

2023

RÉSULTATS BILAN ENVIRONNEMENTAL

ENSE3 , 2023



Projet d'ingénierie 2A, 2024 - GreEn-Record



SOMMAIRE

<u>1</u>	Introduction_ p3
<u>2</u>	Remerciements_ p3
<u>3</u>	Méthodologie_ p4
<u>4</u>	Résultats globaux_ p5
<u>5</u>	Bilan biodiversité_ p7
<u>6</u>	Détail par pôle_ p8
<u>7</u>	Plan d'action_ p17
<u>8</u>	Discussion_ p20
<u>9</u>	Conclusion_ p21

INTRODUCTION

L'ENSE3 est une institution d'enseignement supérieur située à Grenoble. Elle compte actuellement 1200 étudiants et est hébergée dans le bâtiment GreEn-ER sur la Presqu'île.

Ce document présente le bilan environnemental de l'ENSE3. Il inclut le bilan carbone lié aux activités de l'école ainsi que des bilans quantifiant son empreinte sur l'eau, la biodiversité, et les ressources en matériaux. Les bilans environnementaux autres que l'empreinte carbone sont extrêmement rares pour des structures comme les universités. Les bases de données relatives à l'empreinte environnementale sont aussi moins nombreuses que celles donnant les émissions de CO2 équivalent. Ce projet avait donc également comme objectif de définir une méthode afin de faciliter la réalisation des bilans environnementaux malgré le fait qu'il y ait peu de données sur les empreintes autres que carbone.

Le projet GreEn-Record consiste à réaliser le bilan environnemental de Grenoble INP - ENSE3 pour l'année civile 2023. Le projet est porté conjointement par Delphine Riu, directrice de l'ENSE3 et Loane Danes, ingénieure d'étude numérique responsable et transition numérique dans l'enseignement qui travaille à l'ENSE3 également. Depuis quelques années, l'ENSE3 réalise son bilan carbone grâce à des projets étudiants. Les bilans carbone de 2021 et 2022 ont été réalisés dans le cadre des projets d'ingénierie de première année pour lesquels 40h sont consacrées dans l'emploi du temps. Cette année, le projet est proposé aux deuxièmes années pour un volume horaire total de 120h.

Les impacts de l'activité humaine sur l'environnement ne se limitent pas aux émissions de gaz à effet de serre qui participent au réchauffement climatique. Le changement d'usage des sols qui s'artificialisent ou sont utilisés pour extraire des matériaux, la perte de biodiversité, le rejet de polluants dans l'environnement, la consommation d'eau douce résultent aussi de l'activité humaine et dégradent la qualité de l'environnement. Ces éléments font de plus en plus partie des limites planétaires qui sont des limites à ne pas franchir pour que l'humanité vive dans un environnement sain et durable. Ces limites sont au nombre de neuf et six ont déjà été franchies depuis 2022. Il est donc urgent d'agir au plus vite pour limiter les effets néfastes de l'activité humaine sur l'environnement.

Pour trouver des leviers d'actions pertinents à mettre en place et savoir comment agir efficacement, il est nécessaire d'évaluer les impacts de notre activité sur l'environnement.. Cela constitue l'objet de ce projet à l'échelle de l'ENSE3 pour lui permettre de réduire son empreinte sur l'environnement. Un projet avec de telles perspectives n'a jamais été réalisé à l'ENSE3 et est relativement rare dans les autres institutions ou structures.

REMERCIEMENTS

Nous aimerions exprimer toute notre gratitude envers ceux qui ont permis le bon déroulement de ce projet et qui nous ont aidés dans nos recherches et collectes de données, notamment M. Sylvain BOUVERET (professeur à Grenoble-INP ENSIMAG) pour son aide sur le numérique.

Nous remercions tout particulièrement Mmes Delphine Riu et Loane Danes qui nous ont accompagnés pendant ces quelques mois. Leur aide et leur soutien nous a permis de répondre à toutes nos craintes et doutes sur l'avancée ou sur le projet en lui-même.

METHODOLOGIE

Afin de réaliser le bilan environnemental du bâtiment GreEn-ER, nous avons mis en place la méthodologie suivante :

1. Définir un périmètre spatial, temporel, humain et des activités
2. Définir les impacts à considérer
3. Prise de contact et collecte des données
4. Recherche bibliographique
5. Quantification des impacts
6. Évaluation des incertitudes
7. Présentation d'un plan d'actions en conséquence

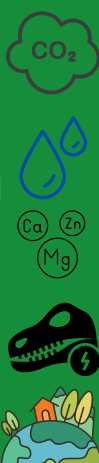
Une méthodologie détaillée est fournie dans le rapport "Méthodologie pour un bilan environnemental".

L'école héberge le RU et le G2ELAB que nous n'avons pas pris en compte pour ce bilan étant donné que l'école ne possède pas de moyen d'actions sur ces entités. De la même manière, les activités de recherche seront exclus du périmètre.



Les différents pôles :

Achats
Associations
Bâtiment et occupation du sol
Déchets
Énergie et eau
Évènements
Numérique
Transport et mobilité



Les impacts considérés :

Carbone
Eau
Antimoine (minerais et métaux)
Combustible fossile
Biodiversité

RÉSULTATS GLOBAUX

À l'aide de la méthodologie détaillée dans le rapport méthodologique, nous avons pu quantifier les impacts suivants :

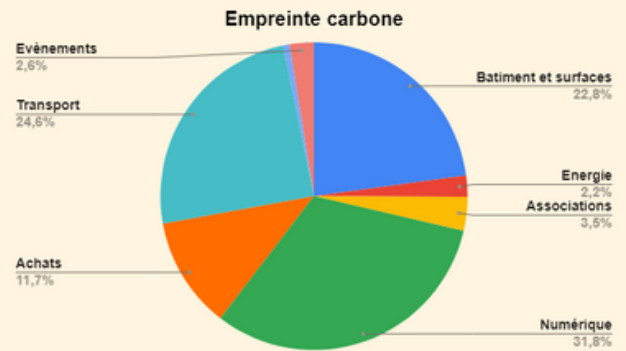
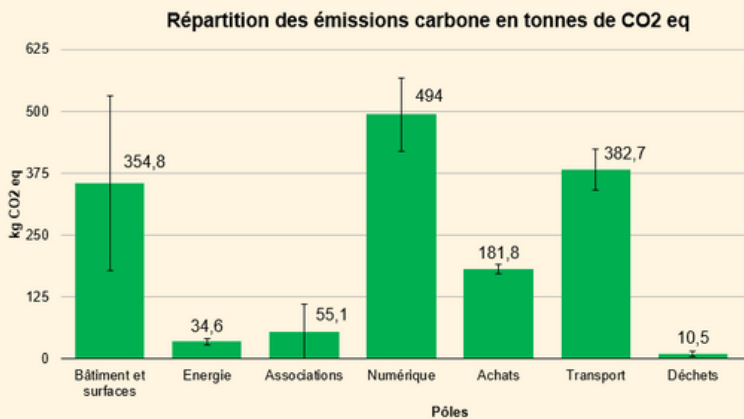
01

BILAN Carbone - 1553 ± 205 t CO₂ eq

L'ADEME fournit un important jeu de données permettant de quantifier le bilan carbone ainsi que ses incertitudes.

Afin de visualiser un peu mieux nos résultats, nous pouvons comparer nos émissions à celle d'un français moyen : 8 t CO₂ eq en 2022.

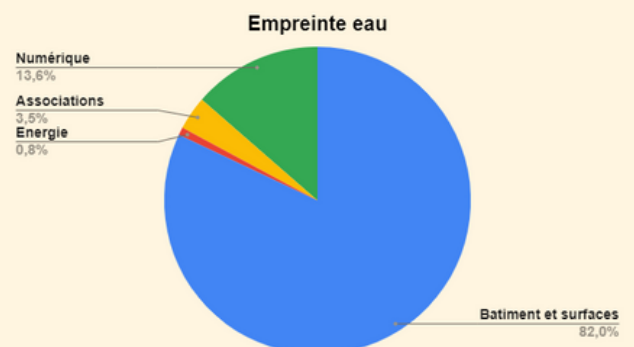
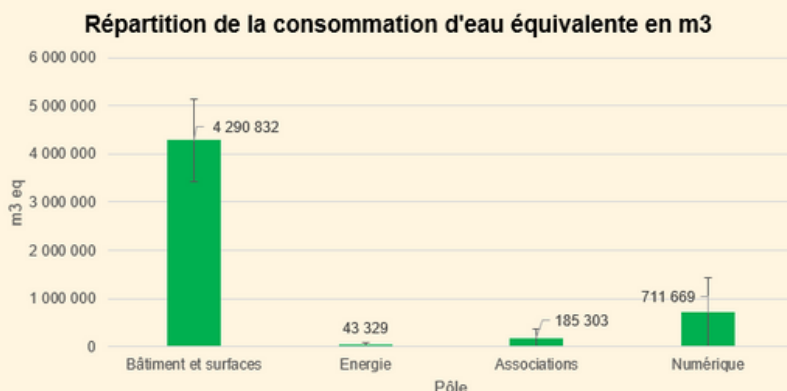
L'école comprenant environ 1500 personnes (enseignants, administration et étudiants compris), cela revient à environ 1 t de CO₂ eq par personne.



02

BILAN Eau - 5 231 133 ± 1 120 218 m³ eq

À l'aide des ACVs de chaque composant du bilan carbone, il est possible de déterminer la consommation de l'école en eau en m³ équivalent. Il est également possible de différencier l'eau grise (pollution de l'eau), l'eau bleue (eau de surface et souterraine consommée) et l'eau verte (eau de pluie consommée) selon la méthode Water Footprint Network (2005). Nous pouvons prendre comme valeur de référence la consommation annuelle en eau d'un français d'environ 54 m³ par an. Ainsi, notre impact eau en 2023 est équivalent à la consommation de plus de 96 000 français.

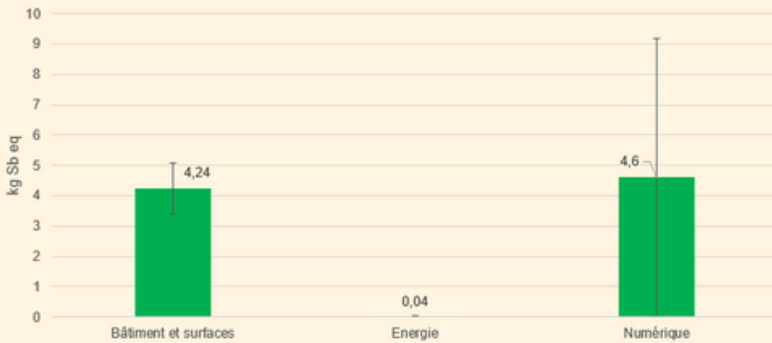


03

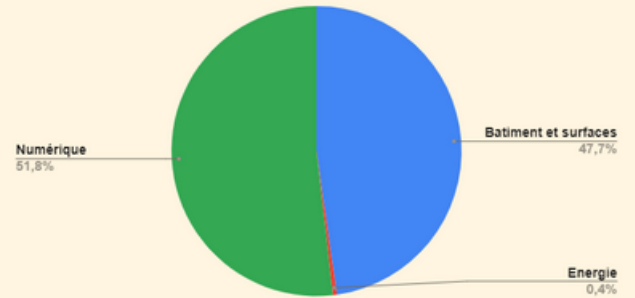
BILAN Ressources minérales et métalliques - 8,9 ± 4,7 kg Sb eq

L'équivalent utilisé pour l'utilisation en ressources minérales et métalliques est l'antimoine Sb. On utilise cette référence puisqu'il s'agit d'un corps rare intermédiaire entre les métaux et les métalloïdes, ayant un impact significatif sur l'environnement. Sachant qu'il faut 2,15E-03 kb Sb pour fabriquer un ordinateur, notre consommation annuelle est comparable à la production de 4130 ordinateurs.

Répartition de la consommation de ressources en kg Sb eq



Épuisement des minéraux en kg Sb eq

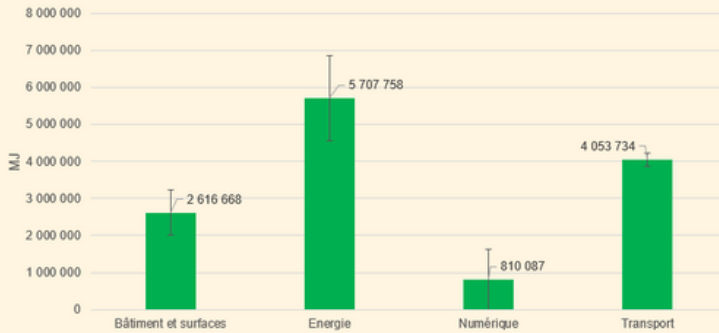


04

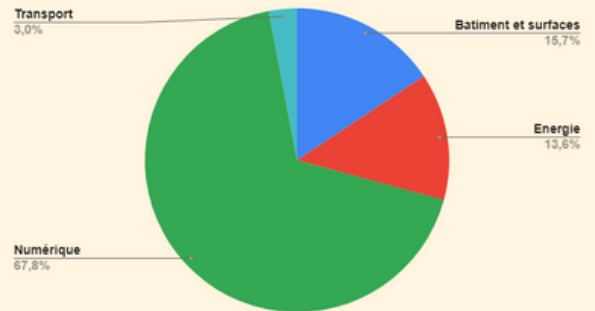
BILAN Ressources fossiles - 13 188 248 ± 1 535 589 MJ

L'utilisation de ressources fossiles se mesure en Mega Joules (MJ) équivalent. On utilise les ACVs ou les données de l'ADEME afin de déterminer cet équivalent. Afin de mieux se représenter cet ordre de grandeur, on peut comparer cela à l'énergie produite par l'ENSE3 en un an grâce aux panneaux photovoltaïques : 841 726 MJ. Ainsi l'ENSE3 consomme en terme d'énergie fossile en une année plus de 15 fois ce qu'elle produit grâce aux panneaux photovoltaïques.

Répartition de la consommation de ressources fossiles en MJ



Empreinte ressources minérales et métalliques

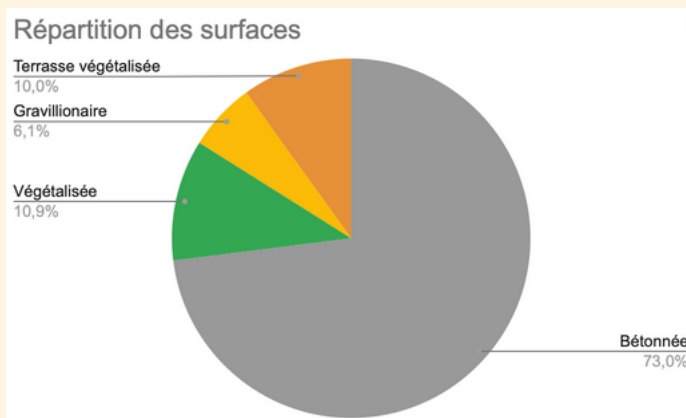


BILAN :
 1553 t CO2 eq
 5 231 133 m3
 8,9 kg Sb eq
 13 188 248 MJ

BILAN BIODIVERSITÉ



L'analyse des surfaces permet d'étudier différents paramètres. Nous avons ici choisi d'étudier l'imperméabilisation ainsi que le Coefficient de Biotope par Surface (CBS), permettant d'évaluer la proportion de surfaces favorables à la biodiversité en milieu urbain.



On remarque que 73% des surfaces du site de GreEn-ER sont des surfaces bétonnées ce qui signifie que le site est très imperméabilisé. L'imperméabilisation importante des sols favorise le risque d'inondations en empêchant l'infiltration de l'eau dans le sol. Elle favorise également le ruissellement, qui est à l'origine de l'acheminement des polluants vers les cours d'eau. L'imperméabilisation affecte également la température du milieu en contribuant à l'absorption de la chaleur.

Des inventaires de faunes ont été réalisés au moment de la floraison des arbres à l'arrière du bâtiment au niveau du parc à vélo. Les inventaires consistent à observer une zone de 50x50 cm ou une branche fleurie d'un mètre pendant 5 minutes. Tous les insectes et autres animaux qui traversent la zone d'observation sont comptabilisés en prenant soin de ne pas compter deux fois le même individu. 11 séries d'observations ont été réalisées réparties sur deux sessions à une semaine d'intervalle.

Cela nous a permis de calculer les indicateurs ci-dessous qui mesurent la diversité des espèces présentes.

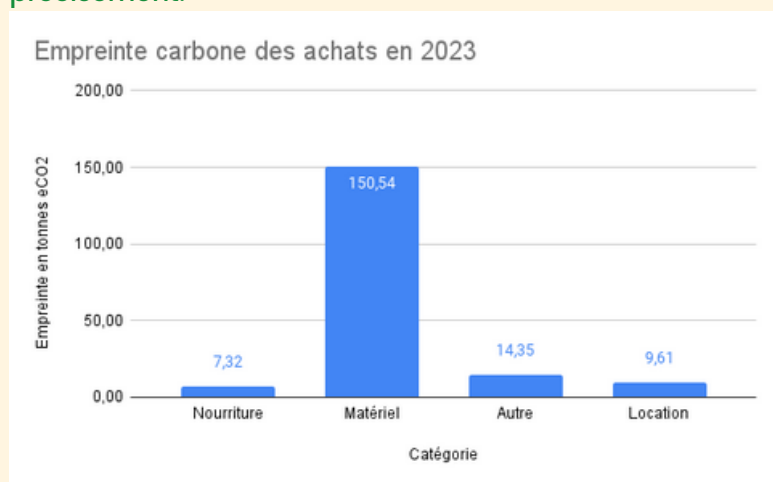
Indicateur biodiversité	Valeur cible	Valeur obtenue
Indice CBS : Déterminé à l'aide de QGIS et des plans fournis par l'école	0,3	0,197
Indices de diversité :		
Simpson :	0	0,47
Shannon :	3,58	1,86
Hill :	1	0,33
Perméabilité du sable : Déterminé à l'aide d'une granulométrie	10^{-1} et 10^{-6} m/s	$0,0013 < k < 0,0142$

Les indicateurs obtenus sont relativement loin des valeurs cibles ce qui montre la faune est pauvre. Cela est lié à la très faible superficie des espaces verts.

