

Cours Sensibilisation à l'écologie et à l'impact du numérique - UF Informatique - université de Bordeaux

Aurélie Bugeau^{1,2} , Nicolas Bonichon¹ , Gaël Guennebaud¹ 

¹Université de Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, Inria, LaBRI, UMR 5800, 33400 Talence, France

²Institut Universitaire de France, 1 rue Descartes, 75005 Paris, France

 aurelie.bugeau@u-bordeaux.fr

Reçu : 18 octobre 2023 - Accepté : 20 juin 2024 - Publié : 1^{er} juillet 2024

<https://doi.org/10.53480/jeeses.90b1>

Dans cet article, nous présentons brièvement un enseignement optionnel de 16 h de cours intégrés de sensibilisation aux enjeux écologiques dans le numérique pour les étudiantes et étudiants en troisième année de licence informatique à l'université de Bordeaux. Nous détaillons le projet accompagnant cet enseignement. Nous terminons enfin par une analyse des trois années d'enseignement de ce cours et décrivons des perspectives.



1 Introduction

1.1 Objectifs

Cette unité d'enseignement (UE) vise à sensibiliser aux enjeux climatiques et environnementaux et au rôle des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans ce contexte. Elle a pour objectif de présenter aux étudiantes et étudiants les impacts environnementaux et sociétaux liés au cycle de vie des équipements numériques, et de les initier aux méthodologies pour les estimer tout en restant vigilant sur les incertitudes et limites associées à un tel exercice. Cette UE aborde aussi les impacts indirects de la numérisation, tout en ouvrant des discussions sur les pistes d'actions pour réduire ces impacts.

1.2 Historique

Ce cours a été enseigné pour la première fois au premier trimestre de l'année 2020-2021. Il a été proposé en remplacement d'une UE optionnelle existante. Son format global est resté stable depuis. Il est composé de séances de cours précédées par des activités de mesures (ex : consommation, temps d'écran) réalisées à la maison, d'une séance de TP de mesure de consommation électrique de code, et d'un projet durant tout le semestre. Les contenus et l'ordre des cours ont été seulement légèrement réorganisés, complétés et clarifiés au fil des ans afin de mieux répondre aux objectifs pédagogiques et de prendre en compte les nouvelles études.

Le sujet de projet a été revu en 2022-2023 afin de mieux développer l'esprit critique des étudiantes et étudiants. Il consistait au départ à décrire un secteur incluant les TICs (ex : télétravail, crypto-monnaies, voitures autonomes...). Il est aujourd'hui centré sur l'analyse de chiffres trouvés dans la presse sur l'impact d'un usage impliquant du numérique (ex. $x \text{ gCO}_2$ pour 1 h de visio).

2 Contenu du cours et pédagogie

Cette section présente le détail de l'enseignement, sa mise en œuvre, son contenu et sa pédagogie.

2.1 Contexte

Les caractéristiques du cours sont les suivantes.

Niveau : L3 informatique.

Obligatoire, optionnel : UE optionnelle dans le cursus de la Licence informatique.

Nom dans la maquette : Sensibilisation à l'écologie et à l'impact du numérique.

Crédits ECTS : 3.

Nombre d'élèves : 90 (sur 3 groupes de cours intégrés).

Nombre d'enseignant(e)s impliqué(e)s : 3.

Contexte pédagogique : 12 séances de cours intégrés incluant des cours magistraux, des débats, un TP, un projet.

Prérequis : aucun mais certains élèves ont suivi la fresque du climat.

2.2 Plan du cours

Nous présentons dans cette section le plan du cours, les principales notions enseignées et les ateliers réalisés à la maison. L'ensemble des ressources qui ne sont pas données ici sont disponibles sur demande. Le projet est précisé dans la section 3 et en annexe A. Le plan du cours a été fortement inspiré par Boulet *et al.* (2020). Certains contenus des cours ont été inspirés ou copiés de travail de collègues, et en particulier des enseignements proposés à l'ENSEIRB-Matmeica (Collin *et al.*, 2024).

1. Contexte Écologique (2 séances)

Notions : dérèglement climatique, biodiversité, limites planétaires.

Activité : réaliser son bilan carbone

2. Aperçu global des impacts du numérique (1 séance)

Notions : vue globale sur le secteur du numérique, son évolution, ses usages, la répartition de ses principaux impacts, discussion sur les éco-gestes pour réduire les impacts négatifs en tant qu'utilisateur.

