

Un retour d'expérience sur le cours de L1 "Réchauffement climatique, biodiversité, pollutions"

Jamal NAJIM

CNRS & Laboratoire d'Informatique Gaspard Monge, Université Gustave Eiffel
5 Boulevard Descartes - Champs s/ Marne 77454 Marne-la-Vallée Cedex 2, France

Résumé – Depuis 2022, un cours optionnel intitulé "Réchauffement climatique, biodiversité, pollutions" est proposé aux étudiant.e.s en licence première année de mathématiques et informatique de l'Université Gustave Eiffel (UGE). Nous présentons dans cette note la genèse de ce cours, son contenu, le retour des étudiant.e.s ainsi que les perspectives que nous envisageons pour la suite.

Abstract – A feedback is provided on the course entitled "Climate change, biodiversity, pollutions". This course is intended to first year students and has been given since 2022.

Introduction

En 2022, Jean Jouzel remet à la Ministre de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation un rapport [6] qui précise les contours d'une formation à la transition écologique dans l'enseignement supérieur. A la suite de ce rapport, une note de cadrage ministérielle (2023) décrit le contenu d'un tel cours, en attendant la parution d'un décret.

C'est dans cette perspective que j'ai proposé le cours "réchauffement climatique, biodiversité, pollutions", à l'attention des étudiant.e.s de L1 math/info à l'UGE.

Dans cette note, j'en présente la genèse, le contenu, les premiers retours des élèves (nous avons maintenant 3 ans de recul), et les perspectives à venir. On y trouvera aussi le lien (ici) vers les supports de cours et le feedback des élèves.

1 Genèse et présentation du cours

Directeur de recherche au CNRS en mathématiques et applications, j'ai rejoint le LIGM en 2013.

Fin 2021, à la suite du constat qu'aucun cours sur la thématique du réchauffement climatique (RC) n'était dispensé aux élèves de licence math/info, j'ai proposé à l'UFR de maths/info de développer un tel cours et nous convenons qu'un cours optionnel, d'un format de 24h (12 séances de 2h) pour 3 ECTS, sera proposé aux étudiant.e.s de L1.

Le choix du niveau L1 est délibéré, l'argument étant qu'un cours généraliste donnera aux étudiant.e.s une grille d'analyse qui les accompagnera pendant leur scolarité dans le supérieur. Il nous semble que ce cours pourrait convenir au-delà du public de L1 math/info, moyennant des adaptations mineures.

Ce choix peut néanmoins être contesté (a) au regard de la maturité relative de néo-bacheliers, (b) parce qu'un cours plus tardif (L3 par exemple) pourrait être plus spécialisé en termes de contenu et de perspectives professionnelles, voire par exemple [3, 8] ou le cours TSE-101 de Télécom Paris.

Dans la proposition formelle rédigée début 2022, je proposais 3 objectifs : (a) informer les étudiant.e.s sur la réalité du réchauffement climatique et de la transition énergétique, (b) décrire la feuille de route et présenter les leviers d'action vers

un monde décarboné, (c) aider les étudiant.e.s à se contruire un référentiel intellectuel pour mieux appréhender cette problématique et pouvoir initier une réflexion personnelle et citoyenne.

Ce cours, maintenant établi, en est à sa troisième année. Une section sur la biodiversité a été intégrée en 2022, sur les pollutions en 2023, une animation sur la ville durable en 2024.

Élaboration du cours. Ma sensibilité aux problématiques de réchauffement climatique et d'écologie m'avait rendu optimiste sur ma capacité à monter un tel cours. La réalité a été plus douloureuse. S'il existe des ressources pédagogiques (Labo1point5/Enseignement, journal JEESES, UVED, fresques, etc.) et informationnelles (presse et médias, rapports d'ONG, d'experts, de think tanks comme The Shift Project, etc.) en nombre virtuellement infini, les organiser en un cours cohérent, avec la juste distance entre une information précise mais néanmoins synthétique, et "digeste" pour des élèves de L1, s'est avéré difficile. J'estime qu'il m'a fallu entre 150 et 200h pour monter un tel cours, et qu'il me faut chaque année quelques dizaines d'heures pour la mise à jour.