DÉTAILS ACHATS



Dans le but de pouvoir mieux traiter nos données, il nous a fallu les trier en plusieurs catégories, en plusieurs types d'achats. Pour cela, à partir des similitudes trouvées nous avons choisi les catégories suivantes : la nourriture, le matériel, la location ainsi qu'une catégorie "autre" (maintenances, entretiens ou subventions). En plus de cela, les catégories de matériel et nourriture ont été subdivisées en sous-catégories, afin d'exploiter les résultats plus précisément.

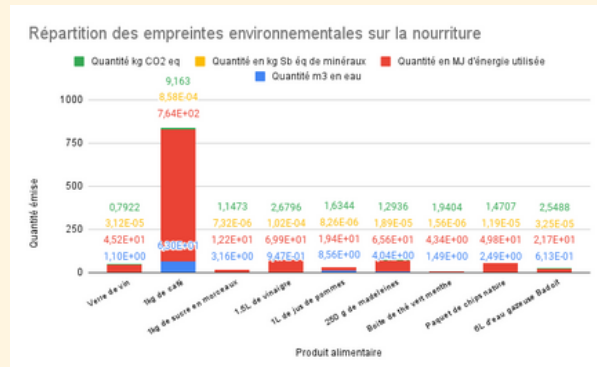
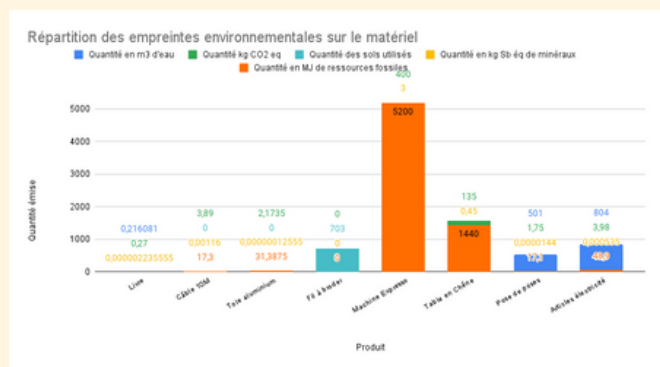


ANALYSE RAPIDE

Au niveau du calcul des émissions carbone, la méthodologie basée sur les codes NACRES du Labo Ipoint5 a été appliquée.

Le matériel est associé à une empreinte carbone plus élevée (voir Annexe), mais c'est la catégorie avec le plus d'éléments achetés par l'école (un total de 1953 commandes face aux 181 de la nourriture).

À partir des impacts analysés par Agribalyse, nous avons choisi de ne prendre en compte que les impacts sur l'eau (épuisement en ressource d'eau), les ressources (épuisements des ressources énergétiques et minéraux), et les sols utilisés (seulement pour un produit). Avec une analyse d'une sélection des produits par catégorie, nous négligeons les impacts de la catégorie "autres" car nous n'avons pas assez d'informations sur chaque subvention, et les impacts sont très compliqués à quantifier. Ainsi, les impacts de la location n'ont pas été calculés par manque de temps, mais nous pouvons conclure que la méthodologie à suivre est la même que celle qui a été appliquée pour les locations du pôle événements.



Nous avons décidé de calculer précisément les impacts environnementaux pour une dizaine de produits alimentaires et matériels représentant chaque sous-catégorie, en raison du manque d'information sur le poids des autres achats (autres qu'alimentaires). Par contre, les résultats ne peuvent pas s'extrapoler pour le total des achats, car l'étude se base sur l'analyse de notre sélection et les impacts dépendent énormément du reste des produits à analyser.

Impact carbone : 181.8 ± 9,16 t CO2 eq

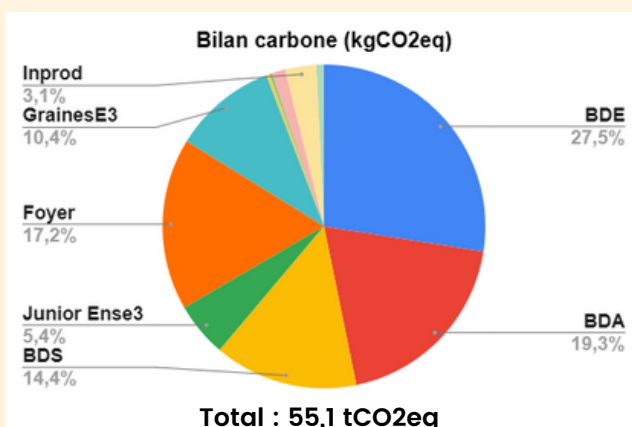
DÉTAILS ASSOCIATIONS



Les associations financées par l'ENSE3 sont prises en compte dans ce bilan car celles-ci contribuent à la vie étudiante et ainsi à l'identité de l'ENSE3. INProd est aussi prise en compte bien qu'elle ne soit pas financée par l'ENSE3 car son local est situé dans le bâtiment GreEn-ER.

BILAN CARBONE

Éléments pris en compte pour le bilan carbone				
Associations	Transport	Alimentation (y compris alcool)	Textile	Numérique
BDE	✓	✓	✓	✗
BDA	✓	✓	✓	✗
BDS	✓	✓	✓	✓
JE	✓	/	✓	✓
Foyer	✓	✓	/	✓
GrainesE3	✓	✓	/	✗
Greener-FM	/	/	/	✓
Inprod	✓	✓	✓	✓
WEIA	✓	✓	/	/

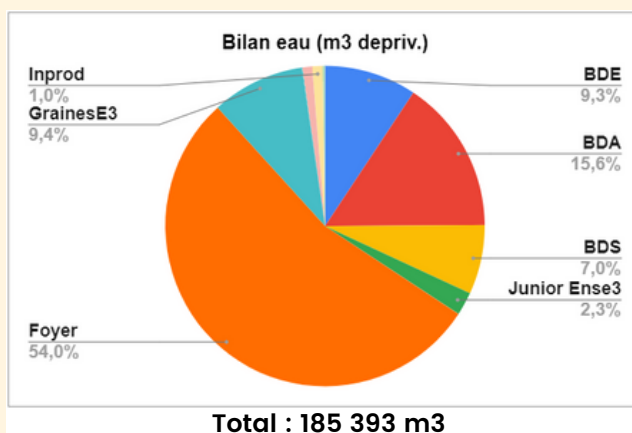


Le bilan carbone ne prend pas en compte les listes, seulement les bureaux. Pourtant c'est ce qui a le plus d'impact avec les campagnes notamment. Cette année l'ensemble des listes ont dû présenter le bilan carbone de leur campagne et une liste BDE a même été plus loin en présentant des données de l'utilisation de l'eau. Le bilan 2024 devrait donc pouvoir inclure plus facilement les campagnes.

Lors de la réalisation de leur bilan carbone certaines associations ont fait de fortes approximations et/ou ne nous ont pas donné accès à leur Excel complet. Les incertitudes sur le résultat sont donc très importantes.

BILAN EAU

Éléments pris en compte pour le bilan eau				
Associations	Transport	Alimentation (y compris alcool)	Textile	Numérique
BDE	✗	✓	✓	✗
BDA	✗	✓	✓	✗
BDS	✓	✓	✓	✓
JE	✓	/	✓	✓
Foyer	✓	✓	/	✓
GrainesE3	✗	✓	/	✗
Greener-FM	/	/	/	✓
Inprod	✓	✓	✓	✓
WEIA	✗	✓	/	/

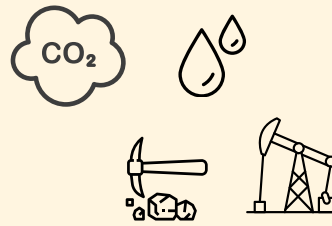


On peut remarquer que les associations proposant des repas (comme le BDA et le BDE) ou vendant une grande quantité de nourriture sont les associations avec le bilan eau le plus élevé.

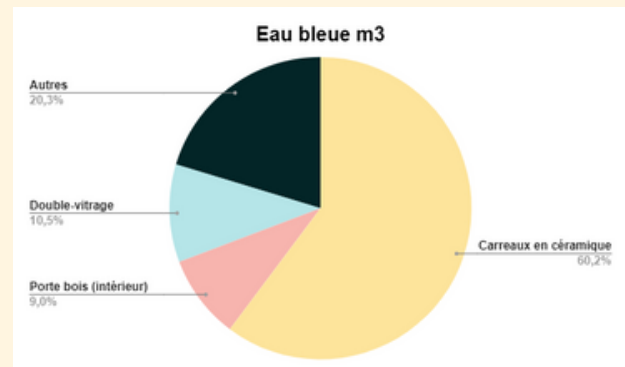
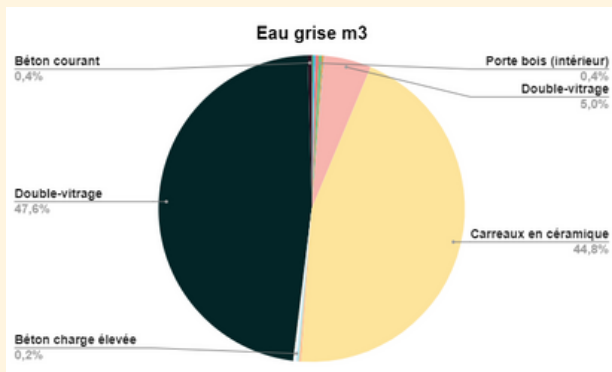


Carbone : 55,1 ± 55,1 t CO2 eq
Eau : 185 303 ± 185 303 m3

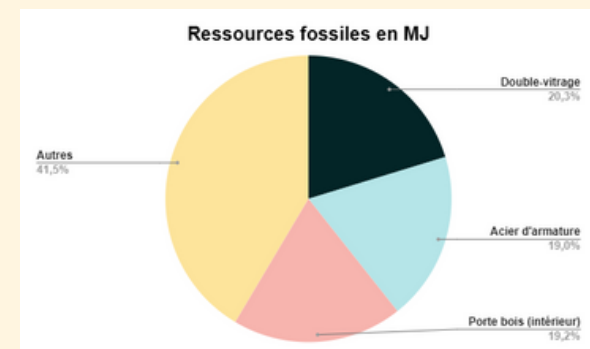
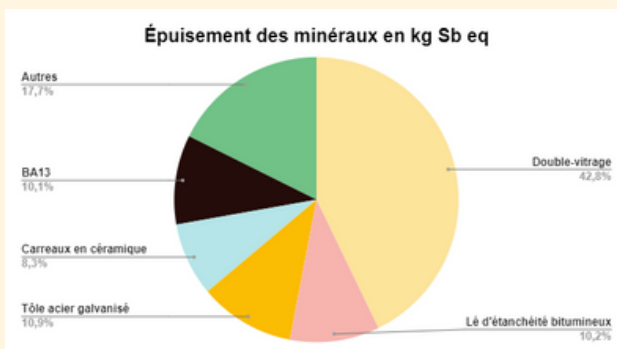
DÉTAILS BÂTIMENT



Afin de réaliser le bilan environnemental de la construction du bâtiment, nous avons utilisé l'annexe 4.4 de sa construction sur les énergies grises. L'amortissement du bâtiment à été réalisé sur 50 ans, la durée de vie du bâtiment estimée par l'annexe sur les énergies grises. La base INIES et la base DIOGEN nous ont permis de calculer les empreintes eau, minerais et combustibles fossiles grâce aux ACVs :



On remarque que les carreaux en céramique et le double vitrage sont deux facteurs influençant fortement le bilan eau. Cela est majoritairement dû à leur processus de fabrication. En effet, les carreaux en céramique nécessitent beaucoup d'eau lors de la préparation de la pâte et du moulage. Le double vitrage quant à lui nécessite une certaine quantité d'eau lors du nettoyage et de la régulation de la température.



Le double vitrage est le premier consommateur de minéraux. Cela s'explique facilement puisque le verre est majoritairement composé de silice ainsi que d'autres minéraux intervenant pour modifier certaines propriétés comme le point de fusion, l'isolation thermique ou encore acoustique.

Concernant les ressources fossiles, les consommations sont ici plus équilibrées. On retrouve en premiers consommateurs le verre, l'acier et le bois qui nécessitent des moyens importants lors de leur extraction ce qui expliquent leur position.

Finalement, la construction du bâtiment amortie sur 50 ans est à l'origine des émissions et consommation suivante :

Impact carbone : 354,8 ± 177.4 t CO2 eq
 Consommation d'eau : 4 290 832 ± 843 919 m3
 Consommation en minéraux : 4,24 ± 0,87 kg Sb eq
 Consommation fossile : 2 616 668 ± 605 311 MJ

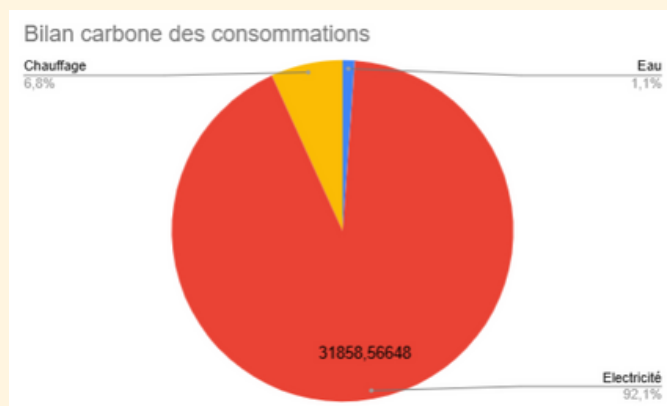


DÉTAILS ÉNERGIES ET EAU

L'entreprise Eiffage qui gère le bâtiment nous a fourni un rapport annuel des consommations en électricité, chauffage et eau de GreEn-ER (excepté le RU) pour l'année civile 2023. L'école ne prenant pas toute la surface du bâtiment, nous avons calculé et appliqué aux consommations un pourcentage d'utilisation du bâtiment. Les consommations entre l'école et le laboratoire n'étant pas du même type, cette hypothèse peut être importante mais nécessaire pour traiter facilement les données. Notons tout de même que les panneaux solaires de l'école sont raccordés au réseau électrique français. Ils sont donc déjà inclus dans la valeur du mix électrique français. Un système de chauffage double flux est aussi installé dans le bâtiment réduisant les consommations. L'ensemble des consommations est disponible en annexe.

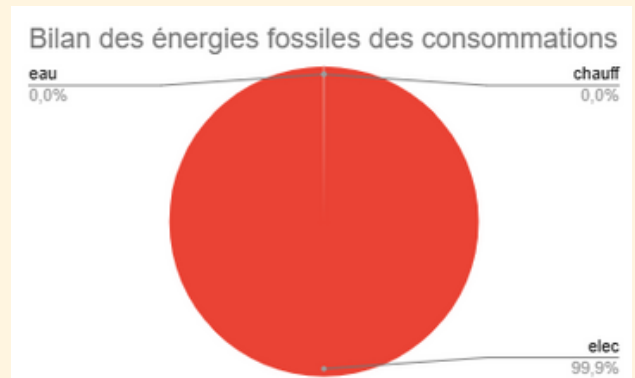
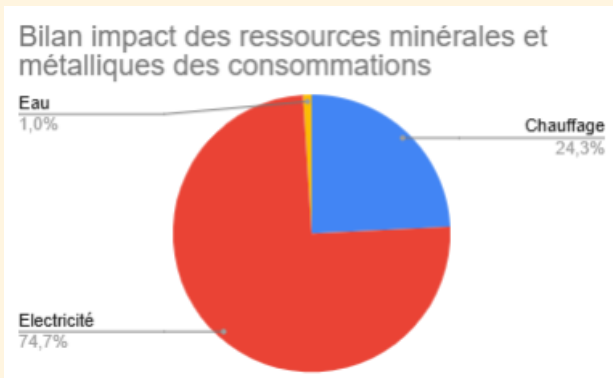
CARBONE

Nous nous sommes basés sur la base Empreinte de l'ADEME pour ce bilan en prenant les données les plus récentes disponibles donc l'empreinte était complète. On note l'école est raccordée au chauffage urbain de la métropole qui est particulièrement compétitive sur le plan carbone au delà de la valeur moyenne française prise ici.



MINÉRAUX ET FOSSILE

Nous nous sommes basés sur les mêmes données ADEME que pour le bilan carbone.



EAU

Durant les recherches concernant l'empreinte eau de l'utilisation d'énergie à l'ENSE3, un constat frappant a pu être fait : l'absence d'étude globale sur la consommation en eau de la production d'énergie française utilisée pour l'électricité et le chauffage. Ne pouvant pas laisser la case vide, nous avons choisi de déterminer par nous même ce bilan, même s'il n'était qu'une approximation. En voici les résultats :



EAU BLEUE*
42 700 m³

Eau surface et souterraine consommée



EAU VERTE*
630 m³

Eau de pluie consommée



EAU PRELEVÉE
21 900 m³**

Eau prélevée et rendue directement au milieu

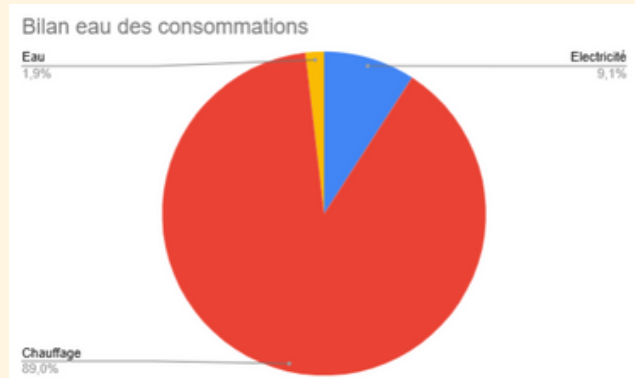
* Méthode Water Footprint Network, 2005

** Est comptabilisée l'énergie électrique issue du nucléaire, de l'hydraulique, du gaz et du fioul.

DÉTAILS ÉNERGIES ET EAU

Electricité

Nous avons effectué le bilan eau du mix de production d'électricité primaire en France pour 2023 en incluant le coût en eau du réseau électrique français moyennant quelques hypothèses que nous avons ramenées en pourcentage, à la consommation électrique de l'école.