Activité : bilan carbone de son matériel numérique. L'annexe B présente le sujet de cette activité.

3. Énergie (2 séances)

Notions : puissance, énergie, énergies fossiles, mix énergétique, mix électrique, et conséquences en terme d'impacts, ordres de grandeur de la consommation électrique de certains équipements/usages, puissance de crête, puissance moyenne.

Activité : mesurer la consommation des appareils électro-ménagers, ordinateurs, smartphones en phase d'usage.

TP : explorer quelques leviers d'actions pour rendre un code de calcul plus efficace énergétiquement. Le sujet de TP est disponible dans Guennebaud (2022).

4. Analyse de cycle de vie (2 séances)

Notions : principe général de l'analyse en cycle de vie (ACV) et démonstration avec le logiciel openLCA, phases d'une ACV dans le numérique, impacts environnementaux et sociétaux liés à l'extraction de matériaux, problématiques liées au recyclage des DEEE, incertitudes.

5. Focus sur les infrastructures réseaux et les centres de données (1 séance)

Notions : matérialité de ces infrastructures, dimensionnement des infrastructures, effet d'empilement, réflexions sur les indicateurs d'efficacité énergétique, consommation statique vs. dynamique.

6. Impacts indirects (0,7 séance)

Notions : impacts du 1^{er}, 2^e et 3^e ordre, effets rebonds.

7. Introduction à l'éco-conception (0,3 séance)

Notions : définitions de *green IT*, *IT for green*, éco-conception, quelques pratiques d'éco-conception de programmes informatiques, obsolescence matérielle et logicielle.

Activité : analyse de sites web.

8. Numérique et santé (1 séance)

Notions : addiction, troubles du sommeil, troubles physiques.

Activité : analyse du temps d'utilisation de son smartphone et de navigation internet.

2.3 Pédagogies

Les cours magistraux sont donnés sous forme de diaporamas. Ils sont accompagnés de quiz et de moments d'échange. Entre presque toutes les séances, nous demandons aux étudiantes et étudiants un petit travail personnel découpé en deux parties. La première partie, anonyme, contient des questions sur leur consommation ou usage personnel (bilan carbone, temps d'écran...). La deuxième partie contient des questions ouvertes d'analyse ou réflexions autour de la première partie.

La deuxième partie est évaluée à gros grain. L'équipe pédagogique fait une synthèse des réponses fournies dans les deux parties. Cette synthèse est présentée au cours suivant et permet d'alimenter les échanges. Ces échanges sont souvent très riches et permettent d'équilibrer le cours qui serait sinon un peu trop « vertical ».

2.4 Évaluations

Les critères d'évaluation retenus sont les suivants :

1. Assiduité (participation aux activités, sérieux des réponses aux questions ouvertes) – coef 0.2
2. Projet – rendu intermédiaire – coef 0.2
3. Projet final (coef 0.4) + évaluation croisée (coef 0.2)

Les rendus pour chaque activité sont courts et ne demandent pas un travail personnel trop conséquent.

3 Projet

Le projet est réalisé en trinôme et porte sur des sujets différents. Le point de départ de chaque projet est une question sur les émissions de CO₂ liées à une activité et une source Internet plus ou moins fiable (typiquement un article de presse) fournissant des chiffres permettant de répondre à la question. Un exemple de question est : « Sur mon compte gmail, j'ai 2000 emails qui sont là depuis 2 ans et 3000 qui sont là depuis un an. Combien cela représente-t-il de kg équivalent CO₂ ? ».

Il s'agit dans un premier temps de répondre à la question à partir de la source d'entrée. Ensuite, il est demandé de trouver la source primaire ayant donné ce chiffre, le périmètre considéré, les incertitudes, puis de réfléchir autour de la portée de ce chiffre et des impacts non mentionnés. Le sujet de projet détaillé est donné en annexe A.

Organisation : Le projet se déroule tout au long du semestre en travail personnel. Deux séances lui sont entièrement dédiées.

Un rendu intermédiaire est demandé en milieu de semestre. Il est suivi d'un retour personnalisé par l'enseignant ou l'enseignante.

Le rendu final est corrigé par une évaluation croisée permettant notamment aux étudiantes et étudiants de découvrir d'autres sujets.

Évaluation : Le projet était évalué les années précédentes par une soutenance. Nous lui avons préféré en 2022-2023 une évaluation croisée permettant aux étudiantes et étudiants de mieux s'auto-évaluer et d'approfondir certaines notions. Les rendus attendus sont très légers. Il s'agit de réponses succinctes aux différentes questions. Nous combinerons probablement évaluation croisée et soutenance l'an prochain, cette dernière semblant impliquer davantage les élèves en fin de semestre.

