



HAL
open science

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

Aurélie Bugeau, Nicolas Bonichon, Gaël Guennebaud

► To cite this version:

Aurélie Bugeau, Nicolas Bonichon, Gaël Guennebaud. Cours Sensibilisation à l'écologie et à l'impact du numérique - UF Informatique - Université de Bordeaux. 2023. hal-04219918

HAL Id: hal-04219918

<https://hal.science/hal-04219918>

Preprint submitted on 27 Sep 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

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

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

¹ Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, Inria, LaBRI, UMR 5800, F-33400 Talence, France

² IUF

{aurelie.bugeau, nicolas.bonichon, gael.guennebaud}@u-bordeaux.fr

Résumé

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 étudiants et étudiantes 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 étudiants et étudiantes 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 étudiants et étudiantes. Il consistait au départ à décrire un secteur incluant les TICs (ex : télétravail, cryptomonnaies, 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 gCO₂ pour 1h 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'étudiants : 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 étudiants 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 [1]. Certains contenus des cours ont été inspirés ou copiés de travail de collègues, et en particulier des enseignements proposés par Annabelle Collin à l'ENSEIRB-Matmeca.

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, ordre de grandeurs 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 [2].

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 des 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 1er, 2nd et 3ème 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 site 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 étudiants un petit travail personnel découpé en deux parties. La première partie, anonyme, contient des questions sur leur consommation ou usage personnelle (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 sinon serait 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) + Evaluation 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 d'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 leur 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 étudiants et étudiantes 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 étudiants et étudiantes 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 plus impliquer les étudiants 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 étudiants et étudiantes 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 étudiants 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 étudiants 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 étudiants 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 de façon à être moins magistral et à laisser plus de temps aux étudiants 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 étudiants 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 "quel 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

- [1] Pierre Boulet, Sylvain Bouveret, Aurélie Bugeau, Emmanuelle Frenoux, Julien Lefèvre, Anne-Laure Ligozat, Kevin Marquet, Philippe Marquet, Olivier Michel, and Olivier Ridoux. Référentiel de connaissances pour un numérique éco-responsable. Research report, EcoInfo, September 2020.
- [2] G. Guennebaud. Tp performance énergétique d'un code. Research report, 2022.

ANNEXES

A Sujet de projet

A.1 Enoncé

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

1. Répondre à la question à partir de la source fournie. (1 pt pour le résultat + 1 pt pour la justification)
2. 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, commentez, et éventuellement 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.
3. 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 :

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

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 ?

4. 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.
5. 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 soit même le calcul à partir d'autres sources.
6. 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)
ex : hypothèses favorables (datacentre vert ; email petit ; électricité peu carbonée) vs (data centre peu efficace ; gros emails ; électricité très carbonée...)
7. Indépendamment du manque de précision de la question initiale, discutez dans quelles mesures 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 quelles mesures l'impact réel est multiplié par 2 (ou divisé par 2) si l'usage est multiplié par 2 (ou divisé par 2). (2 pts)
8. 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

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 Kg équivalent CO₂ ?"

Source d'entrée : <https://www.lindependant.fr/2021/03/02/chaque-francais-stocke-entre-10000-et-50000-0>
[php](https://www.lindependant.fr/2021/03/02/chaque-francais-stocke-entre-10000-et-50000-0)

Sujet B : Stockage

Question : "J'ai supprimé 70 To sur les serveurs de l'entreprise. Combien cela représente-t-il de kg équivalent CO₂ ?"

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 CO₂e) 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-co>

[1140651_651865.html](#)

Sujet D : VOD

Question : "Combien de kg CO₂e ai-je émis en un an en regardant Netflix pendant 2h 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 CO₂e 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 CO₂e 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 CO₂e 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 CO₂e 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 CO₂e 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 CO₂e sont émis en jouant à 6 jeux vidéo différents téléchargés par internet?"

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

B Sujet de l'atelier 2 : Bilan carbone du numérique

Partie anonyme : Réaliser un bilan carbone rapide de vos équipements numérique sur le site suivant à l'aide de l'outil [EcoDiag](#) du GDS CNRS EcoInfo, en choisissant "Par liste d'Inventaire". Répondez au questionnaire ci-dessous.

1. Rappeler les émissions en kgCO₂e liées au numérique obtenues lors de votre bilan carbone avec l'outil de l'ADEME.
2. Indiquer les émissions en kgCO₂e liées à la fabrication de vos équipements numériques personnels.
3. 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.

1. 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.)
2. Quels enseignements tirez-vous de cet exercice?