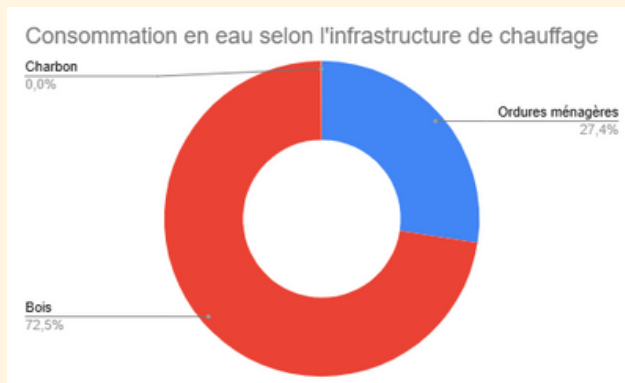
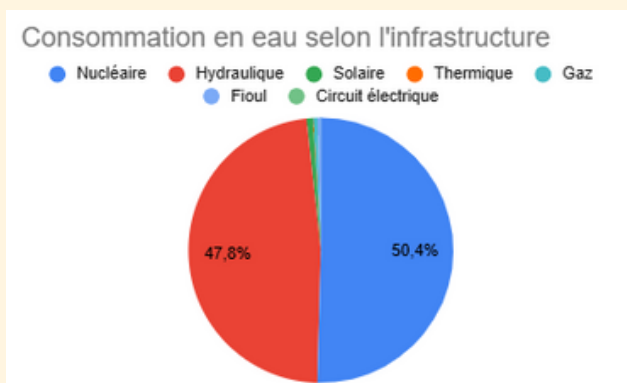


Chauffage

L'école est raccordée au réseau de chauffage urbain de Grenoble (CCIAG). Le calcul est donc basé sur le mix de production d'énergie thermique du réseau pour l'année 2023. À cela nous ajoutons le coût en eau des fuites sur circuit.

Eau

L'ENSE3 récupère directement l'eau de pluie (eau verte, WFN 2005) pour couvrir une partie de ses besoins en eau (72,3% en moyenne en 2023). On note qu'une fuite significative a eu lieu en 2023.



Notons que les hypothèses prises peuvent être fortes et biaiser nos résultats. Le détail des résultats est disponible en annexe. Il aurait été intéressant, si les données l'avaient permis, de quantifier le stress hydrique dans lesquels s'inscrivent les prélèvements (méthode Pfister, 2009 ou méthode Aware 2017) ou d'adopter une méthode multicritère prenant en compte l'acidification, l'eutrophisation et l'écotoxicité d'eau.

INFORMATIONS SUPPLEMENTAIRES

Une analyse plus approfondie de l'impact des panneaux solaires (cycle de vie complet) est proposée. Voici aussi quelques informations sur le RU.

Panneaux solaires

Production : 234 MWh
Carbone : 4417 kgCO₂ éq.
Eau : 815m³ (ACV)

RU GreenEr

Consommation : 280 MWh
Carbone : 14 tCO₂éq.
Eau : 525 m³ (conso. directe)

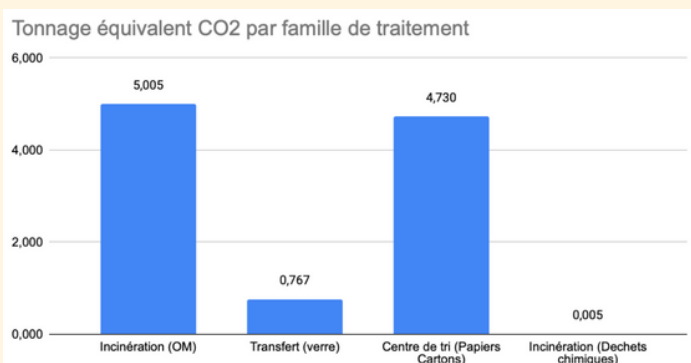
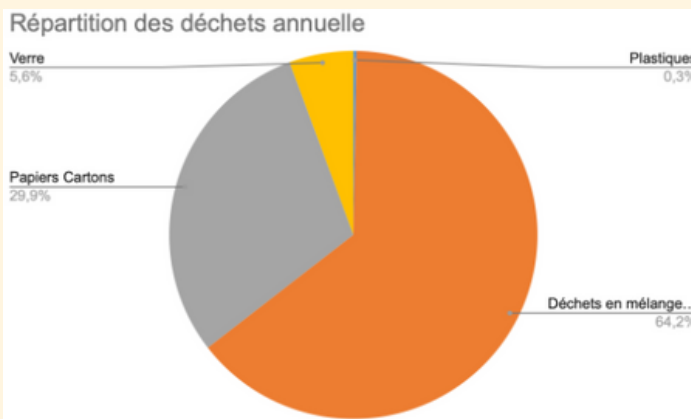


35 ± 5.9t CO₂ eq
43 329 ± 43329m³
0,04 ± 0.012kg Sb eq
5 707 758 ± 1141551MJ

DÉTAILS DÉCHETS



L'empreinte carbone a été calculée pour les déchets dans les catégories : ordures ménagères (OM), verre et papiers cartons, qui sont gérés par l'entreprise Suez, ainsi que déchets chimiques, qui sont gérés par Impact Environnement. Le répartition des tonnages des catégories gérées par Suez est montrée dans la figure ci-dessous. On note que même si les plastiques ont une distinction dans nos données, la plupart finissent dans la catégorie des Ordures Ménagères sans un traitement de recyclage spécifique.



IMPACT CARBONE

À partir de nos figures, il est évident que les plus grands impacts CO2 des déchets viennent de l'incinération des OM et du traitement des papiers et cartons dans le centre de tri. Cela semble logique puisque ces deux catégories sont les plus volumineuses.

Les produits chimiques sont traités par incinération avec valorisation énergétique, mais dû aux petites quantités, l'impact carbone est si faible qu'il ne s'affiche pas sur la répartition annuelle. Les données des déchets chimiques reçus vont de 2013 à 2021, année où ils ont été ramassés et traités. Dans les trois années suivantes, ils ont continué à être stockés sans aucun type de traitement. C'est pour cela que pour notre analyse de 2023, nous avons calculé une moyenne annuelle (ajouté le total de tonnes générées et divisé par huit) en supposant une distribution linéaire, pour représenter la production de ces déchets sur une année.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX:

ACV de l'incinération, critique

L'impact environnemental des déchets doit se calculer à partir du traitement spécifique de chaque type de déchet. Vu qu'il n'y a pas de bases des données pour quantifier les impacts directement avec les tonnages des déchets sur chaque traitement, nous considérons que faire une ACV de chaque traitement est une bonne option pour l'analyse. Si on considère l'ACV de l'incinération avec valorisation énergétique des produits chimiques:

- Tous les produits chimiques sont mélangés et éliminés ensemble par incinération avec récupération de chaleur et valorisation énergétique. Même si le pouvoir calorifique des produits peut varier, la puissance et l'alimentation de four est suffisamment grande pour considérer que tout l'impact provient de l'incinérateur.
- Nous ne pouvons pas faire l'ACV directement sur nos données car c'est un procédé complexe avec d'autres facteurs qui interviennent. Dans la Méthodologie nous expliquons une possible démarche à adopter, et constatons que dans notre cas, les produits chimiques sont très variés : nous aurions besoin d'une traçabilité de sa production, en contactant le fournisseur pour une analyse précise.

Impact carbone : 10.5 ± 5.09 t CO2 eq

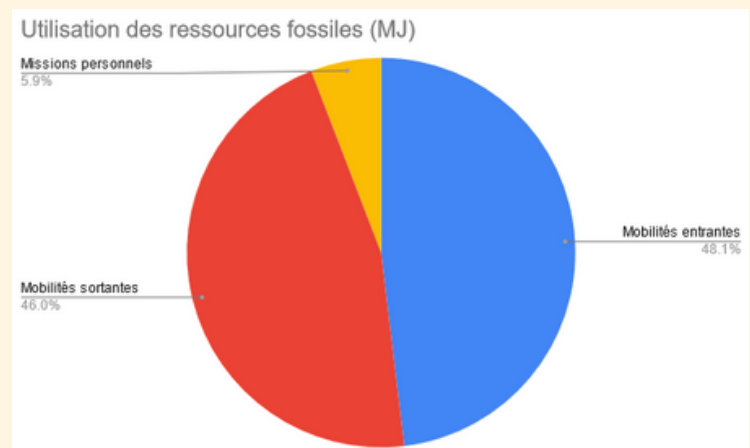
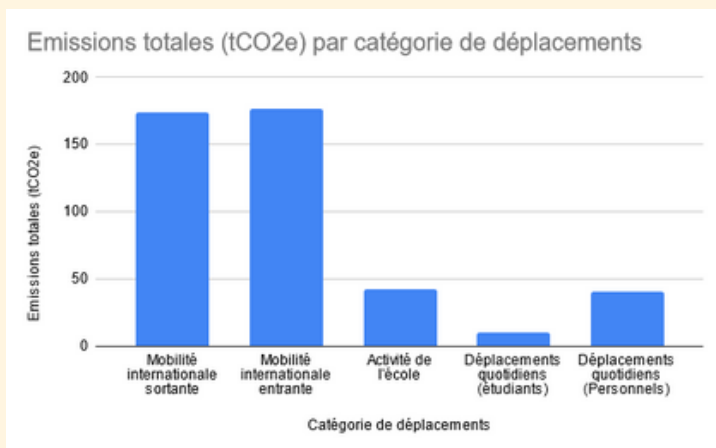
DÉTAILS DÉPLACEMENTS



Les déplacements individuels des différents acteurs de l'école ont été regroupés en groupe avant d'être étudiés : mobilités internationales entrantes et sortantes (échanges, stages, doubles diplômes et Masters), déplacements quotidiens du personnel et des étudiants ainsi que les déplacements liés à l'activité de l'école (missions des personnels ou évènements sportifs par exemple).

Le périmètre du pôle s'est structuré autour des grandes hypothèses suivantes :

- Pour les mobilités internationales : déplacements à ou depuis l'étranger tous effectués en avion ; seuls les stages à l'étranger sont pris en compte.
- Pour les déplacements quotidiens : moyens de transports habituels déterminés grâce à des enquêtes (personnels et étudiants).
- Non prise en compte des trajets Grenoble/ville d'origine des étudiants non-grenoblois car considérés comme "non-essentiels".



On constate que les mobilités internationales représentent sans surprise l'essentiel des impacts carbone comme l'utilisation des ressources fossiles associées à l'école. De fait, ils sont forcément associés à des longs trajets effectués essentiellement en avion.

L'ensemble des émissions liées aux déplacements (442 tCO2eq) ramené au nombre de personnes fréquentant l'ENSE3 (1197 en moyenne sur l'année 2023) correspond à un rapport de 0.37 tCO2e/pers.

Pour rappel, la moyenne pour l'ensemble des déplacements individuels en France est de 2.9 tCO2e/pers.

Pour la Renault Zoé de l'école, seule l'empreinte liée à la fabrication ou au changement de pièces du véhicule, amortie sur sa durée de vie, a été pris en compte : elle est rechargée à l'école donc ses émissions indirectes associées à l'énergie sont déjà prises en compte par le pôle Energie.

L'impact lié à la fabrication des vélos électriques n'a quant à lui pas été pris en compte car ceux-ci sont loués par l'ENSE3 et non possédés. Pour les émissions indirectes, il en va de même que pour la Zoé.

- Émissions carbone liées à la fabrication : 9,4 tCO2e.
 Parmi lesquels :

- Batterie : 5,4 tCO2e, durée de vie de 10 ans (changée en 2023) soit 0,54 tCO2e/an
- Motorisation et reste du véhicule : 4 tCO2e, durée de vie 20 ans (changement de filtre habitacle, remplissage lave glace, joint carter chargeur en 2023 mais pas d'informations trouvées concernant cet impact là) soit 0,2 tCO2e/an

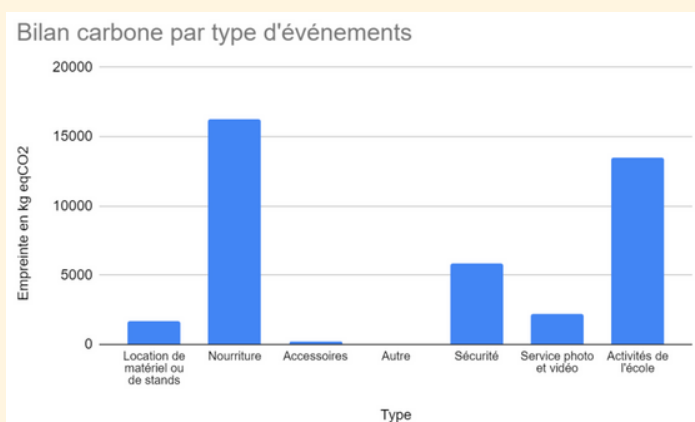
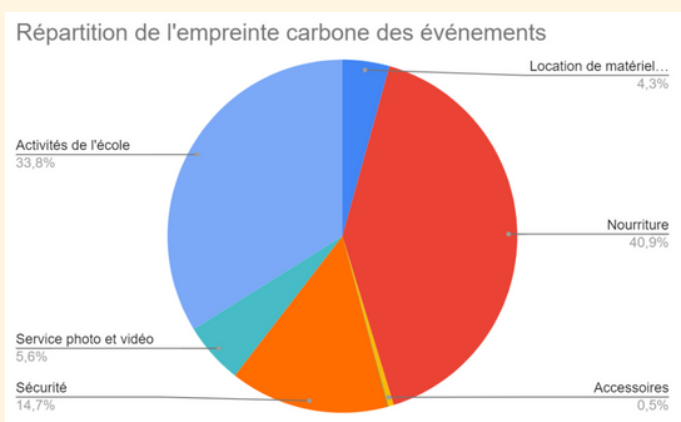
Empreinte carbone en 2023 : $2 \times 0,54 + 0,2 = 1,28 \text{ tCO2e}$
 Incertitude : 100%

Impact carbone : 443.6 ± 45 tCO2e
 Consommation fossile : 4053751 ± 179466 MJ

DÉTAILS ÉVÈNEMENTS



Nous avons choisi de ne prendre en compte que les émissions carbone, les impacts sur l'eau et sur les ressources. Nous avons calculé les impacts carbone à partir de la méthode code NACRES. Nous avons donc pris à partir des impacts d'Agribalyse et des ACV, l'épuisement en ressource d'eau pour l'eau, et les épuisements des ressources énergétiques et minéraux pour les ressources. Nous négligeons les impacts des catégories sécurité, service et activité car ils sont trop compliqués à quantifier. Nous avons néanmoins décidé de ne pas calculer les impacts des transports et de les faire traiter par le pôle associé.



Pour le calcul des impacts en ressource et en eau, on remarque que ce sont les catégories de nourriture et des activités qui émettent le plus de CO2 équivalent.

De plus nous avons obtenu des réponses exploitables sur le taux de participation aux activités organisées par l'école. Cependant notre échantillon ne représente qu'un seizième des élèves, ce qui n'est donc pas très représentatif de la globalité des étudiants.

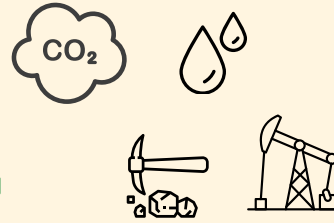
Activité	Taux de participation	Commentaire
Fresque du climat	96,2%	<ul style="list-style-type: none"> La plupart y participent, seulement 7,5% animent la fresque
Ateliers ou spectacles	10% en moyenne	<ul style="list-style-type: none"> Peu d'étudiants participent aux challenges, ateliers, ...
Conférences	24,5%	
Engagement personnel depuis l'école	67,9%	<ul style="list-style-type: none"> Les 2/3 des étudiants sont plus engagés depuis leur entrée à l'ENSE3

Commentaires

En supposant que cet échantillon soit représentatif, 2/3 des étudiants déclarent que leur engagement écologique a augmenté depuis qu'ils sont à l'école, ce qui est donc preuve d'un impact "psychologique" positif de l'école concernant les enjeux environnementaux. Néanmoins la participation aux activités non obligatoires (ateliers, conférences) semble basse, ce qui pourrait être amélioré.

Impact carbone : 39,78 ± 1,55 t CO2 eq

DÉTAILS NUMÉRIQUE



DONNÉES

Pour les résultats du numérique, nous avons traité les données en 4 catégories :

Il est à noter que les équipements et services en gras ne sont pas pris en compte dans le bilan EAU.

Les bilans RESSOURCES EN MINÉRAUX et FOSSILES sont, eux, très partiels. Ils sont seulement basés sur 3 éléments (le plus impactant en moyenne dans chaque catégorie) : les ordinateurs fixes, les bornes wifi et les serveurs. Ceci est dû au manque de données disponibles.

Terminaux	Réseaux	Datacentres	Services
Ordinateurs fixes	Équipement réseau	Serveurs	Échanges de mails du personnel
Ordinateurs portables	Microswitch	Appareils de stockage	Logiciels et maintenance
Ecrans	Borne wifi		
Téléphones			
Imprimantes			
Téléviseurs			
Vidéoprojecteurs			
Tablettes et tablettes graphiques			
Autres achats			

Les terminaux personnels des étudiants et professionnels à l'école ne sont pas inclus dans les calculs suivants

L'utilisation (énergie consommée) n'est jamais prise en compte pour éviter un doublon avec le pôle énergie.

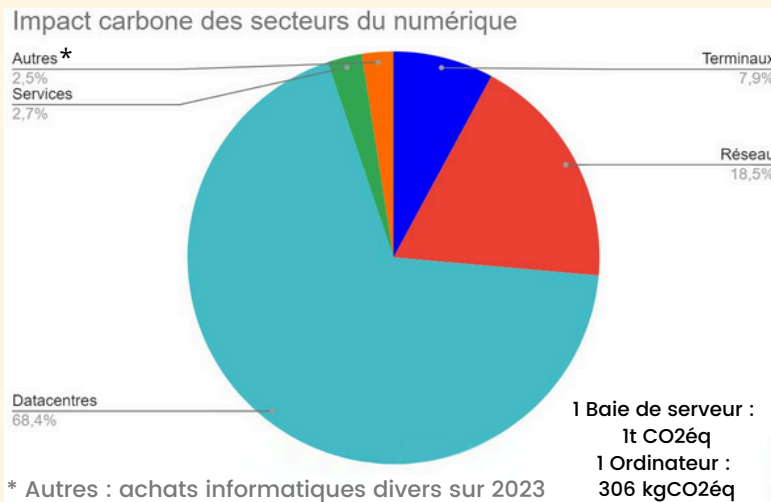
La plupart des équipements informatiques font l'objet d'un marché public (exemple : Dell et HP = ordinateurs et serveurs, Ricoh = imprimantes) avec renouvellement à date fixe.