Objectifs attendus : Les objectifs de ce projet sont multiples. En premier lieu, il permet de mobiliser les connaissances présentées lors des cours magistraux. Il vise aussi à développer l'esprit critique des étudiantes et étudiants sur des sujets complexes. Comme nous n'avons pas le temps d'approfondir chaque sujet, la relecture croisée permet à chacun d'approfondir plusieurs sujets.

Observations : Le projet décrit ici a été pour le moment expérimenté une seule année. L'équipe enseignante a d'abord observé la difficulté pour de nombreux groupes de trouver une source primaire permettant de vérifier les calculs et de remettre en cause la fiabilité d'une source. Il est apparu essentiel de montrer, sur un exemple (dans notre cas la voiture électrique), ce qui pouvait être attendu pour chaque question. Dès l'an prochain, nous le montrerons au fur et à mesure que les notions seront abordées dans le cours.

4 Discussions et perspectives

Les retours des élèves sur cet enseignement sont majoritairement positifs, mais nous avons aussi des critiques concernant l'utilité et la culpabilité provoquée par ce cours. L'équilibre est en effet parfois difficile à trouver pour ne pas être trop anxiogène ou moralisateur. Nous prenons le temps d'en discuter avec les élèves et essayons d'intégrer ces remarques pour faire évoluer les enseignements.

Au cours des années, l'équipe enseignante est très nettement montée en compétence sur les sujets traités. En conséquence, de nouvelles notions qui nous paraissaient importantes ont été introduites. Cela a mené à des cours magistraux plus longs, laissant moins de temps aux débats ou aux activités. Nous réduirons en conséquence certains contenus l'an prochain.

Une difficulté rencontrée vient également de la déconnexion de ce cours avec le reste du programme, ce qui est frustrant pour certains élèves et questionne de nouveau l'utilité de ce cours pour d'autres.

Ces critiques sont partagées par d'autres collègues et discutées notamment au sein du collectif Labos1point5¹. Afin de susciter l'action, nous ferons probablement évoluer l'enseignement dans le futur

¹ <https://aoc.media/opinion/2021/10/28/pour-un-enseignement-de-la-transition-ecologique/>

de façon à être moins magistral et à laisser plus de temps aux élèves pour réfléchir autour de l'évolution du numérique et sa place au sein d'autres disciplines. Par ailleurs, à partir de l'année 2023-2024, tous les élèves auront auparavant suivi une fresque du climat et réalisé un projet de développement durable. L'introduction au contexte écologique pourra alors être largement raccourci. Il laissera plus de place pour se projeter sur « quelle informatique en 2030 ? », et discuter plus largement des aspects positifs du numérique.

Remerciements. Nous tenons à remercier l'ensemble des collègues pour les échanges et le partage de contenus, et en particulier les membres d'Ecoinfo, Annabelle Collin, Juliette Chabassier et Lionel Durand.

Références

Boulet Pierre, Bouveret Sylvain, Bugeau Aurélie, Frenoux Emmanuelle, Lefevre Julien, Ligozat Anne-Laure, Marquet Kevin, Marquet Philippe, Michel Olivier et Ridoux Olivier (2020). *Référentiel de connaissances pour un numérique éco-responsable*. Rapport de recherche, EcoInfo. <https://hal.science/hal-02954188>

Collin Annabelle, Capitaine Armande, Vincent Adrien F., Coquerelle Mathieu, Dejous Corinne, Ghiotto Anthony, Desainte-Catherine Myriam, Loubet Philippe, et Jégo Christophe (2024). Enseignements sur les enjeux environnementaux et les impacts du numérique dans une école d'ingénieurs, *Journal Enseigner les Enjeux Socio-Écologiques dans le Supérieur*, vol. 1, n°1, p. 5-10. <https://doi.org/10.53480/jeeses.cea2>

Guennebaud G. (2022). Tp performance énergétique d'un code. Rapport de recherche. <https://inria.hal.science/hal-04094791>

Annexe A. Sujet de projet

A.1 Énoncé

Le sujet est composé d'une question et d'une source permettant de répondre à la question. Vous devez répondre aux questions suivantes :

- Répondre à la question à partir de la source fournie (1 pt pour le résultat + 1 pt pour la justification).
- Trouver le/les articles présentant les chiffres indiqués dans la source fournie (1 pt, si c'est une source sérieuse ; 2 pt si c'est la source primaire).
- La source primaire est celle qui a produit le chiffre (peut nécessiter de remonter plusieurs liens). Idéalement l'auteur a donné la méthode et les hypothèses utilisées pour calculer ce chiffre. Si c'est le cas, comparer les chiffres de la source d'entrée avec la source primaire, commenter, et éven-

tuellement refaire le calcul à partir de la source primaire.

