

# Groupe LOCEAN-CLIM ACTIONS

## Protocole de l'estimation du bilan carbone du LOCEAN

### Postes identifiés

- 1- Transport/missions
- 2- Calcul au sens des centres nationaux, et incluant les espaces de stockage et leur utilisation
- 3- Fonctionnement/équipement/hébergement, incluant l'informatique locale et le travail de laboratoire
- 4- Campagnes à la mer/terre
- 5- Spatial : abandonné car trop difficile à faire

### Ressources

Les calculs se sont appuyés sur la consultation et sur l'information des sites suivants :

- <https://en.oui.sncf/en/help-en/calculation-of-co2-emissions-on-your-train-journey>
- <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/>
- <http://developpement-durable.airfrance.com/FR/fr/local/calculateurCO2/calculateurCO2PassagerIframe.htm>
- <http://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/>

## Transport/Missions

### Loi française

"L'article L.1431-3 du code des transports dispose que "toute personne qui commercialise ou organise une prestation de transport [...] doit fournir au bénéficiaire de la prestation une information relative à la quantité de gaz à effet de serre [...] pour réaliser cette prestation " cf. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000023086525&idArticle=LEGIARTI000023630118>

### Périmètre d'analyse

Les missions LOCEAN avec frais en

- train;
- avion;
- autobus;
- bateau.

Dans la pratique, aucune mission n'indique d'utilisation des autobus et des bateaux.

Ne sont pas prises en compte

- les missions sans frais ;
- les missions sur des crédits qui ne sont pas du labo ;
- les missions invisibles (celles qui n'apparaissent pas dans le système de gestion sous l'étiquette LOCEAN).

Les trajets d'acheminement domicile-[aéro]gares ne seront pas pris en compte.

Toutes les données sont anonymisées par le service administratif avant leur traitement par le groupe CLIM ACTIONS. En effet, nous n'avons pas le droit d'utiliser des données nominatives.

## Sources d'informations

L'obtention des données de mission n'est pas une tâche aisée. Il avait été envisagé en première intention d'utiliser les fiches itinéraires. Cette piste a été abandonnée car le format de ces fiches est hétérogène ne permettant pas un traitement automatisé. En outre, l'information sur l'empreinte carbone est souvent absente et quand elle est indiquée, la comptabilité n'est pas homogène. La piste retenue est l'obtention du listing des missions auprès des tutelles ou des agences de voyage. Pour l'IRD, le listing des missions peut être obtenu par l'intermédiaire du logiciel MAPS. L'information utilisée est : la ville de départ, la ville d'arrivée, la durée du voyage et le matricule de l'agent. Le moyen de transport n'est pas indiqué. Pour le CNRS, nous avons obtenu le listing des missions auprès du voyageur FCM. L'information utilisée regroupe le circuit de la mission, le moyen de transport, la durée de la mission. Nous n'avons pas d'information permettant une analyse fine des déplacements au niveau des individus, à l'inverse de l'IRD qui fournit le numéro de matricule. Pour SU, le listing disponible par les outils de gestion est non utilisable et n'inclut que la ville de destination.

## Méthode de calcul

Pour le calcul, les facteurs d'émission pour l'avion ont été obtenus de la base carbone de l'ADEME. Les chiffres retenus sont de 0.29 kgCO<sub>2</sub>e/km pour les voyages court-courrier (< 3000 km) et 0.21 kgCO<sub>2</sub>e/km pour les voyages long courrier. Ces facteurs d'émission suppose un RFI de 2. Pour le train, nous avons utilisé une empreinte de 0.03 kgCO<sub>2</sub>e/km. C'est une moyenne européenne, donc probablement un peu élevée en France du fait du nucléaire important. Lorsque le moyen de transport n'est pas disponible, l'hypothèse retenue est que les trajets de moins de 700km km sont faits en train et les autres en avion. Les résultats sont très peu sensibles (< 5%) à cette hypothèse. Par ailleurs, l'analyse des voyages pour lesquels le moyen de transport est indiqué montre qu'aucun trajet supérieur à 800 km a été fait en train. On a ensuite utilisé l'outil de Frédéric Boone pour calculer l'empreinte (merci à lui!). Cet outil (python) calcul la distance géodésique du trajet, en incluant les étapes lorsqu'elles sont disponibles. Cette distance est ensuite multipliée par le facteur d'émission correspondant au moyen de transport utilisé.