La salle serveur de l'école héberge des activités de plusieurs organisations (Grenoble INP, UGA, CNRS, etc.).

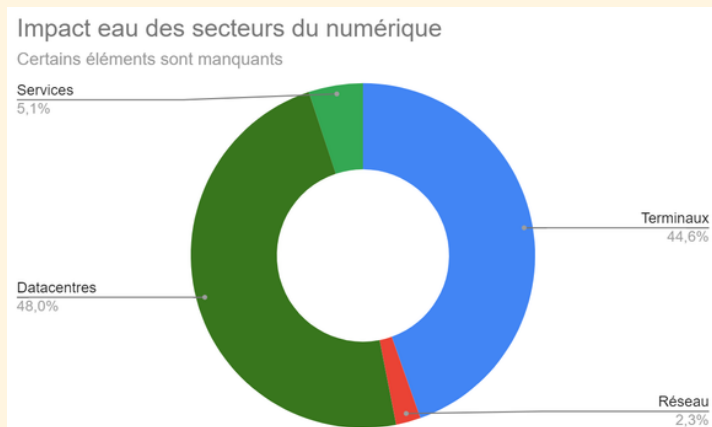
CARBONE

Nous nous sommes basés sur la base Empreinte de l'ADEME (issue du Labo lpoint5, de NégaOctet et de TIDE) ainsi que les valeurs des constructeurs (pour les appareils HP et Dell, plus précis). Lorsque nous avons des fréquences de renouvellement, nous avons divisé l'impact par celle-ci.

Plusieurs données sont manquantes dans ce bilan : les usages d'appareils personnels mais aussi une quantification complète des échanges de données Internet associables aux activités de l'école.



EAU



Les données disponibles pour le bilan eau sont actuellement plus restreintes. Les seules bases exploitables sont celles de l'ADEME (Labo 1.5) et INIES (borne wifi). Ponctuellement, nous avons dû réaliser une ACV partielle. Le bilan est donc moins précis et manque de quelques données.

Des analyses plus approfondies sont disponibles en annexe.

MINÉRAUX ET FOSSILES

Les données étant plus restreintes, l'analyse est disponible en annexe.



491 ± 160 t CO2 eq
748 400 ± 748 400 m3
4,6 ± 4,6 kg Sb eq
810 087 ± 810 087 MJ

PLANS D' ACTIONS

Où aller à partir de ces résultats ? Les rapports sur le développement durable ne consistent pas seulement à regarder en arrière, mais aussi à regarder vers l'avenir. Ce rapport d'avancement des ODD est un travail continu - une manière pour l'organisation de suivre son impact et ses améliorations au fil du temps. Cette section décrit la stratégie à adopter pour poursuivre le bon travail accompli jusqu'à présent.

Afin d'estimer grossièrement la faisabilité des actions proposées voici l'échelle utilisée de "très simple" à "très contraignant":



01

Centraliser les données

Etablir une page ou un cloud avec l'ensemble des données utiles pour chaque pôle. Impact escompté : réduire le travail des personnes qui font le bilan avec environ 20 h au total.

02

Embaucher une personne responsable des calculs

Cela assurera une traçabilité et un contrôle précis des données.

03

Payer la licence d'un logiciel ACV

permet d'automatiser le calcul et d'obtenir des résultats corrects.

Une liste non exhaustive de plans d'action par pôles est présentée à la page suivante. On note qu'elle mérite d'être étoffée par de nouvelles idées que pourraient avoir les étudiant.es et personnel.les de l'école. Voilà pourquoi il est important de diffuser les résultats présentés et ainsi décider collectivement d'une marche à suivre pour nous améliorer. On pourrait envisager, pour cela, une assemblée au sein de l'école pour présenter le travail effectué et discuter du plan d'actions.

PLANS D' ACTIONS SPÉCIFIQUES

01

Achats

- Réduire les achats de matériel de TP neuf, privilégier par exemple l'occasion
- Limiter l'achat de café, inciter aux alternatives plus eco-friendly
- Privilégier la location
- Définir une politique d'achat durable
- Garder le poids des produits pour faire un calcul d'impacts direct

02

Associations

- Demander aux associations de fournir leur bilan carbone sur un fichier séparé du dossier de demande de subvention.
- Bien préciser qu'il ne faut pas prendre en compte les consommations d'énergie au sein de l'école
- Diffuser le template pour extraire les données dans les bases de données. Fournir aussi la méthodologie décrite dans le livrable "Méthodologie"
- Demander aux associations de réaliser leur bilan eau pour la partie alimentation (le template peut être utilisé pour cela)
- Demander aux associations de détailler les produits achetés, les transports réalisés, ... pour pouvoir approfondir leur bilan (et notamment réaliser un bilan eau)

03

Bâtiment et surfaces

- Intégrer des mesures pour la "restauration" de la biodiversité : espaces verts, cours d'eau, sources-bassins, éléments constructifs permettant la recolonisation d'espèces animales et végétales (nichoirs, hôtels d'insectes, pierres naturelles pour les lézards...)
- Suivre les mesures et leur évolution: les espèces affectées, si elles sont indigènes ou envahissantes, les taux d'occupation...
- Augmenter le mélange d'espèces florales, laisser un tour de fauche pour permettre aux plantes de fleurir.
- Créer des mares en retenant l'eau de la pluie pour les amphibiens
- Créer un sol plus perméable : pavés enherbés par exemple

04

Energies et eau

- Développer une étude visant à comprendre ce qui consomme le plus d'électricité à l'école et tenter de mettre en place des mesures pour éviter, réduire et compenser.
- Prendre des mesures pour limiter les fuites d'eau

PLANS D' ACTIONS SPÉCIFIQUES

05

Déchets

- Réduire la quantité des déchets : essayer de ne pas produire
- Clarifier les consignes de tri et sensibiliser, en organisant des nouvelles poubelles plus spécifiques. Distinguer les déchets gérés par Lely (p.e. bois, métaux, etc), différents types de plastiques...
- Avoir un responsable des déchets pour ramasser et analyser les données, ainsi que pour coordonner les différentes entités ou tracer correctement la production annuelle.
- Suivre et garder la traçabilité des déchets après qu'ils sortent de l'école (destination finale, type de traitement, quantités recyclées...)

06

Évènements

- Privilégier la location
- Acheter de la nourriture/plats plus locaux et responsables
- Réaliser une étude du bien être (stress, déprime, addictions, précarité, sommeil...) des étudiants et personnels de l'école pour proposer en conséquence des aménagements de cours compatibles avec les difficultés rencontrées et non contraignantes (temporellement, financièrement etc.)
- Améliorer la communication des évènements

07

Numérique

- Privilégier la location, le prêt systématique de matériel aux étudiants
- Mieux renseigner les élèves sur les salles informatiques disponibles et/ou les machines virtuelles.
- Virtualiser une partie non compromettante des serveurs de l'ENSE3 dans un cloud (les gros datacenters sont plus optimisés que les serveurs locaux).
- Soutenir le reconditionné pour les achats personnels des étudiants et employés et continuer la diffusion des bonnes pratiques

Le détail du plan d'action est disponible en annexe.

08

Transports et mobilités

- Pour les missions du personnels, interdiction des vols intérieurs à la France
- Pour toutes les mobilités en Europe, mise en place d'une bourse pour encourager les étudiants à utiliser le train. Impact escompté: - 34 tCO2e si toutes les mobilités sortantes et entrantes vers/depuis les pays frontaliers sont en train.

DISCUSSION

Certaines données sont manquantes ou méritent d'être améliorées :

- L'empreinte eau n'est pas standardisée (impossibilité d'appliquer totalement une méthode comme la WaterFootprint Network, 2005 ou une méthode multicritères par manque de données). Les valeurs fournies tiennent en majorité compte de l'eau consommée mais non de l'eau polluée par la vie d'un matériau ou objet.
- Des hypothèses simplificatrices et données manquantes biaisent les résultats. Les données du numérique, par exemple, sont généralement sous estimées du fait du manque d'informations sur les ordinateurs personnels ou l'ensemble des flux de données pour le compte de l'école, Internet étant un réseau mondial. Le transport est aussi sujet à de grandes hypothèses tout comme l'énergie (bilan eau).
- Les bases de données généralement incomplètes étaient un réel frein pour réaliser un bilan exhaustif et pertinent.
- Du fait de ces freins rencontrés, le bilan présenté manque de l'évaluation de certains impacts et devra être amélioré par la suite en fonction de la future littérature.

Facteurs influençant nos résultats :

- **Manque d'information sur les achats pour un calcul plus précis:** la catégorie "Autres" n'a pas pu être analysée pour les Impacts Environnementaux car il n'y avait pas assez d'informations sur le type de maintenances, entretiens ou subventions. En outre, il serait **pas correct d'extrapoler** les résultats obtenus pour tous les achats. La sélection des produits sur laquelle nous avons calculé les impacts, n'est pas représentative, car nous avons choisi un produit de chaque sous-catégorie, mais pas le plus nombreux ou le plus cher. Nous avons choisi en fonction de la facilité à trouver des résultats par rapport à nos références sur les bases connues (ADEME ou INIES)
- **Incertitude de code NACRES :** Le calcul dépend essentiellement du prix, et alors l'empreinte peut changer d'une année à l'autre à cause de la fluctuation des prix. Cela ne semble pas être justifié, et résulte en des écarts pour des produits plus chers ou avec des prix variables (étudié par exemple pour le vin, les résultats changent beaucoup)
- **ACVs calculées "manuellement":** il existe des logiciels spécifiques pour le calcul précis, mais ils sont payants et demandent beaucoup des données sur les produits que nous ne connaissons pas. Nous avons proposé une méthodologie à suivre pour l'exemple de l'incinération, faisable efficacement avec un des logiciels ACVs.
- **Le bilan carbone du bâtiment a été fourni sans incertitude.** Nous avons considéré que le bureau d'étude qui l'a réalisé avait proposé un travail qui ne pouvait avoir une incertitude de 100%, nous avons donc décidé arbitrairement d'utiliser une incertitude de 100%
- Certains de nos calculs sont issues d'une **extrapolation suite à des questionnaires ou d'hypothèses** quant aux habitudes des personnes fréquentant l'école ce qui est de nouveau une source d'incertitude non négligeable.

Incertitudes obtenus après propagation d'erreur (voir méthodologie)	
carbone	0,13
eau	0,21
minéraux	0,53
fossiles	0,12

CONCLUSION

Ce projet, dirigé par Delphine Riu et Loane Danes, a permis de quantifier non seulement l'empreinte carbone de l'école, mais aussi son impact sur l'eau, la biodiversité, et les ressources matérielles. Ces aspects environnementaux, souvent négligés, sont essentiels pour une évaluation globale et précise des impacts humains sur notre planète.

Les résultats obtenus démontrent que les activités humaines à l'ENSE3, comme ailleurs, affectent significativement l'environnement au-delà des seules émissions de gaz à effet de serre. La dégradation de la biodiversité, l'artificialisation des sols, la consommation excessive d'eau douce et les rejets de polluants illustrent la complexité et la diversité des impacts environnementaux à considérer.

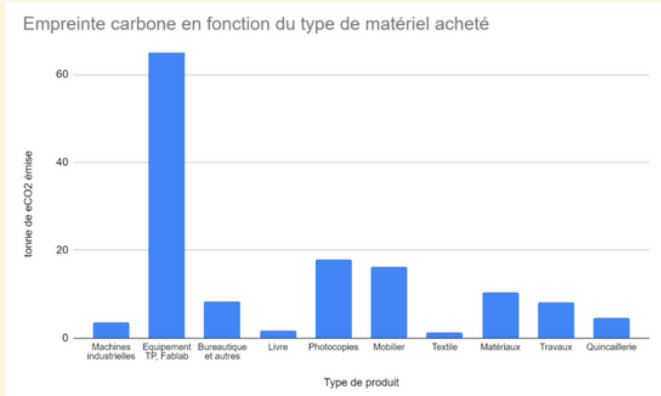
Ce projet nous a confronté à des défis liés à la collecte de données sur les impacts autres que le carbone, une tâche rendue difficile par le manque de bases de données exhaustives. Néanmoins, il nous a permis de découvrir des approches méthodologiques nouvelles pour les bilans environnementaux dans des structures similaires, montrant l'importance de l'évaluation complète des impacts pour mettre en place des actions correctives efficaces.

En conclusion, le projet GreEn-Record incite à une prise de conscience accrue des impacts environnementaux variés et à la mise en œuvre de stratégies durables, en alignement avec les limites planétaires.

ANNEXES

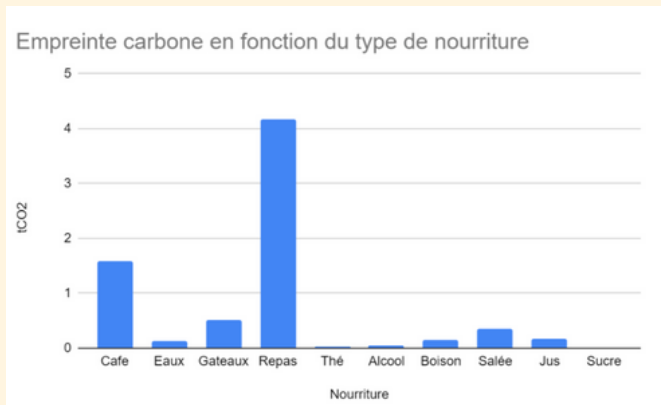
ANNEXE ACHAT SOUS-CATÉGORIES

Grâce à notre travail sur les catégories, il est finalement possible de proposer les résultats par type de biens ou services.



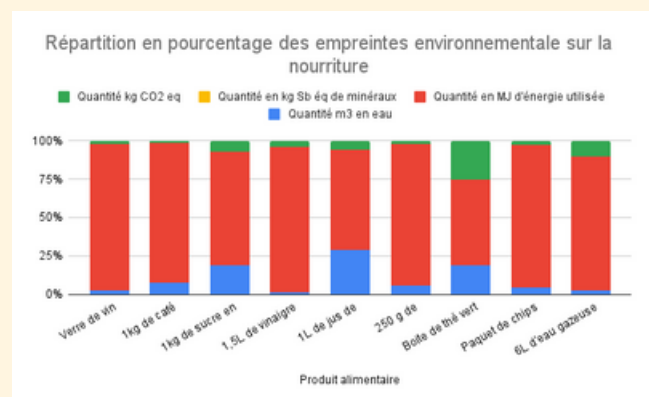
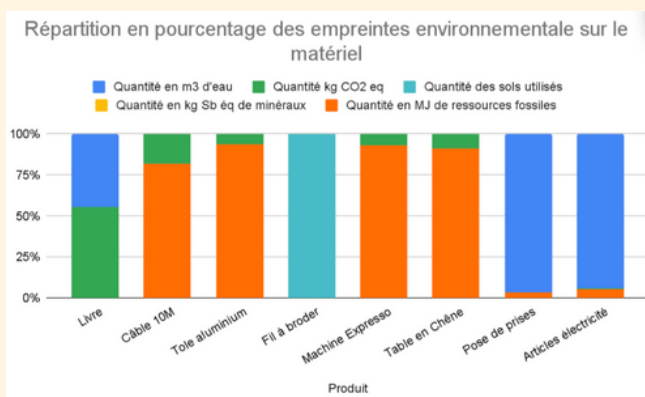
MATÉRIEL

Vu que le matériel est associé à une empreinte de carbone plus élevée, cette catégorie a été analysée en détail, avec des sous-catégories pour différencier en produits de quincaillerie, mobilier, ou machines industrielles. La conclusion est que le type de produit avec le plus d'émissions de la catégorie matériel est l'équipement pour les TP et le Fablab, où on retrouve des compteurs d'énergie, des électrodes ou des batteries au plomb.



NOURRITURE

L'analyse de l'impact de sous-catégories de la nourriture met en évidence que ce sont les repas et le café les plus polluants. Dans les repas sont inclus des menus, buffets, apéros et dîners, soit dans l'école ou avec des réservations en restaurants et cafés.



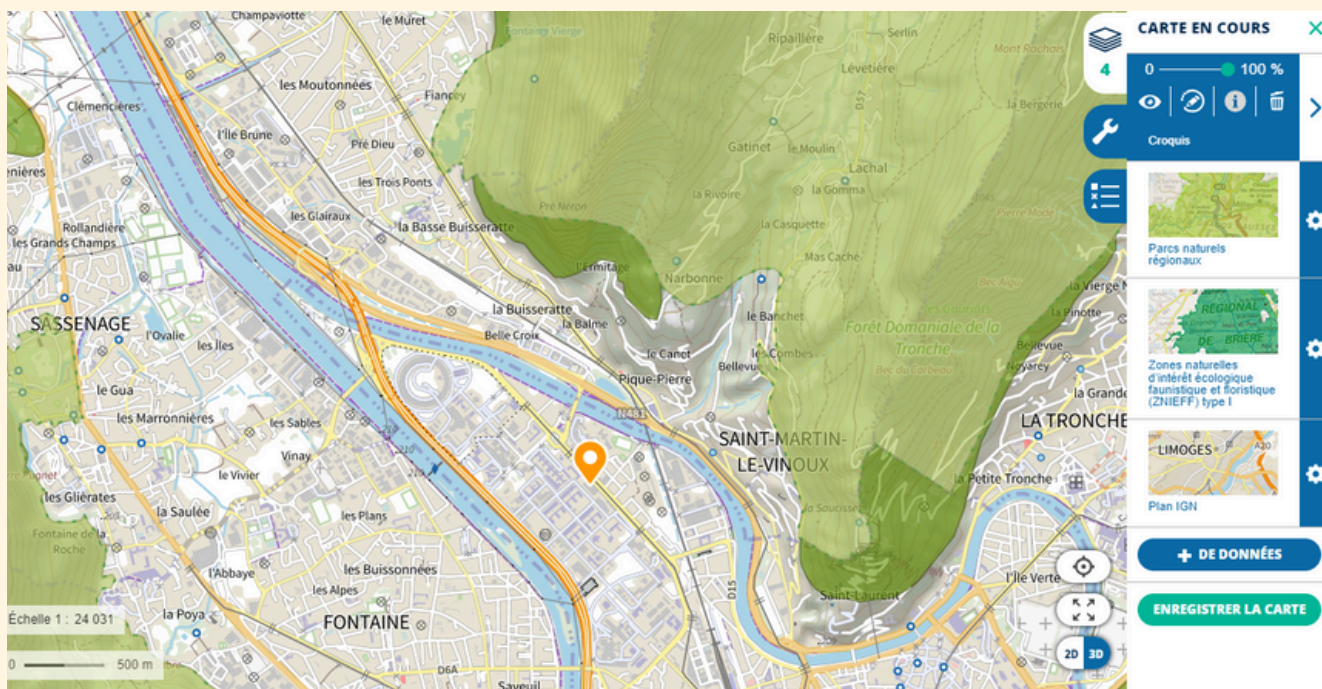
Comme expliqué dans la Méthodologie, les impacts sont calculés sur une sélection de produits, des catégories "Matériel" et "Nourriture".