- Quand cette source n'est pas disponible, pas fiable ou non exploitable, chercher une source pour laquelle on peut répondre à la question initiale et sur le périmètre.
- Quels sont le périmètre et les hypothèses des chiffres utilisés (3 pts).
- Il s'agit surtout de préciser quels sont les éléments, équipements et phases (fabrication, usage, fin de vie, maintenance, etc.) qui sont pris en compte dans ce chiffre. Exemples, en fonction du sujet : quelles phases du cycle de vie, quel type d'électricité, de stockage, d'infrastructures, d'équipements mutualisés, etc. ?
- En conséquence, quelles informations additionnelles à la question initiale permettraient d'y répondre de manière bien plus précise ?
- Quels sont les autres impacts environnementaux et sociétaux associés à cet usage ? (1 pt).
- Pensez aux impacts environnementaux positifs. Exemples : moins de combustion de pétrole, moins de pollution de l'air, moins de bruit, durée de vie ++, ...
- Pensez aux autres impacts que le CO₂, par exemple pollution sol, eau, destruction eco-système, épuisement des ressources en eau, etc.
- Pensez en termes de bénéfice-risque pour les utilisateurs : moins de nuisances sonores, moins d'entretien, gain de temps, meilleure santé, etc.
- Donner le résultat si d'autres phases du cycle de vie étaient considérées (2 pt).
- (Grand périmètre si celui qui est donné est petit ou l'inverse.) Selon le sujet, il est aussi possible de refaire soi-même le calcul à partir d'autres sources.
- En reprenant le même périmètre qu'au départ, trouver les estimations hautes et basses du résultat en modifiant les hypothèses (ex. fiches constructeurs) (2 pt).
- Exemples : hypothèses favorables (datacentre vert ; email petit ; électricité peu carbonée) vs. (data centre peu efficace ; gros emails ; électricité très carbonée...)
- Indépendamment du manque de précision de la question initiale, discutez dans quelle mesure l'estimation obtenue reflète une réalité physique, c'est-à-dire, y a-t-il des émissions additionnelles réelles dues à cet usage ? Autrement dit, dans quelle mesure l'impact réel est-il multiplié par 2 (ou divisé par 2) si l'usage est multiplié par 2 (ou divisé par 2) (2 pt).
- L'application discutée peut-elle entraîner des effets indirects ? (1 pt). Il s'agit d'une extension de la question 4, vous pouvez donc répondre à cette question en complétant votre réponse de la question 4.

La grille d'évaluation proposée est indicative. Les calculs doivent être détaillés. Le relecteur doit être en mesure de vérifier les calculs. Les informations doivent être sourcées.

A.2 Rendus

1. Rendu intermédiaire

Vous devez répondre aux questions 1 à 4 dans un document au format texte ou au format pdf. Le sérieux de ce travail sera pris en compte dans la notation finale de l'UE. Un retour vous sera fait par votre enseignante ou enseignant lors d'une séance dédiée au projet.

2. Rendu final

Vous devez répondre à toutes les questions en prenant en compte les retours reçus suite au rendu intermédiaire.

3. Évaluation croisée

Vous devrez réaliser une évaluation croisée sur les rapports rendus par deux autres groupes.

A.3 Liste de sujets

Les sujets sont actuellement centrés sur les émissions de gaz à effets de serre, mais pourraient être déclinés pour d'autres indicateurs environnementaux. La question 4 du sujet permet d'aborder d'autres impacts environnementaux.