## Calcul informatique

## Périmètre d'analyse

On souhaite évaluer l'empreinte carbone du calcul et du stockage de données au LOCEAN. Il s'avère plus facile d'étendre d'abord le périmètre à l'ensemble de l'IPSL, car des infrastructures (salle de serveurs, supercalculateurs) et des projets importants (comme le Coupled Model Intercomparison Project dit CMIP) sont partagés avec les autres laboratoires de l'IPSL. Les sources de consommation d'énergie considérées sont :

1. Le calcul intensif effectué sur les supercalculateurs. Ces derniers sont gérés par GENCI (Grand Equipement National de Calcul Intensif) et répartis sur trois centres nationaux : TGCC, IDRIS et CINES.
2. Le calcul et le stockage sur les serveurs locaux (datacentre de l'IPSL).
3. Le stockage et la distribution des sorties de modèles en dehors des supercalculateurs et des serveurs de l'IPSL. Un exemple est le système ESGF (Earth System Grid Federation) pour les sorties de modèles liées au projets d'intercomparaison (CMIP et autres MIPs).

L'objectif est d'avoir une mesure de l'empreinte carbone la plus intégrée possible, incluant non seulement les coûts d'utilisation mais aussi le coût énergétique de construction/démantèlement des infrastructures. L'attribution de l'empreinte calculée au niveau IPSL est ensuite répercutée au laboratoire sur la base de l'importance relative du LOCEAN au sein de l'IPSL en terme de personnels.

Les ordinateurs de bureau ne sont pas considérés ici ; leur empreinte est évaluée dans la section fonctionnement.

## Méthode de calcul

### Supercalculateurs

Des mesures assez précises de la consommation liée au calcul et au stockage des données ont été fournies par le TGCC. Sur la base des simulations CMIP6 effectuées sur Curie, on estime qu'un coeur actif consomme 17 W, donc une heure cpu représente 17 Wh. En outre, en 2018, le stockage des données CMIP6 a mobilisé 26 kW ( $E_{\text{stockage}}$ ). Ces chiffres doivent ensuite être multipliés par un facteur d'efficacité dit Power Usage Effectiveness (PUE). Le PUE représente le ratio de la consommation électrique totale de l'infrastructure (incluant climatisation, armoire électrique, etc) sur la consommation des équipements informatiques. Il est estimé à 1.43 au TGCC.

La base carbone de l'ADEME et la base SIMAPRO indiquent que le contenu en carbone de l'électricité est de 112 g de CO<sub>2</sub> par kWh, en moyenne en France. Le chiffre serait 4 fois plus élevé si on utilisait la moyenne européenne du contenu en carbone de l'électricité (source : AIE).

À ce chiffre il faut ajouter les coûts de construction/démantèlement des équipements. Des études menées par les constructeurs Dell (<https://i.dell.com/sites/content/corporate/corp-comm/en/Documents/dell-server-carbon-footprint-whitepaper.pdf>) et IBM, et une étude du Shift Project (<https://theshiftproject.org/article/pour-une-sobriete-numerique-rapport-shift/>), indiquent que l'empreinte carbone hors utilisation d'un serveur de calcul typique se situe entre 400 et 600 kg de CO<sub>2</sub>. En France, l'utilisation d'un serveur représente environ 1200 kg de CO<sub>2</sub>, et l'ensemble du cycle de vie environ 1700 kg de CO<sub>2</sub>. On peut

donc multiplier par 1.42 l'empreinte carbone d'utilisation pour estimer l'empreinte carbone totale. On appellera ce facteur FCYC. L'empreinte totale est donc calculée comme  $\text{Heures de calcul} * 17W * F_{\text{électricité}} * PUE * FCYC + E_{\text{stockage}} * PUE * FCYC$ . Le choix a été de fait multiplier le tout par FCYC (y compris le stockage) car le cycle de vie des serveurs de stockage et des infrastructures hébergeant les calculateurs doit être pris en compte.

## **Datacentre de l'IPSL**

Pour le datacentre, on a l'utilisation électrique complète de la salle informatique qui peut donc être directement utilisée pour calculer les émissions équivalentes des serveurs et de l'infrastructure. On a également pris en compte l'empreinte associée à la production des serveurs en utilisant un amortissement de 7 ans qui correspond à la moyenne de renouvellement des serveurs.

# **Fonctionnement**

## **Périmètre d'analyse**

Le fonctionnement du labo inclut :

- le bâtiment hébergeant le labo ;
- La consommation d'énergie primaire du labo pour l'éclairage, le chauffage et l'alimentation électrique ;
- les consommables de bureau, le mobilier ;
- l'équipement informatique local ;
- la maintenance des appareils scientifiques ;
- l'alimentation correspondant aux repas et pots.

Ne seront pas prises en compte

- les transports pour venir travailler ;
- une partie de l'utilisation d'internet et la visioconférence
- Tout ce qui n'est pas compté ci-dessous ;).