La répartition en pourcentage reflète le fait que l'impact de la nourriture provient en majorité de l'énergie en MJ utilisée. Aussi, le graphique "Répartition des empreintes environnementales" de la section Détails Achats montre clairement que l'émission du café est la plus impactante.

Par contre, pour la sélection du matériel, l'impact dépendra énormément du type de produit, et il est impossible d'établir une conclusion. Même si le graphique montre que les impacts d'une machine expresso dépassent ceux du reste des produits, nous considérons qu'il est compliqué d'établir une conclusion certaine. Nous remarquons que l'étude se base sur l'analyse de cycle de vie d'une sélection de huit produits. En conclusion, il ne serait pas correct d'extrapoler une conclusion par sous-catégories dans le matériel, car les impacts dépendent énormément du reste des produits à analyser.

ANNEXE BIODIVERSITE

Par sa proximité avec le massif de Chartreuse et le massif du Vercors, l'ENSE3 se trouve à moins de deux kilomètres d'une Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) de type 1 et d'un parc naturel régional. Ces espaces sont caractérisés par une biodiversité riche et à préserver. L'enjeu de préservation de la biodiversité est donc important au sein de GreEn-ER.



Carte géoportail montrant l'emplacement de l'ENSE3 ainsi que les délimitations des ZNIEFF de type 1 et des parcs naturels régionaux

Malgré la faible part d'espaces végétalisés à Green-ER de nombreuses espèces de plantes sont présentes même si une grande partie n'est pas présente naturellement car a été planté. Un inventaire de l'ensemble de la flore sur le site de GreEn-ER a été réalisé à pour se rendre compte de la diversité des plantes que l'on peut trouver, même sur des espaces anthropisés. L'inventaire a été réalisé à l'aide de l'application PlantNet qui permet d'obtenir le nom des plantes à l'aide d'une photographie.

En plus de cet inventaire, il aurait été intéressant de calculer le nombre de plant de chaque espèce sur une surface donnée afin de calculer les indices de diversité des espèces comme cela a été fait avec la faune. Une comparaison de ces indices par rapport à d'autres zones d'études aurait alors pu être fait. Cela pourra être mené dans de futurs projets.

ANNEXE BIODIVERSITE

Arbres, arbustes et haies	
Nom Français	Nom latin
Bryone blanche	Bryonia alba
Callicarpe d'Amérique	Callicarpa americana
Céanothe	Ceanothus thyrsiflorus Eschw
Cerisier du japon	prunus serrulata lindl
Cerisier Yoshino	Prunus x yedoensis Matsum
Clematite de Virginie	Clematis virginiana
Clématite des haies	Clematis vitalba
Cognassier à fleurs	Chaenomeles speciosa
Copalme d'Orient	Liquidambar orientalis
Cornouiller sanguin	Cornus sanguinea
Cornus sanguin	Cornus sanguinea
Eglantier multiflore	Rosa multifloranThunb
Erbable trident	acer buergerianum
Févier d'Amérique	Gleditsia triacanthos
Filaire	Phillyrea
Frêne à fleurs	Fraxinus ornus
Fusain ailé	Euonymus alatus (Thunb) Siebold
Fusain d'Europe	Euonymus europaeus
Fusain du Japon	Euonymus japonicus
Laurier de Californie	Umbellularia californica
Lavande à feuilles étroites	Lavandula angustifolia Mill
Lila commun	Syringa vulgaris
Neprun des rochers	Rhamnus saxatilis Jacq
Osmanthe de Burkwood	osmanthus x burkwoodi
Poirier à feuilles de saule	Pyrus salicifolia Pall
Poivrier du Sichuan	Zanthoxylum bungeanum Maxim.
Rosier des Alpes	Rosa pendulina
Saule blanchâtre	salix eleagnos scop
Saule cendré	Salix cinerea
Spirée de Douglas	Spiraea douglasii Hook
Spirée du Japon	Siraea japonica
Sureau blanc	Sambucus canadensis
Tilleul argenté	Tilia tomentosa Moench
Viorne de Chine	Viburnum plicatum Thunb
Viorne obier	Viburnum opulus
Viorne Trilobée	Viburnum trilobum Marshall

Plantes basses	
Nom Français	Nom latin
Bec-de-grue à feuilles de ciguë	Erodium cicutarium
Berberis aquifolium Pursh	Mahonia à feuilles de houx
Brome	Bromus
Cardamine	Cardamineae
Cheveux d'ange	Nassella tenuissima
Cirse des champs	Crisium arvense Scop
Crépide à vésicule	crepis vesicaria
Euphorbe des bois	Euphorbia amygdaloides
Fétuque glauque	Festuca glauca Vill
Gaillet grateron	Galium aparine
Géranium à fleurs rondes	Geranium rotundifolium
Géranium fluet	geranium pusillum
Geranium pourpre	Geranium purpureum Vill.
Grande Prêle	Equisetum telmateia Ehrh
Iris bleue d'Allemagne	Iris x germanica
Laiteron maraicher	Sonchus oleraceus
Lierre d'Algérie	Convolvulus arvensis
Liseron des champs	Hypericum calycinum
Millepertuis à calice persistant	Sedum album
Orpin blanc	Oxalis
Oxalide	Bellis perennis
Pâquerette annuelle	rumex pulcher L.
patience élégante	Vinca minor
Petite pervenche	Sanguisorba minor Scop
Petite pimprenelle	Sanguisorba minor
Picride fausse vipérine	Helminthotheca echioides
Pissenlit	plantago
Plantain	Hypochaeris glabra
Porcelle des sables	Potentilla reptans
Potentille rampante	Rubus
Ronce	Salvia yangii BT Draw
Sauge de Russie	Torilis arvensis
Torilis des champs	Trifolium repens
Trèfle blanc	Trifolium repens
Tulipes	Erigeron sumatrensis Retz
Vergelette de Barcelone	Veronica persica Poir.
Véronique commune	Caryopteris x clandonensis A. Simmonds
Worcester gold	Hedera algeriensis Hibberd

Tableaux des espèces de plantes présentes à GreEn-ER

ANNEXE ASSOCIATION

DÉTAIL DES BILANS PAR ASSOCIATION

Associations sans bilan carbone

En tout quatre associations n'ont pas réalisé de bilan carbone pour 2023 : Pas'tech, Hydr'Open, Epice et Bazar du Cube.

Chaque association doit réaliser son bilan carbone pour pouvoir demander des subventions auprès de l'école. Chacune des associations est donc responsable des valeurs avancées. Nous avons demandé le bilan carbone à chacune des associations subventionnées par l'ENSE3 afin de calculer le bilan carbone global.

Pas'tech a un bilan carbone très faible car utilise des matériaux de récupération pour construire des low-tech au Fablab de l'école. Seules quelques planches ont été achetées en 2023 donc on négligera le bilan carbone par rapport à celui d'autres associations. Le bilan carbone du Fablab est par ailleurs mené dans une autre partie.

Hydr'Open utilise aussi le Fablab donc son bilan carbone est en partie calculé dans celui du Fablab. En dehors des activités du Fablab, l'empreinte carbone de l'association est relativement faible.

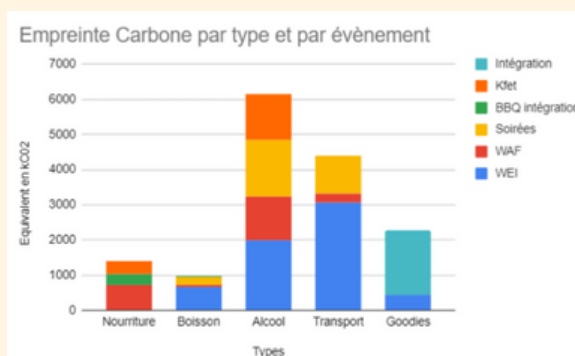
Epice n'a pas réalisé de bilan carbone. Mais en discutant avec les dirigeants seuls des projets low-tech donc à très faible impact ont eu lieu durant l'année civile 2023. On peut donc considérer que le bilan carbone de Epice est négligeable face aux autres associations.

Bazar du Cube est une association luttant contre la précarité étudiante : son but est donc de récolter des dons pour venir en aide aux étudiants les plus demandeurs. De ce fait, l'association en elle-même ne produit que peu d'émission de carbone. Nous pouvons donc la négliger.

BDE

Le bilan carbone du BDE a été réalisé en cours de mandat. Pour réaliser ce bilan carbone, il a été supposé que 3 soirées et 5 "Kfet" seraient organisées au total au cours de l'année. Plusieurs sites ont été utilisés pour calculer le bilan carbone : <https://agribalyse.ADEME.fr/app/aliments> pour la nourriture, les boissons et l'alcool et <https://impactco2.fr/> et <https://www.viamichelin.fr/web/Itineraires> pour les goodies et les transports.

Le tableau et le graphique ci-dessous synthétisent les émissions de CO2 par événements et par pôle d'émission.



Le bilan carbone du BDE s'élève à **15159 kg CO2 éq.** Le BDE analyse les émissions de son bilan carbone :

“De manière générale, nos activités qui émettent le plus de gaz à effet de serre sont l'alcool, le transport et la fabrication de goodies pour l'intégration. Si l'alcool et les goodies ont une part importante dans les émissions c'est parce que ce sont des produits qui sont importés et donc qui ne sont pas produits localement. On remarque que notre empreinte carbone est relativement élevée, elle est au total de plus de 15 tonnes. Cependant cette empreinte carbone reste à l'échelle de l'école qui comporte plus de 1000 étudiants et en moyenne nos événements regroupent plus de 300 étudiants de l'ENSE3 ce qui explique une si forte valeur finale.”

Pour réaliser le bilan eau du BDE, la base de données Agribalyse est utilisée avec le template réalisé. La liste des produits achetés par le BDE qui est donnée dans le bilan carbone permet d'utiliser Agribalyse pour réaliser le bilan sur l'eau. On trouve alors un total de **17300,2 m3 dépriv.** pour l'année 2023 du BDE.

ANNEXE ASSOCIATION

DÉTAIL DES BILANS PAR ASSOCIATION

BDA

L'empreinte carbone du BDA est un peu "approximative". En effet, lors de la prise en compte de la nourriture pendant les événements, le calcul a été fait de la façon suivante. Le trésorier a donné au responsable DD* du bureau le nombre de repas végétariens ou carnés prévus par événement, puis le responsable a pris l'empreinte carbone moyenne pour un repas carné et celle pour un repas végétarien pour obtenir l'empreinte carbone totale de la nourriture pour les événements.

Au total, le bureau des arts a un bilan carbone de **10,6 t CO2 éq.** dont la part la plus importante est le trajet en bus pour le WECH (Week-end culture et histoire) suivi de près par le l'intégration.

De façon analogue au BDE, nous pouvons déterminer que le bilan eau du BDA est **28821,3 m3 dépriv.** Cependant, le calcul se base sur le bilan carbone déjà réalisé qui comme nous l'avons expliqué ci-dessus est assez approximatif.

BDS

Une des activités principales du BDS en début d'année est la préparation des "OL'INP". Bien que la majeure partie du char et des banderoles soit réalisée avec du matériel de récupération, de nombreuses vis et peintures sont achetées pour leur réalisation. À noter également que la vente de nourriture lors de la préparation des "OL'INP" devrait également être prise en compte ce qui n'est pas le cas ici. Ces pistes peuvent être des idées d'amélioration pour les prochains BDS bien que celui réalisé par Adèle Langlais et son bureau soit déjà détaillé.

Au total sur l'année 2023, la répartition est la suivante pour le BDS : une empreinte carbone principalement due aux textiles (seulement prise en compte pour les "OL'INP") ainsi que le transport.

Le bilan carbone du BDS s'élève à **7,2 t CO2 éq** et le bilan en eau s'élève à **12 969m3 depriv.**

Junior ENSE3

Lors du calcul du bilan carbone de Junior ENSE3, le responsable RSE a pris en compte : les goodies, les transports et le numérique. Cependant, tous les achats en lien avec les études ne sont pas pris en compte ce qui correspond pourtant à l'activité première de Junior ENSE3.

Au total Junior ENSE3 a un bilan carbone de **3 t CO2 éq** dont la part la plus importante est les déplacements pour les différents congrès, forum, ... Junior ENSE3 utilise également près de **810 m3 dépriv.** durant un mandat principalement dû à l'utilisation de l'informatique.

GrainesE3

La plus grande partie du bilan de GrainesE3 est liée à l'alimentation puisque l'association fournit des paniers de légumes toutes les deux semaines aux étudiants. Après avoir répertorié l'ensemble des achats alimentaires de 2023 dans un tableur, le bilan a été réalisé avec Agribalyse. Cela a permis de calculer à la fois l'empreinte carbone et celle sur l'eau pour la partie alimentaire. Pour le reste, l'outil MicMac a été utilisé en octobre 2023 (<http://avenirclimatique.org/micmac/simulationcarbone.php>)

Il faut néanmoins prendre en compte le fait que cette base de données Agribalyse ne distingue pas les aliments bio des autres. Tous les aliments achetés par GrainesE3 proviennent de Mangez Bio Isère qui fournit des fruits et légumes bio locaux et de saison. Comme cela n'est pas pris en compte par la base de données, le bilan est surestimé pour l'alimentation.

Au total, le bilan carbone s'élève à **5714 kg CO2 éq** pour GrainesE3 et pour l'empreinte sur l'eau pour la partie alimentation seulement s'élève à **17 487 m3 dépriv.**

* : le responsable DD est le responsable environnemental du bureau. DD signifie Développement durable.

ANNEXE ASSOCIATION

DÉTAIL DES BILANS PAR ASSOCIATION

Greener-FM

Pour le matériel informatique, nous avons décidé de prendre en compte le bilan carbone total uniquement l'année de l'achat. Par exemple, si un appareil dont le coût carbone de fabrication est de 30 kg CO₂ éq. est acheté en 2023, on ne le prendra en compte que durant cette année. Pendant l'année 2023, Greener-FM n'a fait aucun achat de matériel. L'association a donc un bilan environnemental très faible uniquement basé sur le stockage et les vues générées sur les différentes plateformes. On obtient alors que Greener-FM n'a que 1,13 kg CO₂ éq. et un total de 83,81 m³ dépriv.

INProd

Nous avons décidé de prendre en compte les associations subventionnées et/ou hébergées par l'école. De ce fait Inprod doit être prise en compte.

À l'aide des données fournies par Colin Bethenod, nous avons pu réaliser le bilan de INProd. Lors du bilan carbone nous avons pris en compte le stockage, les goodies, les transports pour les différents événements. Pour le matériel informatique, nous avons décidé de prendre en compte le bilan carbone total uniquement l'année de l'achat comme pour Greener-FM.

Dans ce cas, on obtient que INProd a un bilan carbone de 1,7 t CO₂ éq. avec pour pôle le plus émetteur celui des goodies (toujours neufs) et un bilan eau de 1928 m³ dépriv .

Week-end inter-associations

Chaque année, un week-end inter-associations est organisé par des associations de l'ENSE3 engagées pour l'écologie. Une association INP y participe aussi mais elle est constituée presque exclusivement d'étudiants de l'ENSE3 et en 2023, tous les participants étaient de l'ENSE3. Même si ce week-end se veut être le plus sobre possible, il est intéressant de le prendre en compte dans le bilan.

En 2023, 32 personnes ont participé à ce week-end qui a eu lieu au refuge de l'Esparron dans le massif du Vercors. Ce refuge n'a pas d'électricité, de chauffage ni d'eau courante. Nous négligeons donc l'empreinte carbone liée au logement sur le week-end. Les principaux postes d'émissions de gaz à effet de serre sont alors le transport et la nourriture.

Le bilan carbone du week-end, pour lequel seuls les transports et l'alimentation sont considérés, s'élève à 424,37 kg CO₂ éq. Cela revient à 13,7 kg CO₂ éq/pers.

Le bilan eau pour l'alimentation s'élève à 457 m³ dépriv.

Autres associations

Dans le cas de l'association d'informatique Uwu nous obtenons les résultats suivants : 769 kg CO₂ éq. et 1830 m³ dépriv.

Deux associations à plus faible impact entrent également en compte : Enactus qui a émis 191,1 kg CO₂ éq. durant l'année 2023 ainsi que BeeGreen avec 103,1 kg CO₂ éq. Dans les deux cas, le bilan eau est supposé négligeable car il y a peu voire pas d'achat de nourriture et de textile et peu de matériel informatique spécifique à l'association qui sont les pôles les plus émetteurs.

Foyer

Le foyer de l'ENSE3 est une association mettant en vente à prix quasi coûtant des snacks sucrés ou salés ainsi que des boissons. Bien que le foyer tente de mettre en place des alternatives plus vertueuses pour l'environnement, les étudiants préfèrent encore les Kinder Bueno aux pommes Bio et les CocaColas aux sirops bio qui sont maintenant disponibles au Foyer. Ainsi le foyer représente l'association consommant le plus d'eau de l'ENSE3. Le bilan carbone s'élève à 9482 kg CO₂ éq et le bilan eau s'élève à 10082 m³ dépriv.