Légitimité pédagogique. N'étant pas un spécialiste des sujets abordés dans le cours, la question de ma légitimité pédagogique s'est posée. J'ai essayé de surmonter cette difficulté en m'appuyant au maximum sur les connaissances scientifiques établies, en les sourçant, et en soumettant mes supports de cours à la mission DDRS¹ de l'UGE et à d'autres collègues pour avoir un retour critique.

Parti pris pédagogique. *Qualitatif versus quantitatif.* Certains chapitres (ex : énergie) se prêtent bien à une approche quantitative. Estimer des ordres de grandeur et comprendre les grandeurs en jeu (énergie vs puissance, etc.) sont des compétences importantes accessibles aux étudiant.e.s de L1 maths/info. Elles permettent de comparer la production de différentes sources d'énergie ou l'efficacité d'un écogeste. De tels calculs ont été réalisés sous forme d'exercices.

Une partie du cours a été de nature plus qualitative cf. les chapitres "conséquences du RC", "biodiversité", "pollutions".

¹Développement Durable et Responsabilité Sociétale.

Catastrophisme versus bienveillance. Vis-à-vis de mes étudiant.e.s, j'ai toujours essayé d'être factuel mais pas catastrophiste, de ne pas manifester mon éventuel pessimisme, d'insister sur les leviers d'action sans minorer les constats.

Il me semble qu'une présentation trop brutale de la réalité, surtout vis-à-vis du jeune public de L1, peut avoir deux effets néfastes : l'un est de précipiter l'étudiant.e dans une angoisse liée au constat écologique sans appel et à la dynamique internationale très défavorable (éco-anxiété, solastalgie, etc.), l'autre est de déclencher chez l'étudiant.e un mécanisme de protection visant à se détourner d'un problème a priori insoluble (politique de l'autruche). Une approche alternative, celle du choc salutaire, est possible, et peut être privilégiée par certains collègues.

Pédagogie active. Les étudiant.e.s se plaignent des cours magistraux (une plainte classique et récurrente) et sont en constante demande de travaux de groupe, de mises en situation, d'animations. De ce fait, le cours a beaucoup évolué en 3 ans avec en particulier le développement du travail en petits groupes. Par ailleurs, nous proposons plusieurs activités qui sont plébiscitées (a) diffusion de film² avec discussion/débat, (b) sortie au Museum (Grande galerie de l'évolution), (c) déjeuner végétarien, (d) jeu de rôles autour de la "ville durable".

Enfin, il me semble qu'une manière d'affronter la réalité des menaces décrites dans ce cours est d'être dans l'action. Je réfléchis à des modes d'actions originaux à proposer aux étudiant.e.s.

Public, organisation, évaluation. Le cours étant optionnel, il y a un biais de sélection chez les élèves qui le choisissent (environ 20 à 40 élèves par an). Il y a douze séances hebdomadaires de 2h, dont 1h de cours (slides) et 1h de travaux dirigés/travaux de groupe. Certains TD sont notés. La note finale est constituée des TD notés, d'une note de présence et d'un travail à rendre en binôme.

2 Contenu du cours

Chapitre 1 : Quelles données pour documenter le changement climatique ? L'objectif est de sensibiliser les étudiant.e.s aux problématiques de la fabrication et de la diffusion de l'information, d'établir notre postulat de base, à savoir que nous nous reposerons sur les connaissances scientifiques pour étayer notre cours, et enfin de développer un sens critique par rapport aux informations reçues. Ce chapitre nous semble essentiel.

Nous présentons d'abord une brève perspective historique des interrogations autour du réchauffement climatique.

Climatoscepticisme : y a-t-il des bonnes raisons d'être climatosceptique ? Quel est l'objectif des climatosceptiques ?

Fabrication de la connaissance : qu'est-ce qu'un chercheur et comment produit-il de la connaissance ? Qu'est-ce que le GIEC et comment synthétise-t-il les connaissances du moment ? Qu'est-ce qu'un expert, think tank, ONG, agence gouvernementale ? Comment est diffusée l'information à travers les médias ? Comment juger de la fiabilité d'un média ? Notion de fake news et lobby.

²Film *Do not look up* année 1 et 2, noté par les étudiant.e.s 3,4/5, film *Dark Waters* année 3, noté 4,1/5.

