avec les différents projets auxquels nous avons eu accès, nous avons identifié l'utilisation récurrente des instruments et transports suivants. Cette liste n'est pas exhaustive, mais peut permettre d'identifier l'ordre de grandeur correspondant à ses besoins. N'hésitez pas à contacter l'équipe de Climactions si vous identifiez un besoin récurrent et que vous souhaitez l'ajouter à ce document.

A Avions

Type d'avion	**Facteurs d'émission [tCO2e/vol]**
King Air	3
HALO	46
ATR42	15
Piper	1.3
Falcon-20	12

TABLE 4 – Facteurs d'émission pour les avions de campagnes. Le calcul a été réalisé en se basant sur la capacité du réservoir de chaque avion, en partant du principe qu'un vol correspondait à l'utilisation complète du réservoir.

B Bateaux

Type de navire	**Facteurs d'émission [tCO2e/jour]**
Marion Dufresne	21
Atalante	31
Thalassa	19
Pourquoi Pas	47
Antea	9
L'Europe	9
Thetys II	7
Thalia	2
Haliotis, Antédon II	1.5
Bateau de recherche - Meteor	36
Côtes de la Manche	7

TABLE 5 – Facteurs d'émission pour les navires de campagnes. Source : FOF.

C Voitures

Type de voiture	**Facteurs d'émission [tCO2e/km]**
Voiture à essence	0.0002
Voiture diesel	0.0002
Voiture électrique	0.00001

Table 6 – Facteurs d'émission pour les voitures. Source : Labos1.5.

D Campagne Antarctique

Campagne Antarctique	**Facteurs d'émission [tCO2e/personne/jour]**
Indifférencié (ordre de grandeur)	2

Table 7 – Facteur d'émission pour les campagnes en Antarctique. Source : Bilan carbone de l'IPEV de 2022 : `https://institut-polaire.fr/wp-content/uploads/2021/03/communiquepresse-bilancarbone-25mars2021.pdf`.

E Matériel

Type de sonde	**Facteurs d'émission [tCO2e/sonde]**
Radiosonde à l'hélium	0.5
Radiosonde sans hélium (e.g. hydrogène)	0.05
Dropsonde	0.2

Table 8 – Facteurs d'émission pour les sondes de campagnes. Source : ?

F Missions spatiales

Lancement d'un satellite	**Facteurs d'émission [tCO2e/kg de satellite]**
Lancement	50

Table 9 – Facteur d'émission pour le lancement d'une nouvelle mission spatiale. La masse utilisée est celle du satellite. Source : Knödlseder et al., 2024, `https://www.nature.com/articles/s41550-024-02346-0`.

III Missions

Pour les missions dont vous auriez déjà connaissance de la destination, vous pouvez directement utiliser le lien suivant pour calculer l'empreinte du transport : `https://apps.labos1point5.org/travels-simulator`. On peut grâce à ça facilement calculer les émissions en complétant un tableau de ce type :

Ville de départ	**Ville d'arrivée**	**Aller-retour ? oui/non**	**Coût carbone [tCO2e/pers]**	**Nb de personnes**	**Bilan [tCO2e]**

TABLE 10 – Empreinte carbone des missions.

Si vous n'avez pas la destination exacte de votre mission, mais que vous savez qu'il y aura une mission associée à votre projet, vous pouvez utiliser les ordres de grandeurs suivants :

Type de voyage financé	**Empreinte Carbone [tCO2e]**
Train AR France	0.003
Train AR Europe	0.040
Avion AR Europe	0.420
Avion AR transcontinental	2.5

TABLE 11 – Facteurs d'émission d'un aller-retour.
Source : simplifié d'après `https://apps.labos1point5.org/travels-simulator`, Paris-Lyon, Paris-Vienne, Paris-Denver.

Ces chiffres sont des ordres de grandeurs à titre indicatif. Par exemple, pour le train en Europe, nous avons choisi Paris-Vienne car c'est un trajet effectué couramment dans nos laboratoires.
Pour les repas pris lors des missions, voir les facteurs d'émission dans la section C.

IV Organisation d'un workshop

A Déplacements associés

Cela correspond par exemple à la partie *Travel support* d'un projet. Vous pouvez vous référer aux ordres de grandeur de la table 12 dans la section précédente.

B Salle

Pour le chauffage ou la climatisation d'une salle, on estime l'ordre de grandeur suivant :

Salle pour un workshop	Empreinte Carbone [tCO2e/personne/jour]
Indifférencié (ordre de grandeur)	5×10^{-3}

TABLE 12 – Facteur d'émission d'une salle pour un workshop. Source : on considère $\tilde{1}00$ W/m^2 et $\tilde{3}$ m^2/personne.

C Repas

Les ordres de grandeur pour les types de plats suivants sont sciemment détaillés pour que chacun·e puisse avoir les ordres de grandeur de ce qu'il·elle met dans son assiette. Pour faire une estimation facilement, en lien avec la mesure 4 qui stipule que les repas commandés pour un projet porté par le LMD devront être par défaut végétariens, nous conseillons d'appliquer un rapport de proportionnalité de 80-20 végétarien/carné pour les repas organisés dans le cadre d'un workshop.

Type de repas	Empreinte Carbone [tCO2e/pers]
Carné viande rouge	5.5×10^{-3}
Carné viande blanche ou poisson	2.1×10^{-3}
Végétarien	1.1×10^{-3}
Végétalien (végan)	7.9×10^{-4}

TABLE 13 – Facteurs d'émission par type de repas.
Source : `https://apps.labos1point5.org/documentation` (puis "Facteurs d'Émission (FE)", puis "Alimentation").

Choix et remarques

Tout calcul d'empreinte carbone conduit à faire des choix qui sont par essence subjectifs. Nous détaillons ci-dessous quelques choix que nous avons faits :

- L'empreinte carbone de la livraison (des repas, des achats...) n'est pas prise en compte.
- L'empreinte carbone associée aux salaires n'est pas prise en compte.
- L'empreinte carbone associée aux publications n'est pas prise en compte.