ANNEXE DÉCHETS

CLASSIFICATION ET ANALYSE DES DONNÉES

Il existe plusieurs sources de déchets dans l'école, dont nous avons tenu compte dans ce bilan environnemental :

- Les poubelles réparties dans tout le bâtiment : elles permettent de faire le tri entre les déchets résiduels et les emballages. Ceux-ci sont déposés dans des bacs dans le local poubelle et régulièrement collectés par SUEZ.
- FABLAB : Une diversité de déchets est générée ici, dans les trois différentes salles FABLAB réparties dans le bâtiment. Certains emballages en plastique sont déposés dans la poubelle de SUEZ.
- Les déchets "non-classifiés" des manipulations de TPs, du Fablab et de l'Atelier Mécanique sont jetés dans une grande benne de LELY (plastique, métal, bois...), entre l'Avenue des Martyrs et le CEA. Un grand volume est généré, mais dû à la diversité des déchets, le tri est compliqué. Cela aboutit à une évacuation directe une fois la benne remplie, donc son impact n'a pas pu être considéré.
- Les produits chimiques ont commencé à être évacués de 2013 à 2021, gérés par Baptiste Arriuela principalement et l'association Impact Environnement. La méthode de l'ENSE3 consiste à stocker en différents bidons, sacs et poubelles les déchets, jusqu'à ce que le volume soit suffisant, et le stockage plein afin d'être transmis pour un traitement postérieur. Postérieurement, Impact Environnement est responsable de la traçabilité précise avant d'envoyer sur la filière de retraitement à Vienne.

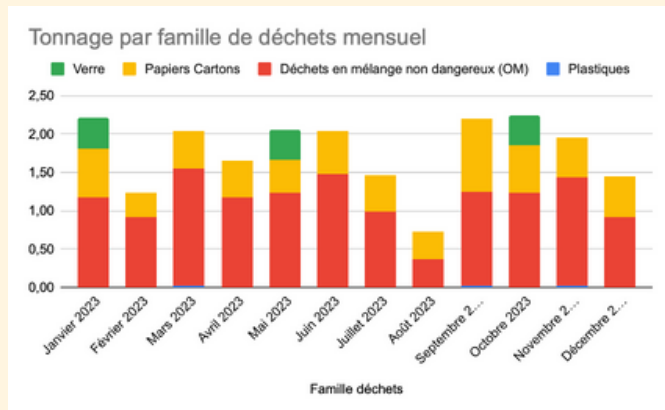
Cependant, ce bilan ne prend pas en compte les déchets générés dans le bâtiment par la cantine du Crous ou les laboratoires n'appartenant pas à l'école ENSE3.

À partir de la méthodologie expliquée dans le document Méthodologie et des données de Suez (déchets produits par l'école sur l'année 2023), nos déchets sont classifiés en plusieurs catégories de l'ADEME.

Type	Responsable	Traitement	Lieu	Catégorie, ADEME
Ordures ménagères	Suez	Incinération	Athanol, La Tronche	Incinération de déchets - Ordures ménagères, FR
Verre	Suez	Transfert	Métro Regroup Verre, Grenoble	Emballages/Verre/Recyclage - Impacts
Papier-carton	Suez	Tri	Sita Centre Est, Voreppe	Emballages/Carton, Fin de vie moyenne filière
Produits chimiques	Impact Environnement	Incinération	Inconnu	DIS/Incinération - Impacts
Autres	Lely	Inconnu	Inconnu	Inconnu

ANNEXE DÉCHETS

Une analyse des quantités en tonnes produites mensuellement a été aussi faite :



LE FABLAB

Les déchets du Fablab sont traités avec le reste des déchets de l'école, mais dû à la variété de processus et outils manuels qu'il inclut, il nous semble correct d'analyser leur classification et séparation des déchets.

LE FABLAB-0B

Le principe de fonctionnement du Fablab est de réutiliser tous les matériaux en interne par les élèves et le reste des projets, ce qui réduit dans un premier temps la production des déchets. Ensuite, une séparation est faite dans des bennes pour le plastique, métal et bois, ainsi que des poubelles pour le carton, le plastique, le verre et les produits ménagers. Tous ces déchets sont traités collectivement par l'école. Nous remarquons une autre benne pour les déchets DEEE (Équipement électrique et électronique).

Le Fablab produit aussi des batteries comme déchets, mais par contre, dû à l'absence de traitement spécifique, elles sont stockées. En outre, le plastique des impressions 3D est séparé à part du reste des plastiques, mais il n'est pas recyclé. Finalement, en termes d'impacts environnementaux, le seul gaz directement émis vient des bombonnes de soudure, dont les bouteilles sont récupérées et séparées avec celles de N2, O2, et H2. Cependant, le Fablab produit seulement une bonbonne par an, de 11L comprimés à 200 bar.

Les produits chimiques sont ramassés et gardés dans un bunker, qui inclut aussi des produits avec des risques dangereux, et des métaux lourds. Dans le FabLab, la séparation suivante est effectuée :

- Combustibles et produits compatibles: solvants, peintures, colles, graisses, ...
- Corrosifs: résines époxy et colles.
- Contenants de produits chimiques fermés : contenants vides, périmés, ...
- Produits sans pictogramme : huiles végétales, peintures, ...

LE FABLAB-4D

Le fablab 4D a une production des déchets plus variée, couramment classifiée dans les déchets généraux. Des petites quantités de fils en plastique, morceaux de soudures et des pièces en métal sont produits et séparés. Par contre, comme ce sont des matériaux non identifiables, ils ne peuvent pas être jetés avec le reste du recyclage, car une fois mélangés cela serait encore plus corrosif et dangereux. Par conséquent, ils finissent dans la poubelle des déchets généraux. De même, la seule machine jetée, une presse manuelle, a fini avec les déchets généraux. De même, les restes des résines avec les pièces collés sur des bidons sont aussi jetés avec les déchets généraux.

Des petits composants électroniques sont séparés (semi-conducteurs, résistances, cartes, CPUs...), mais pour l'instant ils sont seulement stockés, sans évacuation ni tri prévu.

Les filtres d'imprimantes 3D pour les plastiques (ABS) sont gérés par le bâtiment et Eiffage. Les déchets de l'impression sont traités aussi par LELY.

Cependant, dans ce Fablab les plastiques qui restent sont séparés pour la production de fils en plastique recyclé.

ANNEXE DÉPLACEMENTS

MOBILITÉS INTERNATIONALES

L'ensemble des déplacements pays d'origine/Grenoble effectués en 2023, allers comme retours, des étudiants ayant étudié à l'ENSE3 au cours de l'année 2023 ont été pris en compte.

Les émissions carbone ont été calculées directement grâce au simulateur d'itinéraire de l'ADEME en supposant un trajet en avion entre l'aéroport de Lyon-Saint-Exupéry et la ville de l'université d'origine/de destination (pour les étudiants en échange, double-diplôme et stages) ou la capitale du pays d'origine (pour les étudiants en Masters).

Pour l'utilisation des ressources fossiles, l'ADEME fournit des valeurs kilométriques pour les trajets passagers en avion petit courrier (<1000km), moyen courrier (3000km<d<4000km) et long courrier (8000km<d<9000km). Pour les trajets dont la longueur sont hors de ces plages, le coefficient d'utilisation des ressources kilométriques à appliquer a été déterminé par interpolation.

ENTRANTS	Utilisation des ressources (MJ)	Emissions de GES (tCO2e)
DD = double-diplôme	308345.7607	28.815
SA = échange semestre d'automne	190059.164	18.2981
SP = échange semestre de printemps	46784.83921	4.4198
AC = échange année complète	151675.9473	14.1404
MA=Master	1252753.39	111.399
	1949619.102	177.0723

SORTANTS	Utilisation ressources fossiles (MJ)	Emissions de GES (tCO2e)
Stage, 1ère année	219194.2001	19.9293
Stage, 2ème année	658516.1518	62.7764
Stage, 3ème année	92301.341	8.6776
Stage, CESURE	213977.4915	19.3216
Echange, semestre d'automne	415146.2258	38.7773
Echange, semestre de printemps	162790.8167	14.8938
Echange, année complète	5552.42752	0.52
Double-diplôme	98972.02599	8.671
Total	1866450.68	173.567

DÉPLACEMENTS QUOTIDIENS

Le mix de transports habituels et la distance à l'école des étudiants et du personnel pour leurs déplacements quotidiens domiciles/écoles a été déterminé grâce à des enquêtes. Un coefficient a été appliqué aux calculs tirés de ces enquêtes pour les ramener aux nombres réels d'étudiants et de personnels (par rapport aux nombres de répondants). Une incertitude de 100% a dû être appliquée.

Pour les rapports d'émissions kilométriques, ils ont été récupérés auprès des services de la TAG pour les transports en communs intra-Grenoble, via l'ADEME pour les autres modes de transports.

Aucun calcul d'impact utilisation des ressources fossiles n'a été effectué par manque de données pour les moyens de transports du quotidien.

ACTIVITÉS DE L'ÉCOLE

L'ensemble des déplacements exceptionnels des étudiants et du personnel a été fourni par le service financier. Certaines fois, seul le moyen de transport correspondant à l'achat était précisé et non la destination. Les émissions de GES/utilisation des ressources fossiles associées ont été évalué à partir du rapport moyen émissions/coût (ou utilisation/coût) observés sur les données disponibles pour ce même mode de transport.

Pour les achats impossibles à caractériser, le code NACRES a été utilisé pour les émissions carbone, et aucun calcul n'a été fait pour l'utilisation des ressources fossiles.

Missions du personnels	Utilisation ressources fossiles (MJ)	Emissions GES (tCO2e)	Distance totale parcourue (km)
Avion	221392.4801	17.633	117393.8157
Bus	4041.457991	0.071	2377.32823
Train	12230.69447	2.185	275512.4197
	237664.6325	19.889	395283.5636

ANNEXE ÉNERGIES ET EAU

DÉTAILS DES DONNÉES DISPONIBLES

Le bâtiment est géré par la société Eiffage qui fournit chaque année un bilan des consommations en électricité, en chauffage et en eau. Les données pour l'année 2023 sont les suivantes :

Consommation électrique	1303542 kWh
Consommation chauffage	423 MWh
Consommation eau	1350 m3

ANALYSE DÉTAILLÉE DU BILAN EAU

On note que la plupart de l'eau prélevée et consommée est de l'eau de surface. Malgré des incertitudes sur l'équivalent eau, on se rend compte que l'utilisation de l'eau dans l'énergie (eau indirecte) est non négligeable et même bien plus importante que la consommation en eau directe. C'est une information qui ne semble pas encore être prise en compte par la majorité des citoyens. Il faudrait maintenant mettre en perspective ces résultats au regard du stress hydrique que la production d'énergie engendre.

ANNEXE ÉNERGIES ET EAU

DÉTAILS DE LA DÉMARCHE ET RÉSULTATS DU BILAN EAU : ELECTRICITÉ

Puisque la donnée sur un équivalent m³/kWh n'existait pas pour l'énergie électrique en France (ni ailleurs) nous l'avons créée en recherchant des équivalents pour chaque mode de production et pour le réseau électrique, moyennant quelques hypothèses. Là encore, les données étaient parfois manquantes ce qui nous a poussé à poser quelques hypothèses. La date des données trouvées, le détail des éléments considérés, les hypothèses et les sources sont présentés ci-dessous. Nous avons ajouté à cela un indice qualitatif arbitraire pour mieux comprendre l'influence des hypothèses prises et du manque de certains éléments sur les données finales.

Nous avons considéré les données trouvées comme constantes au cours du temps pour pouvoir les appliquer à l'année civile 2023. Le détail du mix énergétique est disponible à la page suivante.

Production	Date	Considérations	Hypothèses	Source	Force des hypothèses
Nucléaire	2019	Centrale	Production d'eau éventuelle négligée. Construction centrale négligée.	Gouv.fr	FAIBLE
Hydraulique	2008	Évaporation dans les retenues. Eau prélevée. (chutes)	Construction barrage négligée.	Article scientifique	MOYENNE
Éolien	/	Négligé	Impact faible. Construction négligeable devant le mix français.	ADEME	MOYENNE
Solaire	2021	Énergie productible, la durée de vie et l'efficacité du module		ADEME	NULLE
Thermique	2008 2008	Centrales combustibles fossiles et biomasse. Eau prélevée.	Procédé de refroidissement en cycle ouvert. Production d'eau éventuelle négligée.	Article scientifique	MOYENNE à FORTE
Gaz	2008 2008 - 2020	3 premiers importateurs : 1. USA (25%) : 77% gaz de schiste et reste GNL 2. Norvège (22%) : gaz naturel 3. Russie (15%) : gaz naturel	Production d'eau éventuelle négligée. USA et Russie produisent en cycle fermé. Norvège produit à air sec. Biogaz et autres importateurs négligés.	Article scientifique - Gouv.fr eia.gov	FORTE
Fioul	2008 2008	Production de pétrole pour centrale et centrales au fioul.	Tout le pétrole pour centrale est du fioul	Article scientifique	MOYENNE à FORTE
Charbon	2008 2008	Production de charbon, refroidissement exclu et gazéification du charbon.		Article scientifique	MOYENNE à FORTE
Autre	2023	Négligé (<1% du mix)		gouv.fr	MOYENNE
Réseau électrique	2023	Câbles haute tension du réseau français.	Fils de pylônes et tout appareil du réseau négligé.	RTE Base inies	MOYENNE à FORTE
	<p>La valeur de consommation d'eau des lignes est divisée par leur amortissement. Le calcul de ce taux se base sur la valeur moyenne de renouvellement des lignes aériennes (93% des lignes) sur 10 ans.</p> $taux = \frac{L_{totale\ ligne} - L_{moy\ correction} - L_{moy\ déposé} + L_{moy\ nouveau}}{L_{moy\ renouvelé}}$				

ANNEXE ÉNERGIES ET EAU

Voici ci-dessous les résultats concernant l’empreinte eau du mix d’énergie électrique primaire français pour 2023. Nous avons distingué l’eau consommée (eau bleue, méthode WFN, 2014) de l’eau prélevée et directement restituée au milieu aquatique.

Production et transport	Prod. (TWh)	Part du mix (%)	Valeur de référence	Eau consommée (millions de m ³)	Eau prélevée (millions de m ³)
Nucléaire	320,4	65	m ³ pour le parc nucléaire français	1612	17510
Hydraulique	58,8	12	26 m ³ / MWh	1512,8	60
Eolien	50,8	10		0	
Solaire	21,6	4	24,5L/kWh	24,5	
Gaz	30	6	17500m ³ / puits 1,875 m ³ / MWh GNL 0,038 m ³ / MWh gaz naturel Centrale cycle fermé : 0,7m ³ /MWh Centrale air sec : 0 m ³ /MWh	16,4	137,8
Thermique	10,4	2	1,1m ³ / kWh	1,1	
Fioul	1,7	0,3	Centrale : 1,1 Mm ³ / TWh Pétrole : 5,5 Mm ³ / TWh	11,2	9,2
Charbon	0,8	0,01	Charbon : 1,315m ³ / MWh Gazéification : 0,242 m ³ / MWh	5,5	
Autre	0,1	0		0	
Lignes HT			8.78 m ³ / m de câble	2,3	
TOTAL consommation France	494,7	100		3 200	17 717

Pour obtenir un équivalent eau en mètre cube pour les consommations électriques de l'école, nous avons appliqué un simple produit en croix puisque l'ENSE3 est raccordé au réseau électrique français.

	France	ENSE ³
Energie électrique	494,7 TWh	1309542 kWh
Eau consommée	3370 millions de m ³	3 960 m³
Eau prélevée	17 717 millions de m ³	21 900 m³

Ces consommations sont extraites du rapport trimestriel des consommations du bâtiment pour 2023.

ANNEXE ÉNERGIES ET EAU

DÉTAILS DE LA DÉMARCHE ET RÉSULTATS DU BILAN EAU : CHAUFFAGE

Voici ci-dessous les hypothèses puis résultats concernant l’empreinte eau du mix de chauffage urbain de Grenoble Métropole (CCIAG) pour 2023. Ici, le manque de données ne nous permet pas de quantifier l’eau simplement prélevée au milieu. Les résultats ci-dessous comptabilisent donc seulement l’eau consommée.

Nous considérons toujours les données trouvées comme constantes au cours du temps pour pouvoir les appliquer à l’année civile 2023. Le détail du mix énergétique est disponible à la page suivante.

Production	Date	Considérations	Hypothèses	Source	Force des hypothèses
Ordures ménagères	2019	Ordures pour incinération	Ordures préalablement triées. Refus de tri matière partent en CSR. Valorisation énergétique en four à grille.	ADEME	MOYENNE
Bois	2022	Empreinte hydrique par unité de bois rond produite en France.	Bois moyen. Consommation des centrales négligée. Transport négligé.	Article scientifique	MOYENNE à FORTE
Charbon	2008	Combustible charbon.	La consommation en eau des centrales est négligée tout comme sa fabrication.	Article scientifique	MOYENNE à FORTE
Gaz naturel	2008	Combustible gaz naturel.	La consommation en eau des centrales est négligée tout comme sa fabrication.	Article scientifique	MOYENNE à FORTE
Bois de fin de vie purifié	2023	Négligé (<2% du mix)		CCIAG	MOYENNE
Chaleur industrielle	2023	Négligé (<2% du mix)		CCIAG	MOYENNE
Fioul	2023	Négligé (<2% du mix)		CCIAG	MOYENNE
Autres	2023	Négligé (<2% du mix)		CCIAG	MOYENNE
Réseau (fuites)	2023	Fuites sur les conduites	Seule la valeur maximale est à disposition. Hypothèse : valeur minimale nulle. Nous prenons la valeur moyenne entre min et max.	CCIAG	MOYENNE à FORTE

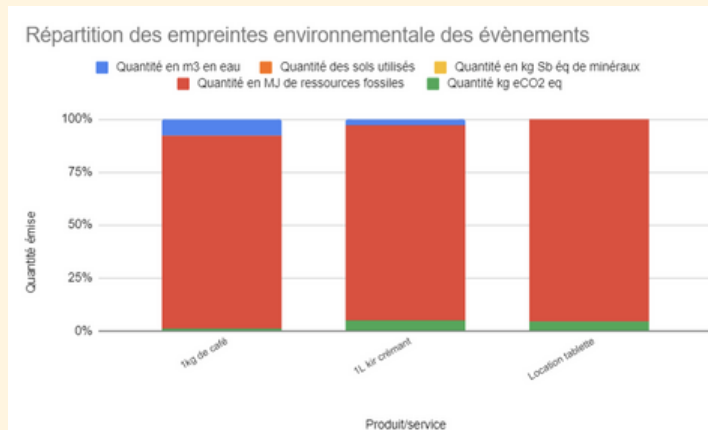
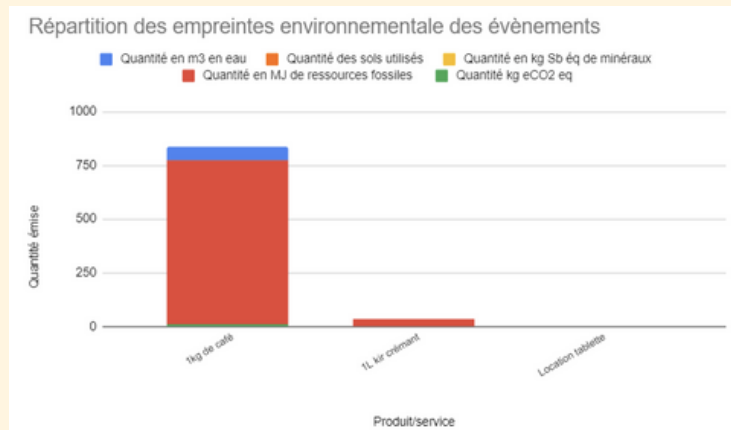
Voici les résultats du bilan eau du réseau de chauffage urbain de Grenoble auquel est raccordé l'école.