Le choix motivant la non prise en compte des trajets domicile travail repose sur deux raisons : 1) le laboratoire étant situé dans Paris intra-muros, très peu de déplacements sont faits par des moyens motorisés (automobiles, motos) de même que ces transports sont pour la plupart courts (en moyenne quelques kms) ; (2) L'obtention de ces informations demande de faire une enquête auprès du personnel ce qui est lourd et expose à un taux de réponse peu satisfaisant posant la question de la représentativité des réponses. Ce problème s'est par exemple posé lors de l'enquête IPSL sur les personnels de recherche et la transition dans la recherche française.

## **Documents de référence**

L'information de l'ADEME et de la base Carbone a été essentiellement utilisée ici.

On a également utilisé les informations du GDS EcoInfo <https://ecoinfo.cnrs.fr/2019/04/02/hceres-section-developpement-durable/>

## Sources d'informations

L'obtention des données est là également très difficile pour faire une estimation précise. Les données utilisées ne permettent que de faire des estimations indirectes. Les calculs sont essentiellement faits à partir du budget du laboratoire et de la surface des bureaux. Une partie des estimations reposent également sur des calculs à la louche basés sur le nombre moyen de personnels du laboratoire (175). Pour les facteurs d'émission, nous les avons obtenu de la base Carbone pour la plupart. On a également utilisé les informations du GDS EcoInfo <https://ecoinfo.cnrs.fr/2019/04/02/hceres-section-developpement-durable/>

## Méthode de calcul

L'empreinte liée à la consommation d'énergie des locaux a été estimée en se basant sur la surface du laboratoire. Le CEREN propose d'utiliser une empreinte de 243 kWh/m<sup>2</sup>/an pour des bureaux chauffés et 89 kWh/m<sup>2</sup>/an pour des locaux non chauffés. L'hypothèse retenue est que les locaux sont chauffés 6 mois par an (de mi-octobre à mi-avril).

L'empreinte liée aux bâtiments (construction, entretien) a été également estimée à partir de la superficie des locaux. L'amortissement préconisé est de 30 ans. Du fait de la "reconstruction" de Jussieu liée au chantier de l'amiante, on a supposé que nous étions encore dans la durée de l'amortissement. L'ADEME préconise une empreinte de 825 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>.

Pour les repas, l'ADEME a estimé l'empreinte d'un repas moyen à 2.03 kgCO<sub>2</sub>e/repas (0.5 pour un repas végétarien local, 6.3 pour un repas avec boeuf). On suppose que les personnes du LOCEAN prennent un repas par jour, 210 jours par an.

Pour l'informatique commune (équipe réseau), l'ADEME préconise lorsque l'empreinte ne peut être calculée directement d'utiliser 980 kgCO<sub>2</sub>/k€. On utilise alors le budget équipement de l'équipe informatique.

Pour les différentes fournitures de bureau, le papier, le mobilier, nous avons utilisé les chiffres de l'ADEME combinés au budget du labo et au nombre de personnes travaillant au LOCEAN. Le détail n'est pas fourni ici. Au final, cela représente une très faible proportion de l'empreinte de fonctionnement.

Pour le matériel informatique, nous avons utilisé l'inventaire du laboratoire. Pour les ordinateurs, seule l'empreinte liée à la fabrication est incluse car la consommation électrique est incluse dans les locaux. Pour un ordinateur, l'empreinte est de 404 kgCO<sub>2</sub>e/poste en moyenne, en se basant sur l'empreinte d'un ordinateur portable et d'un moniteur LCD 23,8 pouces (la grande majorité des personnels sont équipés de ces matériels). Pour les téléphones fixes, c'est 17 kgCO<sub>2</sub>e/poste. Pour les photocopieurs, c'est 2935 kgCO<sub>2</sub>/poste. L'amortissement du matériel informatique est de 5 ans.

La maintenance des appareils de laboratoires peut être estimée à partir des chiffres ADEME qui proposent de les fixer à 0.11 kgCO<sub>2</sub>/€ pour les prestations fortement matérielles (remplacement de pièce, travaux, ...) et 0.037 kgCO<sub>2</sub>/€ pour les prestations faiblement matérielles (révision, vérification, ...). Étant difficile de faire le choix à partir des informations purement comptables disponibles, il a été décidé de prendre la moyenne : 0.073 kg CO<sub>2</sub>e/€. On utilise ensuite le budget maintenance et services du labo.

Pour le mail, le laboratoire a la comptabilité du nombre de mails envoyés par jour ainsi que le trafic en Go/j associé. Selon l'ADEME, un mail avec une pièce jointe de 1 Mo représente 35 gCO<sub>2</sub> et un mail standard 4 gCO<sub>2</sub>. En faisant de simples règles de 3, on peut estimer (à la hache) que xx% des mails ont une pièce jointe de 1 Mo. Mais attention, environ 50% de l'empreinte d'un mail standard correspond à l'utilisation de l'ordinateur qui envoie et réceptionne le mail. Ceci est compté par ailleurs dans la consommation énergétique du labo. Il faut donc au plus diviser par 2 l'empreinte.