Sujet A : Emails

Question : « Sur mon compte gmail, j'ai 2000 emails qui sont là depuis 2 ans et 3000 qui sont là depuis un an. Combien cela représente-t-il de kg équivalent CO_2 ? »

Source d'entrée :

<https://www.lindependant.fr/2021/03/02/chaque-francais-stocke-entre-10000-et-50000-php>

Sujet B : Stockage

Question : « J'ai supprimé 70 To sur les serveurs de l'entreprise. Combien cela représente-t-il de kg équivalent CO_2 ? »

Source d'entrée : <https://www.labri.fr/perso/bonichon/Mon-Cyber-CleanUp-min.pdf>

Sujet C : Recherche Internet

Question : « Quelle est l'empreinte carbone (en kg CO_2 e) annuelle des recherches d'un utilisateur qui effectue en moyenne 200 requêtes Google par jour ? »

Source d'entrée : https://www.lemonde.fr/technologies/article/2009/01/12/une-recherche-google-a-un-cout-energetique_1140651_651865.html

Sujet D : VOD

Question : « Combien de kg CO_2 e ai-je émis en un an en regardant Netflix pendant 2 h par jour ? »

Source d'entrée : <https://particulier.edf.fr/fr/accueil/guide-energie/economies-denergie/empreinte-carbone-streaming.html>

Sujet E : Stockage de photos

Question : « Combien de kg CO_2 e est ce que j'émetts par an en stockant 100 Go de photos sur le cloud ? » **Source d'entrée :** <https://web.archive.org/web/20220317114417/https://cyberworldcleanupday.fr/note-methodologie-donnees-exploitees/>

Sujet F : Visio

Question : « Combien de kg CO_2 e sont émis pour un cours en visio de deux heures avec des vidéos HD des participants ? »

Source d'entrée :

<https://www.ouest-france.fr/leditiondusoir/2021-01-26/en-teletravail-voici-pourquoi>

Sujet G : Monnaies virtuelles

Question : « En 2019, combien de kg CO_2 e étaient émis par une transaction bitcoin ? »

Source d'entrée : <https://datanews.levif.be/ict/actualite/une-transaction-en-bitcoins-emet-autant-de-article-news-1512753.html>

Sujet H : Données 4G

Question : « En téléchargeant 10 Go de données sur mon téléphone chaque mois en 4G, combien est-ce que j'émetts de kg CO_2 e par mois ? »

Source d'entrée : <https://www.fftelecoms.org/nos-travaux-et-champs-dactions/telecom-responsable/comprendre-lempreinte-environnementale-qui-figure-desormais-sur-vos-factures/>

Sujet I : Données WIFI

Question : « En téléchargeant 10 Go de données sur mon téléphone chaque mois en wifi, combien est-ce que j'émetts de kg CO_2 e par mois ? »

Source d'entrée : <https://www.fftelecoms.org/nos-travaux-et-champs-dactions/telecom-responsable/comprendre-lempreinte-environnementale-qui-figure-desormais-sur-vos-factures/>

Sujet J : Jeux vidéo

Question : « Combien de kg CO_2 e sont émis en jouant à 6 jeux vidéo différents téléchargés par Internet ? »

Source d'entrée : <https://new-game-plus.fr/stadia-probleme-planete/>

A.4 Piste de résultat attendu

Nous allons ici présenter des pistes de réponses attendues pour la question suivante : « Combien de kg CO_2 e pour 300 km en voiture électrique ? », en supposant une source d'entrée fictive.

1. Imaginons que la source d'entrée donne : « 4.6g CO_2 e/km », la réponse est alors $300 \times 4,6 \cdot 10^{-3} = 1,38 \text{ kgCO}_2\text{e}$

2. La source primaire est http://www.maytheenergy-bewithyou.com/voiture_electrique_emissions_CO2_fr/. À partir de cette source, nous pouvons refaire le calcul. Les hypothèses sont les suivantes :

- « Le kilométrage annuel est égal à 15 000 km »
- « Émissions annuelles de CO_2 du véhicule électrique en France (85 g CO_2 /kWh) : 240 kg CO_2 /an »
- « la fabrication et le recyclage d'une citadine électrique dégagent env. 6,5* tonnes de CO_2 »
- En tenant compte du cycle de vie complet : « Émissions cumulées de CO_2 du véhicule électrique en France (85 g CO_2 /kWh) : 8,9 t CO_2 »
- La durée de vie du véhicule électrique considéré est de 10 ans

La nouvelle réponse possible est alors : $300 \times 240 / 15\ 000 = 4,8 \text{ kgCO}_2\text{e}$ en ne considérant que la phase d'utilisation.

En incluant la phase de fabrication et de recyclage, la nouvelle réponse possible est alors : $300 \times 8900 / 15\ 000 / 10 = 17,8 \text{ kgCO}_2\text{e}$.