Le bilan pour l'école se calcule de la même manière que précédemment en calculant en proportion la part d'eau consommée pour le chauffage de l'école.

Production et transport	Production (GWh)	Part du mix primaire (%)	Valeur de référence	Empreinte eau (m ³)
Ordures ménagères	301,3	41,1	186 m ³ /t de déchets	39 105 000
Bois	269,7	36,7	352 m ³ /m ³ de bois	103 356 000
Charbon	99,2	13,5	1,315 m ³ /MWh	59 290
Gaz naturel	23,5	3,2	0,038 m ³ /MWh	9 160
Réseau (fuites)			100 m ³ /j	36 500
Total	735	100		142 565 000

ANNEXE ÉVÈNEMENTS

DÉTAIL DES BILANS ENVIRONNEMENTAUX POUR QUELQUES CATÉGORIES



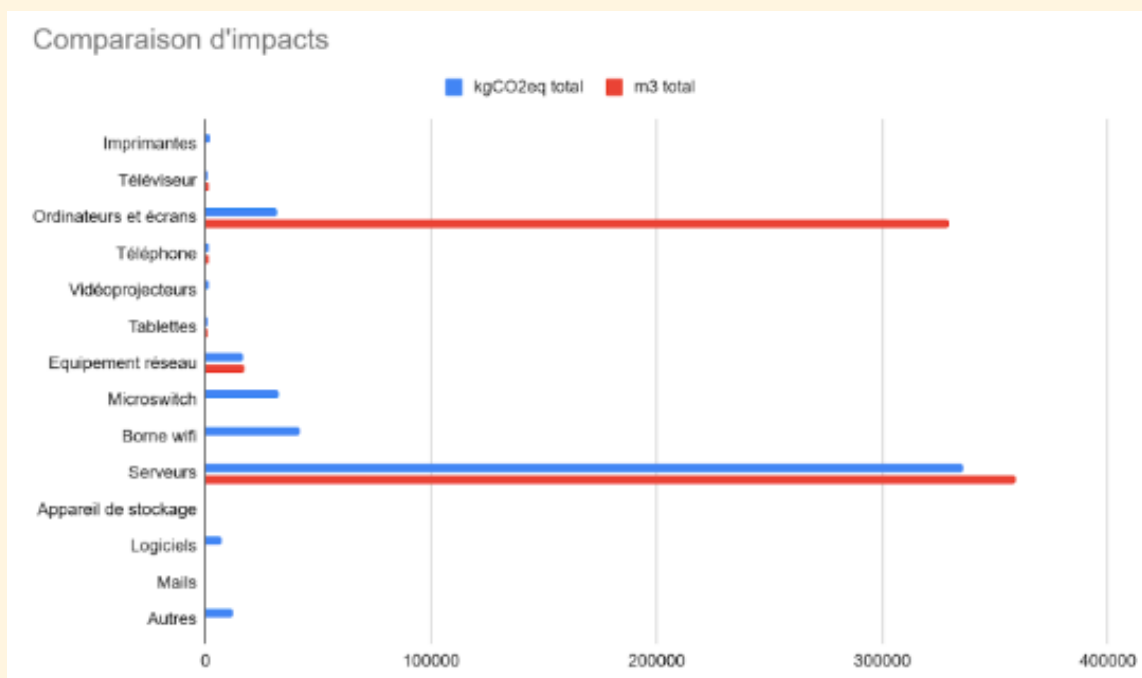
Nous avons donc décidé de ne calculer l'impact environnemental de quelques produits par manque de temps. On remarque que le café à nouveau représente un impact très important. Pour ces trois produits, c'est l'énergie en MJ qui est prédominante. On ne peut conclure sur l'impact global des événements, car les produits choisis ne sont pas forcément représentatifs de tous les autres. Néanmoins le fait de louer un produit diminue largement son impact : au lieu de multiplier l'indicateur par le nombre d'années d'utilisation, on le divise pour n'avoir qu'un résultat associé à une journée.

ANNEXE NUMÉRIQUE

COMPARAISON GLOBALE DES RÉSULTATS

C'est en partant du constat que les ordinateurs et écrans, les serveurs et les bornes wifi avaient le plus grand impact global (seul le bilan carbone est considéré pour la comparaison de la catégorie réseau) que nous avons pu développer un bilan succinct des impacts sur les ressources en métaux et minéraux et sur les ressources fossiles.

Il est à noter tout de même que les impacts sont calculés sur le nombre total de chaque appareil (d'après l'inventaire des appareils numériques).



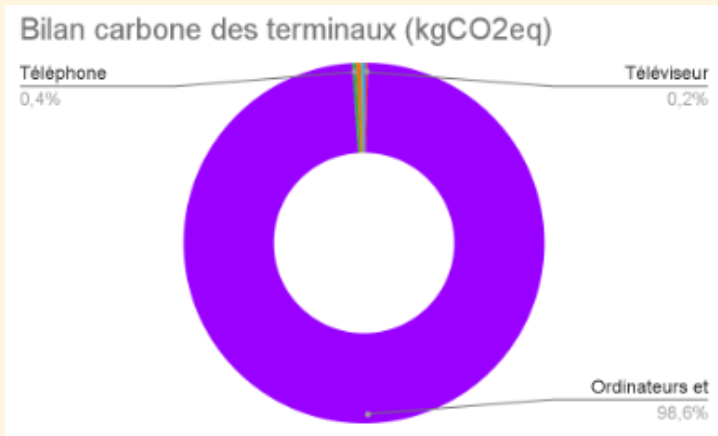
FRÉQUENCE DE RENOUVELLEMENT DES APPAREILS

Ces fréquences sont systématiquement appliquées dans nos bilans pour lisser l'impact de la fabrication des appareils sur leur nombre d'années d'utilisation.

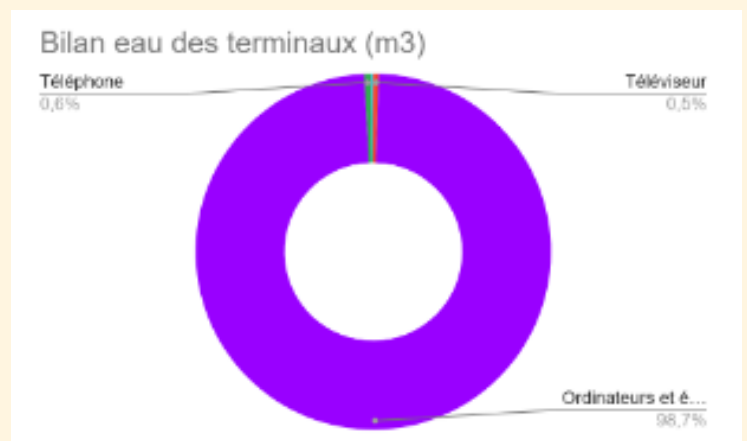
	Fréquence de renouvellement
Imprimante	4 ans
Ordinateur	7 ans
Ecran	7 ans
Tablette et tablette graphique	7 ans
Serveur et borne de Wifi	7 ans

ANNEXE NUMÉRIQUE

ANALYSE PAR BILANS



Dans l'ensemble des terminaux on compte plus de 1100 ordinateurs et écrans contre environ 200 téléphones, tablettes ou téléviseurs. Cela permet alors d'expliquer pourquoi cet ensemble représente plus de 95% du bilan total.



Pour indication, voici les valeurs pour les bilans des terminaux :

367 ± 75 t CO₂ eq.
333 599 ± 333 599 m³

DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES

Puissance salle serveur plancher chauffant	Impact carbone	Impact eau
23,5kW	1,42 kgCO ₂ éq.*	0,16m ³ *

* Valeurs liées à l'énergie.

ANNEXE NUMÉRIQUE

AUTRES IMPACTS



Lors de notre calcul, nous nous sommes basées seulement sur 1 produit par catégorie (serveurs, bornes wifi et ordinateurs fixes). Ainsi il ne s'agit pas de l'impact le plus fiable seulement il permet de se rendre compte que le nombre d'ordinateurs utilisés à l'école consomme plus de ressources minérales et métalliques comparé aux serveurs (qui sont pourtant plus demandeurs en CO2 eq.)

Cette différence est notamment due à l'objet en lui-même contenant plus de métaux pour les différents composants en comparaison aux serveurs.

Comme pour le calcul de l'utilisation, des ressources minérales et métalliques, nous nous sommes basées seulement sur 1 produit par catégorie (serveurs, bornes wifi et ordinateurs fixe). Ainsi il ne s'agit pas de l'impact le plus fiable seulement il permet de se rendre compte que lors de leur fabrication, les serveurs utilisent plus de ressources fossiles comparés aux ordinateurs, deuxième catégorie la plus impactante.

Cela peut également s'expliquer par le fait que dans ses chiffres l'ADEME prend également en compte l'énergie nécessaire pour les faire fonctionner. Dans des pays comme les Etats-Unis ou la Chine cette énergie est souvent fossile.

Utilisation de ressources fossiles (MJ)



RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE ÉTUDIANTS ET PERSONNELS

Nous avons tenté de compléter nos données par un questionnaire pour les étudiants et un pour le personnel pour pouvoir prendre en compte les activités de l'école liées à un terminal personnel. Malheureusement le nombre de réponses n'a pas été concluant : 89 réponses pour les étudiants soit moins de 7,5% des étudiants de l'école. En ce qui concerne l'administration seulement 31 réponses ont pu être collectées.

Cependant, pour les étudiants une certaine tendance s'est dégagée : en moyenne un étudiant passe plus de 9h par semaine pour l'école (suivre les cours, BE, TP, ...) sur son ordinateur personnel parfois acheté spécifiquement pour et environ 6h de plus s'il est engagé dans une association. De plus, peu de mails sont envoyés par les étudiants : moins de 2 par semaines.

En ce qui concerne le personnel, le tableau récapitule l'utilisation d'appareils personnels pour les 17 enseignants, 10 membres de l'administration et les 4 techniciens ou ingénieurs qui ont répondu à notre enquête.

	Enseignement	Administration	Technique et ingénierie
Oui	53%	30%	50%
Exemples <i>Par ordre de fréquence d'achat</i>	Ordinateurs Ecrans Téléphone portable Casque bluetooth Souris Tablette graphique Tablette Disque dur Ebook reader	Téléphone portable Ecran	Téléphone portable Routeur wifi
h / sem d'utilisation de ces appareils	Smartphone : 1 à 4h Ecran : 6 à 8h	56% des réponses : entre 25h et 40h 22% des réponses : entre 8h et 10h 22% des réponses : entre 1h et 2h	Variable

ANNEXE NUMÉRIQUE

PLAN D' ACTIONS DÉTAILLÉ

Actions	Eviter, réduire, compenser
Papier, lecture numérique et imprimante	
<p>Faire une étude plus approfondie de l'utilisation des supports à l'école (papier, lecture numérique, impression), notamment en vue des examens. Il semblerait que parfois l'impression coûte moins de feuilles que l'écriture manuscrite (feuilles doubles, marges laissées vides etc.). Aussi, certains enseignants demandent 1 page manuscrite de résultats mais les diaporamas / PDF sont longs et demandent donc un temps de lecture à l'écran long pour chaque élève (et un temps de fichage tout autant long, parfois évitable). Il serait pertinent de comparer l'impact socio-environnemental des différentes options :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tout document manuscrit autorisé à l'examen - Impression d'un document de cours (plusieurs feuilles par page) autorisé à l'examen - Lecture sur ordinateur et rédaction d'une feuille A4 de résultats pour l'examen - Fournissement d'un formulaire imprimé avec ou sans droit d'annotations <p>Cette étude peut être réalisée en semaine de créativité par exemple par un groupe d'étudiants par analyse de données (carbone, eau, etc.) et questionnaire adressé aux étudiants et enseignants pour quantifier la faisabilité et la charge mentale associée à un changement de pratique.</p>	Réduire
Quantité et impacts des terminaux par personne	
Système de prêt d'ordinateur portable et accessoires pour l'ensemble de la scolarité proposé avant (mail de bienvenue) ou dès l'entrée à l'école	Éviter
Création d'une bourse pour permettre aux étudiants en demande permettant l'achat de matériels informatiques reconditionnés.	Éviter
Choisir un marché plus éthique comme le FairPhone pour les téléphones ou Framework pour les ordinateurs (appareils facilement réparable: on peut donc changer une pièce plutôt qu'un appareil entier)	Éviter
Approfondir l'enquête portant sur l'accessibilité des ordinateurs de l'école et les besoins en logiciels pour adapter les offres au mieux.	Éviter
Mieux renseigner les élèves sur les salles informatiques disponibles et/ou les machines virtuelles. On peut ainsi éviter que les élèves téléchargent de trop nombreuses applications (code blocks, python, ...) pour seulement quelques utilisations.	Éviter
Flux de données et services immatériels	
Virtualiser une partie non compromettante des serveurs de l'Ense3 dans un cloud permettrait de diminuer les bilan carbone car les gros datacenters sont plus optimisés que les serveurs locaux.	Réduire
Dans le cas des documents sur Chamilo, le plus énergivore est de télécharger un documents comparer à l'onglet lecture du documents qui correspond à une requête internet. Une requête	Réduire

ANNEXE NUMÉRIQUE

PLAN D' ACTIONS DÉTAILLÉ

internet demande 1,23 CO ₂ eq. et le téléchargement de document demandé 9,21 CO ₂ eq. en wifi et 24,9 CO ₂ eq. en 4G. De ce faite, télécharger un document a un plus faible impact si le document fait moins de 134 Mo en wifi et 49,5 Mo en 4G	
Malgré le manque de certitude sur l'importance de ces gestes face à la diminution de nos achats de terminaux, il peut tout de même être pertinent d'instaurer de bonnes pratiques et d'informer sur l'impact de certains usages (regarder une vidéo en ligne par exemple). Sur l'intranet de l'école Loane Danes a répertorié un certain nombre de bonnes pratiques qu'il serait bon de mettre en avant.	Réduire
Etudiant.es comme personnel.les reçoivent chaque jour une grande quantité d'informations par mails dont les degrés d'importances sont différents. Il est important d'envisager une autre solution pour réduire ce flux de mails comme par exemple la centralisation des évènements, ateliers et informations diverses sur une application facile d'accès avec une hiérarchie des évènements et informations. Ceci pourrait avoir un impact positif sur l'environnement et sur la santé mentale.	Réduire, éviter

Cette liste est non exhaustive et comme tous les autres plans d'action, elle mérite d'être détaillée par de nouvelles idées que pourraient avoir les étudiant.es et personnel.les de l'école.

Bibliographie P001 – GreEn-Record

Pour l'avancement de notre travail et un accès direct aux documents:

Dossier One drive:

https://1drv.ms/f/s!ApWEVTY_hQvFomOU_J_Ebd8PqLwO?e=4T4pH e

Dossier Cloud:

<https://cloud.univ-grenoble-alpes.fr/s/PQebr5QP5mYcFQY?path=%2F>

Analyse des Données, bases carbone et impacts

Accueil | impact co2. (s. d.). Récupéré en avril, 2024 de: <https://impactco2.fr/>

Base Empreinte®. (s. d.). Récupéré en février, 2024 de: <https://base-empreinte.ademe.fr/documentation/base-carbone>

Base empreinte®. (s. d.). Récupéré en février, 2024 de: <https://base-empreinte.ademe.fr/documentation/base-carbone?docLink=Dechets-deliments-dameublement>

Données construites. (s.d.). AFGC. Récupéré en avril 2024 de: <https://www.afgc.asso.fr/ressources/diogen/diogen/donnees-construites/?fbclid=IwAR24SPj2kUsNlpwpwXydsQJAOLiy4dCKIwzQmE9nDE4JsbFPjAlQiin4l9M>

Empreinte carbone des produits | Dell FRANCE. (s. d.). Récupéré en février, 2024 de: <https://www.dell.com/fr-fr/dt/corporate/social-impact/advancing-sustainability/climate-action/product-carbon-footprints.htm>

Recherche agribalyse. (s. d.). Récupéré en février, 2024 de:
<https://agribalyse.ademe.fr/app/aliments>

Impacts environnementaux:

Librairie ADEME Récupéré en mars, 2024 de:
<https://librairie.ademe.fr/>

Evaluation de l'impact environnemental de la digitalisation des services culturels - La librairie ADEME . (s. d.). La Librairie ADEME. Récupéré en mars, 2024 de:
<https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/5942-evaluation-de-l-impact-environnemental-de-la-digitalisation-des-services-culturels.html>

Modélisation et évaluation des impacts environnementaux de produits de consommation et biens d'équipement Récupéré en avril, 2024 de:
<https://librairie.ademe.fr/consommer-autrement/1189-modelisation-et-evaluation-des-impacts-environnementaux-de-produits-de-consommation-et-biens-d-equipement.html>

Fastrez, D. (2023, octobre 2). ESRS: Vers un reporting ambitieux sur le développement durable des entreprises ? Carbo. Récupéré en mars, 2024 de:
<https://www.hellocarbo.com/blog/calculer/norme-esrs/>

Méthode pour la réalisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre conformément à l'article L. 229-25 du code de l'environnement . (s. d.). Récupéré en avril, 2024 de:
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/methodo_BEGES_decli_07.pdf

Y. Le Guern, C. Petiot, E. Schloesing - BIO Intelligence Service (Juin 2011)
Mode de prise en compte de la fin de vie lors de la réalisation d'analyses de cycle de vie (ACV) « produits » -Etat de l'Art - Récupéré en mai, 2024 de:
https://record-net.org/storage/etudes/10-1019-1A/rapport/Rapport_record10-1019_1A.pdf

Déchets:

Danowicz, O., groupe de travail « Environnement » du COMOP DDRS (Buire, J., Crochemort, J., Manciot, S.,) (2022). Bilan Déchets GreEn-Er, Rapport 2022.