L'empreinte de la visioconférence doit être possible à réaliser en se basant sur les réservations des appareils de visioconférence qui sont recensées au laboratoire et sur la référence suivante : <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.02.009>.

## Campagnes à la mer

### Documents utiles

Rapport GES IFREMER: <https://wwz.ifremer.fr/content/download/84147/1051194/file/rapport-Bilan-GES-IFREMER-2014.pdf>

Guide méthodo : Comment réaliser un bilan (ADEME):

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/realisation-bilan-emissions-gaz-effet-serre-secteur-tertiaire-non-marchand-7642.pdf>

Emission transport (ADEME):

[https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/86275\\_7715-guide-information-co2-transporteurs.pdf](https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/86275_7715-guide-information-co2-transporteurs.pdf)

### Sources d'information

Matthieu Labonne, directeur des colibris, rédacteur du rapport GES de l'IFREMER; but: discuter de son estimation de GES de Genavir

Olivier Quebec / Goulwen Peltier, pôle opération navale de la direction de la flotte; but: avoir la consommation moyenne des navires de la flotte

Admin du labo; but: avoir le nombre de jour-homme en mer; liste transport CGS+Ulysse

### Méthode de calcul

1) Avoir une estimation moyenne approximative de la consommation des navires de la flotte par journée et par capacité de nombre de scientifiques embarqués (les gros bateaux consomment plus, mais logent plus de personnes)

- Avantage : on a un nombre unique à considérer pour chaque campagne

- Inconvénients : les différents bateaux ne consomment pas tous pareils ; les bateaux ne sont pas toujours remplis à leurs capacités max ; la consommation dépend de l'allure et de ce qu'on fait.

La consommation moyenne de la flotte pour les navires hauturiers est de 0.3 m<sup>3</sup>/embarquant/j et le facteur d'émission du fuel utilisé est de 3.76 kg de CO<sub>2</sub>/kg de fuel.

2) Connaitre le nombre de jour-homme mer au labo

3) Connaitre les allées et venues du transport de matériel en utilisant les factures passées aux deux prestataires de service de transport du laboratoire. Deux méthodes sont possibles ensuite :

(a) back of the envelope: on applique une règle de trois en se basant sur le montant total annuel pour en déduire un nombre de km approximatif pour chaque m3; le pb est que le transport avion/bateau est différent en termes de GES + le prix ne varie pas que pour en fonction de la distance, mais aussi en fonction de ce qui est transporté (e.g. lithium).

(b) On estime le kilométrage, volume, et moyen de transport pour chaque facture  
Et finalement, on prend les estimations de l'ADEME pour le cout en GES du transport fret maritime/avion.

## Petit addendum sur les transports

On pourra comparer ces résultats avec ceux produits par d'autres organismes :

- l'université d'Artois constate que 62 % de ses émissions de GES en 2015 sont imputables aux déplacements (y compris trajet domicile-travail) cf. <http://www.univ-artois.fr/L-universite/Action-ecologique-et-sociale/Le-bilan-GES>
- l'université de Rennes-2 <https://intranet.univ-rennes2.fr/drim/bilan-emissions-ges> arrive à un chiffre de 20 % en 2012
- l'université de Lyon 2 n'a pas inclus les missions dans son bilan 2011 <http://www.univ-lyon2.fr/vie-des-campus/emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-bilan-2011-521138.kjsp>
- l'université de Bretagne Occidentale arrive à un chiffre de 43 % dans son bilan 2012 [https://www.univ-brest.fr/digitalAssets/43/43651\\_BILAN\\_GES\\_V2.pdf](https://www.univ-brest.fr/digitalAssets/43/43651_BILAN_GES_V2.pdf)

## Chiffrage des émissions des missions de chacun

Il existe des outils de bilan CO2 personnel.

On voit les différences d'estimation sur un AR Paris-Dakar 4 212 km \* 2 équivalent à 5 h 15 \* 2

- Carbon Emissions Calculator de l'International Civil Aviation Organization (ICAO) (la référence des agences de voyage de nos missions) <https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx> AR Paris-Dakar 524 kgCO2 tCO2
- Calculateur de l'aviation civile française (DGAC) <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/>
- Fondation GoodPlanet <https://www.goodplanet.org/fr/calculateurs-carbone/particulier/> AR Paris-Dakar 2.4 tCO2

## Instance Tyndall Travel Tracker

Le Tyndall Centre met à disposition l'outil de mesure de l'empreinte CO2 de ses missions "Tyndall Travel Tracker".