En analysant la source primaire, on observe que la valeur 4.6gCO₂e/km correspond à la valeur obtenue en consignant les émissions annuelles de CO₂ du véhicule électrique en Norvège (240 kg CO₂/an / 15 000 = 4,6g CO₂/an)

Autres sources possibles : Outils Ademe (<https://impactco2.fr/>) et ressources Ademe.

3. Hypothèses : utilisation en France métropolitaine (85 gCO₂/kWh), 10 ans, 15 000km/an, citadine (Zoé), 15 kWh/100 km, pertes de 10 % pour la batterie et 10 % réseau, la conduite est économique, partagée à 50 % en ville et 50 % extra-urbain sur routes départementales / nationales (soit une vitesse maximale égale à 90 km/h)...

A priori ignorés : distribution (concessions...), maintenance, R&D, etc.

Éléments pour préciser la question : taille de la voiture, nombre de km sur sa durée de vie, lieu d'utilisation, lieu de fabrication de la voiture et des batteries, type de trajet, etc.

4.

- Penser aux impacts environnementaux positifs
- Ex. moins de combustion de pétrole, moins de pollution de l'air, moins de bruit, durée de vie ++, ...
- Penser aux autres impacts que le CO₂ Attention à bien distinguer « causes/sources » vs. « impacts »
- Ex. : extraction minière > pollution sol, eau, destruction éco-systèmes, épuisement des ressources en eau, etc.
- Ex. autres impacts : particules fines (pneus, plaquettes de freins)
- Ex. autres causes : routes, bornes de recharges, augmentation du parc électrique, etc. (peuvent être considérées comme effets indirects en fonction du périmètre)
- Ex. tensions sur le cuivre, lithium
- Penser en terme de bénéfice-risque pour les utilisateurs
- Ex + : nuisances sonores, le « plein » à la maison, moins d'entretien...
- Ex - : nuisances autour des sites miniers, autonomie réduite, coût à l'achat...

5. Selon le sujet, il est aussi possible de refaire soi-même le calcul à partir d'autres sources « bas-niveaux » (ex. fiches constructeurs).

6. Estimation basse : citadine, petite batterie, hypothèse basse sur le mix électrique, durée de vie plus haute.

Estimation haute : gros SUV, grosse batterie, hypothèse basse sur le mix électrique, durée de vie plus faible.

7. Prendre en compte la distinction fabrication vs. Consommation Par ailleurs, dans le cas de la voiture électrique, la durée de vie n'est pas à 100 % conditionnée par le kilométrage. D'autres facteurs peuvent jouer : âge, accidents, obsolescence

8. En complément de la question 4 :

- Possible augmentation de l'utilisation de la voiture électrique à la place du vélo, de la marche, du transport en commun car sentiment de ne pas polluer et pour « rentabiliser » l'achat
- Possible source d'injustice sociale car voiture électrique plus chère
- Ouverture de nombreux sites miniers (lithium) avec beaucoup d'impacts en eau, nouveaux flux de transport, échiquier géo-politique, etc.

Annexe B. Sujet de l'atelier 2 : bilan carbone du numérique

Partie anonyme : Réaliser un bilan carbone rapide de vos équipements numériques sur le site suivant à l'aide de l'outil EcoDiag (<https://ecoinfo.cnrs.fr/ecodiag-calcul/>) du GDS CNRS EcoInfo, en choisissant « par liste d'inventaire ». Répondez au questionnaire ci-dessous.

- Rappeler les émissions en kgCO₂e liées au numérique obtenues lors de votre bilan carbone avec l'outil de l'ADEME.
- Indiquer les émissions en kgCO₂e liées à la fabrication de vos équipements numériques personnels.
- Indiquer les émissions en kgCO₂e liées à la consommation électrique de vos équipements personnels.

Partie nominative : Faites une analyse de votre bilan carbone du numérique en répondant au questionnaire ci-dessous.

- Que pensez-vous des résultats retournés par l'ADEME et EcoDiag ? Sont-ils cohérents ? Si ce n'est pas le cas, lequel vous semble le plus fiable ? (justifiez vos réponses)
- Quels enseignements tirez-vous de cet exercice ?

Citer cet article

Bugeau Aurélie, Bonichon Nicolas, et Guennebaud Gaël (2024). Cours Sensibilisation à l'écologie et à l'impact du numérique - UF Informatique - université de Bordeaux, *Journal Enseigner les Enjeux Socio Écologiques dans le Supérieur*, vol. 1, p. 11-16. <https://doi.org/10.53480/jeeses.90b1>