DocumentationBaseCarbone. (s. d.). Prod-Basecarbonesolo.ademe-Dri.fr. Récupéré en avril, 2024 de: https://prod-basecarbonesolo.ademe-dri.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?traitement_des_dechets.html

Le Guern, Y., Petiot C., Schloesing E.,- Mode de prise en compte de la fin de vie lors de la réalisation d'Analyses de Cycle de Vie (ACV) "produits"- BIO Intelligence Service- Etat de l'Art, 2011, 108 p, n°10-1019/1A Récupéré en mai 2024 de : https://record-net.org/storage/etudes/10-1019-1A/rapport/Rapport_record10-1019_1A.pdf

Biodiversité:

Biodiversityfootprinting. (s. d.). Biodiversity Metrics. Récupéré en avril, 2024 de: <https://www.biodiversity-metrics.org/biodiversity-footprinting.html>

Cariou, B., Mouton, L., Fritz, T., (2022) Méthodologie de bilan de la biodiversité des établissements de l'enseignement supérieur

Documentation global biodiversity score | cdc biodiversité . (s. d.). Récupéré en avril, 2024 de: <https://www.cdc-biodiversite.fr/documentation-gbs/>

Fernández Calvo, I. C. (2019) 100 medidas para la conservación de la biodiversidad en entornos urbanos SEO/BirdLife, Madrid.

Empreinte Biodiversité (2021, septembre 1).

mesure et démarches. Foresteam. Récupéré en avril, 2024 de: <https://www.foresteam.fr/post/empreinte-biodiversite-mesures-demarches>

SEO/BirdLife (García Grande, M. A., Granell Moreno, L., Martínez Martínez, L. y Sánchez Cepeda, B.). 2022. Fauna silvestre y edificios. Guía técnica para conservar y fomentar la biodiversidad en obra nueva y rehabilitación. Madrid.

Application PlantNet

Empreinte Carbone :

Cordier F., Junquera M., Naud M., Rajon N., Viricel E., (Delphine Riu, Sarah Manciot) (Mai-Juin 2023). *Bilan Carbone de l'ENSE3 - année civile 2022*

European Commission. Joint Research Centre. (2022). *Understanding product environmental footprint and organisation environmental footprint methods*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/11564>

L'École nationale d'ingénieurs de Saint-Étienne (ENISE), l'École normale supérieure de Lyon, l'École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE), Université Claude Bernard Lyon 1, l'Université Jean Monnet de Saint Etienne et VetAgro Sup. (2022). *Guide de la décarbonation de l'enseignement supérieur 2022*

Empreinte Eau:

Eau : ressource et utilisation. (s.d.). Données et Études Statistiques Pour Le Changement Climatique, l'Énergie, l'Environnement, Le Logement, et Les Transports. Recupéré en avril 2024 de: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/leau-en-france-ressource-et-utilisation-synthese-des-connaissances-en-2021>

GRACE Communications Foundation. (Avril 2020). Methodology for GRACE's water footprint calculator. *Water Footprint Calculator Methodology*. Recupéré en avril 2024 de: <https://www.watercalculator.org/wp-content/uploads/2020/04/WFC-Methodology-August-2020.pdf>

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577–1600. Récupéré en mai, 2024 de: <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>

Pérez López, P., Jolivet, R., B. Isabelle, Besseau, R., Douziech, M., Gschwind, B., Tannous, S., Schlesinger, J., Brière, R., Prieur-Vernat, A., Clavreul, J. (2020). *INCER – ACV :Incertitudes dans les méthodes d'évaluation des impacts*

environnementaux des filières de production énergétique par ACV. ADEME.
Récupéré en mai, 2024 de:
<https://bibliothèque.ademe.fr/ged/5404/incer-acv-2021-rapport.pdf>

Rick J. Hogeboom, Luuk Knook, Arjen Y. Hoekstra. (2018) *The blue water footprint of the world's artificial reservoirs for hydroelectricity, irrigation, residential and industrial water supply, flood protection, fishing and recreation.* Advances in Water Resources, Volume 113, Pages 285-294, ISSN 0309-1708,
<https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.01.028>.

Bâtiment :

ADEME. (s.d.). *Le Coefficient de Biotope par Surface (CBS)*
DGALN (DHUP, DEB)- *Coefficient Biotope Surface*. Trame verte et bleue et PLUi
Thématique- – Fiche n°8 (2015, juillet). Récupéré en mai 2024 de
https://www.bourgogne-franche-comte.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/gt_tv_b_fiche_8_coefficient_biotope_surface_juillet_2015_cle2fad68.pdf
<http://rpn.univ-lorraine.fr/UL/Proprietes-Meca-Sols/chap7/permeabilite.html>

Les revêtements perméables comme Techniques Alternatives pour améliorer la gestion des eaux pluviales. (19 Août 2021). <https://www.resineo.com/>.
<https://www.resineo.com/favoriser-la-permeabilite-des-sols-en-milieu-urbain-grace-aux-techniques-alternatives-de-gestion-des-eaux-pluviales/>
Outil n° 11. Récupéré en mai 2024 de
<https://multimedia.ademe.fr/catalogues/CTecosystemes/fiches/outil11p6364.pdf>

PLUI- *RÈGLES COMMUNES -LEXIQUE*. Nature en Ville. Règlement pièces écrites, Dispositions Générales-Tome 1.1 (2019, novembre).Récupéré en mai 2024 de
https://www.nature-en-ville.com/sites/nature-en-ville/files/document/2021-11/T1_1_RÈGLES_COMMUNES_LEXIQUE.pdf

Propriétés Mécaniques et Physiques des Sols. (s.d.). Rpn.univ-Lorraine.fr.

Savatier, V. *Perméabilité estimée par la granulometrie. Proposition d'une méthode et test de son efficacité.* *Revue Française de Géotechnique*, n.o 87 (1999), pp. 63-69. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1051/geotech/1999087063>

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. (s.d.). Berechnung des Biotopflächenfaktors (BFF). Récupéré en mai 2024 de <https://www.berlin.de/sen/uvk/natur-und-gruen/landschaftsplanung/bff-biotopflaechenfaktor/bff-berechnung/>

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. (s.d.). Biotopflächenfaktor (BFF). Récupéré en mai 2024 de https://www.berlin.de/sen/uvk/_assets/natur-gruen/landschaftsplanung/landschaftsprogramm/brosch_bff.pdf

Numérique:

1point5 / Applications. (s.d.). Apps.labos1point5.org. <https://apps.labos1point5.org/>

Empreinte carbone des produits | Dell FRANCE. (s. d.). Recupéré en mars 2024 de: <https://dell.com/fr-fr/dt/corporate/social-impact/advancing-sustainability/climate-action/product-carbon-footprints.htm#tab0=1>

Figliera B., *Empreinte carbone d'un e-mail : mythes, réalités et solutions.*

Comptabilité carbone et Stratégie Climat (12/4/2024). [Www.sami.eco](http://www.sami.eco).

<https://www.sami.eco/blog/empreinte-carbone-email>

HP - Product Carbon Footprint-
https://h20195.www2.hp.com/v2/library.aspx?doctype=95&footer=95&filter_doctype=no&filter_country=no&cc=us&lc=en&filter_oid=no&filter_prodtype=rw&prodtype=ij&showproductcompatibility=yes&showregion=yes&showreglangcol=yes&showdescription=yes&doctype=95&sortorder-popular&teasers-off&isRetired=false&isRHParentNode=false&titleCheck=false#doctype=95&product_type-ij&sortorder-popular&teasers-off&isRetired=false&isRHParentNode=false

Meunier, F. (n.d.). *Rapport social unique de Grenoble INP - UGA*. Grenoble INP - UGA. Récupéré en mars 2024 de: <https://www.grenoble-inp.fr/fr/l-institut/bilan-social-grenoble-inp>

Notre engagement pour l'environnement. (s.d.). Ricoh France. Récupéré en mai, 2024 de: <https://www.ricoh.fr/a-propos-de-nous/developpement-durable/environnement/engagement-environnement/>

Volume d'eau nécessaire pour fabriquer 1 kg de papier. (18 Décembre 2017). Eaufrance. Récupéré en mai, 2024 de: <https://www.eaufrance.fr/chiffres-cles/volume-deau-necessaire-pour-fabriquer-1-kg-d-e-papier>

Énergie:

Andriu S., Boulanger F., (2023) *Rapport trimestriel Energies et Fluides, Octobre / Novembre / Décembre 2023- EIFFAGE CONCESSIONS Impacts environnementaux de l'éolien français Cadre Eolien terrestre Eolien maritime Etude ressources Indicateurs*. (n.d.). Récupéré en avril 2024 de: https://reporterre.net/IMG/pdf/pap4_-_ademe_-_impacts-environnementaux-eolien-francais-2015.pdf

Empreinte eau :

ADEME, RDC Environment. 2019. *Impacts environnementaux de scénarios de valorisation énergétique des déchets des activités économiques*. 226 pages. Récupéré en mai, 2024 de: <https://librairie.ademe.fr/ged/463/impacts-environnementaux-valorisation-energetiques-dechets-non-dangereux-activites-economiques-2019-rapport.pdf>

AFG-France Gaz. *Chiffres clés du gaz en France*. Édition 2021-Récupéré en mai, 2024 de: https://www.francegaz.fr/wp-content/uploads/AFG_CHIFFRES-CLES-VD.pdf

Bilan électrique 2023 - Production | RTE. (2024).
Analysesetdonnees.rte-France.com. Récupéré en mai, 2024 de:
<https://analysesetdonnees.rte-france.com/bilan-electrique-2023/production#VueDensemble>

Bruno Goffé B. Gaz de schiste : les impacts environnementaux / Afis Science - Association française pour l'information scientifique (Juillet 2012). Afis Science - Association Française Pour l'Information Scientifique. - SPS n°301
<https://www.afis.org/Gaz-de-schiste-les-impacts-environnementaux>

CAZCARRO I., Joep F. SCHYNS, ARTO i., Jose SANZ M.,
Comment produit-on de la chaleur ? (s.d.). www.chauffage-urbain-grenoble.fr.
Récupéré en mai, 2024 de:
<https://www.chauffage-urbain-grenoble.fr/2629-production-de-chaleur.htm>

Eau : ressource et utilisation. (24 Mars 2022). Données et Études Statistiques Pour Le Changement Climatique, l'Énergie, l'Environnement, Le Logement, et Les Transports. Ministère de la Transition Écologique. Récupéré en mai, 2024 de:
<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/leau-en-france-ressource-et-utilisation-synthese-des-connaissances-en-2021>

Eau et milieux aquatiques Les chiffres clés Édition 2020 L A B T A D A ENVIRO. SDES, OFB. (Décembre 2020).
https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/2020-12/datalab_80_chiffres_cles_eau_edition_2020_decembre2020.pdf

EIA. (2016). *U.S. Energy Information Administration (EIA) - Natural Gas.*
Eia.gov. Récupéré en mai, 2024 de: <https://www.eia.gov/naturalgas/>

EPA. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2019:*

Evolution réseau électrique français - Accès aux données | RTE. (30 janvier 2024).
Analysesetdonnees.rte-France.com. Récupéré en mai, 2024 de:
<https://analysesetdonnees.rte-france.com/reseaux/evolution-reseau>

Frequently Asked Questions (FAQs) - U.S. Energy Information Administration (EIA). (19 Avril 2024). www.eia.gov. Récupéré en mai, 2024 de:
<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=907&t=8>

Gaz naturel. Chiffres Clés de l'Énergie - Édition 2023. Ministère de la Transition Écologique. Service des données et études statistiques. Récupéré en mai, 2024 de: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-clés-energie-2023/14-gaz-naturel>

Impacts environnementaux de l'éolien français Cadre Eolien terrestre Eolien maritime Etude ressources Indicateurs. (2015). Récupéré en mai, 2024 de: https://reporterre.net/IMG/pdf/pap4_-_ademe_-_impacts-environnementaux-eolien-francais-2015.pdf

INIES | Les données environnementales et sanitaires de référence pour le bâtiment. (s.d.). [Www.base-inies.fr](http://www.base-inies.fr). Récupéré en mai, 2024 de: <https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html>

L'hydraulique en chiffres | EDF FR. (15 Janvier 2024) [Www.edf.fr](http://www.edf.fr). Récupéré en mai, 2024 de: <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/jeunes-enseignants/pour-les-jeunes/le-nergie-de-a-a-z/produire-de-lelectricite/lhydraulique-en-chiffres>

Marsily, G. de, & Miquel, J. (2013). 2. Eau et énergie. In R. Mosseri & C. Jeandel (éds.), *L'énergie à découvert* (1-). CNRS Éditions. Récupéré en mai, 2024 de: <https://doi.org/10.4000/books.editions-cnrs.11008>

Masse volumique réelle (densité). (s.d.). Biomasse Normandie. Récupéré en mai, 2024 de: <https://www.biomasse-normandie.fr/encyclopedie/masse-volumique-reelle-densite/>
Nations' water footprints and virtual water trade of wood products, *Advances in Water Resources*, Volume 164, (2022) 104188, ISSN 0309-1708, Récupéré en mai, 2024 de: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2022.104188>.

Notre-environnement. (22 Mai 2024). *Utilisation mondiale de l'eau*. Commissariat général au développement durable Notre-Environnement. Récupéré en mai, 2024 de: <https://www.notre-environnement.gouv.fr/ree/themes/economie/l-utilisation-des-ressources-naturelles-ressources/article/utilisation-mondiale-de-l-eau>

Number of Producing Gas Wells. *Frequently Asked Questions (FAQs) - U.S. Energy Information Administration (EIA)*. (19 Avril 2024). [Www.eia.gov](http://www.eia.gov). <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=907&t=8>

Pérez-López P., Jolivet R., Blanc I., Besseau R., Douziech M., Benoit G., Tannous S., Schlesinger J., Brière R., Prieur-Vernat A., Clavreul J.. Incertitudes dans les méthodes d'évaluation des impacts environnementaux des filières de production énergétique par ACV. 65 pages. (Janvier 2021) ADEME <https://librairie.ademe.fr/ged/5404/incer-acv-2021-rapport.pdf>

Petitjean O., Sarka-SPIP, C. (2015, July 6). *Le gaz de schiste et l'eau*. Partage Des Eaux. Récupéré en mai, 2024 de: <https://www.partagedeseaux.info/Le-gaz-de-schiste-et-l-eau>

Reig, P., Luo, T., & Proctor, J. N. (2014). Global Shale Gas Development: Water Availability & Business Risks. In *www.wri.org*. <https://www.wri.org/research/global-shale-gas-development-water-availability-business-risks>

Rick J. Hogeboom, Luuk Knook, Arjen Y. Hoekstra, *The blue water footprint of the world's artificial reservoirs for hydroelectricity, irrigation, residential and industrial water supply, flood protection, fishing and recreation*, *Advances in Water Resources*, Volume 113, Pages 285-294, (2018) ISSN 0309-1708, <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.01.028>.

Thomas RICHARDSON, *Chauffage urbain de Grenoble : Atim et Imagina International alliés pour détecter les fuites d'eau*. (2023, December 22). Mesinfos. Récupéré en mai, 2024 de: <https://mesinfos.fr/38000-grenoble/chauffage-urbain-de-grenoble-atim-et-imagina-international-allies-pour-detecter-les-fuites-d-eau-189752.html>

Updates for Produced Water Emissions (2021). GHGI Update - Water. Récupéré en mai, 2024 de: https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-04/documents/2021_ghgi_update_-_water.pdf

Déplacements :

Bortoli, A. (n.d.). *ANALYSE DE CYCLE DE VIE DES MODES DE TRANSPORT TEST METHODOLOGIQUE SUR LE BUS A HAUT NIVEAU DE SERVICE DE FORT-DE-FRANCE*. Récupéré en mai, 2024 de: <https://atikteam.s3.amazonaws.com/552837c8166197f098d7918c63d14d/1>

443452743qHmQxq7Fs8sFeXjhLqblYMrNqNLKuy48ConKfHKgsGgO3OMI
WE?AWSAccessKeyId=AKIAJRRAGXI4N6PIQGVQ&Expires=2147483647
&Signature=3NGARK6bGbULhX%2Bx0WrDN2Edczo%3D

Comparative life-cycle greenhouse gas emissions of a mid-size BEV and ICE vehicle – Charts – Data & Statistics. (2021, May 5). IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/comparative-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-of-a-mid-size-bev-and-ice-vehicle>

France, D. du N. Ul. -. (2023). *ACV des véhicules électriques (in French) - International Research Program - Lille UNiversity.* de: [Cumin.univ-Lille.fr](https://cumin.univ-lille.fr). Récupéré en mai, 2024 <https://cumin.univ-lille.fr/fact-sheets/acv-des-vehicules-electriques-in-french>

Groupe Renault-(2024). *Autoactu.com.* <https://www.autoactu.com/documents/telecharger/analyse-du-cycle-vie-comparative-renault-zoe-et-clio-v>

Incertitudes:

6 QUANTIFICATION DES INCERTITUDES EN PRATIQUE. (n.d.). Récupéré en avril 2024 de: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/6_Uncertainty_FR.pdf

Incertitudes / Plan Carbone Général. (16 février 2023). [Plancarbonegeneral.com](https://www.plancarbonegeneral.com). Récupéré en avril 2024 de: <https://www.plancarbonegeneral.com/incertitudes/introduction>