Les étudiant.e.s s'informent, parfois exclusivement, par les réseaux sociaux (RS). Un axe d'amélioration sera de mieux comprendre les RS et de proposer aux étudiant.e.s des "bonnes pratiques" sur la manière de s'informer à travers les RS.

Chapitre 2 : Le climat. Objectifs : différence climat/météo, mécanismes qui régissent la "machine climatique", évolution des climats du passé, effet de serre. Références utiles [1, 2].

Comprendre la différence entre climat (temps long) et météo (prévision à court terme) est un point conceptuel important, qui permet de débunker un argument climatosceptique classique ("*comment peut-on prévoir le temps qu'il fera dans 100 ans alors qu'on est incapable de bien prévoir le temps qu'il fera demain ?*").

On présente rapidement le fonctionnement du système climatique, ses principales composantes (atmosphère, continents, océans, etc.) puis la répartition de l'énergie du soleil. On mentionne le cycle du carbone.

On présente les climats du passé, la dernière ère glaciaire il y a 20.000 ans, et certains mécanismes qui expliquent la variabilité climatique (cycles de Milankovitch). Les échelles de temps sont importantes pour débunker un autre argument climatosceptique classique ("*le climat a toujours changé*") car le changement climatique actuel est très rapide. Nous mentionnons également d'éventuels perturbateurs climatiques (météo-rite, éruptions volcaniques, etc.).

Nous terminons par la présentation de l'effet de serre. Principaux gaz à effet de serre, notion de Potentiel de Réchauffement Global, importante pour introduire la notion d'équivalent CO₂ (e-CO₂). Nous décrivons l'effet de serre naturel et fondamental pour le développement de la vie, l'effet de serre anthropique, présentons les émissions de e-CO₂ par pays.

Section 3 : L'énergie. Chapitre en partie inspiré du cours de J-M. Jancovici aux Mines de Paris. Nous rappelons la définition de l'énergie, de la puissance, les différentes unités en jeu (joules, watts, kilo-Watt-heure, etc.), montrons que l'énergie intervient dans tous les aspects de notre vie et présentons brièvement les différentes énergies. Nous montrons la part de ces différentes énergies dans la production annuelle mondiale. Nous introduisons la notion de mix énergétique et présentons le coût-carbone de chaque source d'énergie.

Nous insistons sur la différence énergie-électricité. Si la production électrique française est peu carbonnée grâce au nucléaire et à l'hydroélectricité, la consommation énergétique française reste carbonnée. Notion de mix électrique.

Nous passons ensuite en revue les différentes énergies : déraisonnable efficacité des énergies fossiles, avantages et inconvénients du nucléaire, avantages et contraintes des énergies renouvelables, etc.

Cette partie de cours se prête bien à des exercices quantitatifs. Ressources utiles : OurWorldInData pour construire des graphiques, site RTE, Datalab, rapports de l'IEA, etc.

Ce chapitre pourrait être complété par les idées de Fressoz [4] stipulant que les différentes sources d'énergie s'ajoutent et ne se remplacent pas, ce qui remet en cause la notion même de transition énergétique.

Chapitre 4 : Le réchauffement climatique et ses conséquences. Nous présentons d'abord une synthèse des connaissances issues des rapports du GIEC : notion de neutralité car-

bone, différents scénarios d'émissions de CO₂ et les scénarios de températures associés, déclinaiison locale du scénario privilégié pour la France (+4°C, voir [9]). Nous précisons la distinction entre empreinte carbone et inventaire national.

Nous listons ensuite les conséquences du réchauffement climatique : événements météo extrêmes, hausse du niveau de la mer (le site Climate Central permet d'obtenir des cartes du futur pour différents scénarios). Nous présentons les perspectives de bouleversements alimentaires, les menaces sanitaires (vagues de chaleur, combo chaleur/humidité, progression de certaines maladies), et évoquons les réfugiés climatiques en nous appuyant sur le rapport annuel de l'IDMC.

Chapitre 5 : Comment agir contre le réchauffement climatique ? Concepts utiles : atténuation, adaptation, vulnérabilité, résilience, maladaptation, sobriété.

L'objectif de cette première partie est de présenter les leviers des exécutifs français et européens, les actions (même imparfaites et insuffisantes) et le rôle du politique, et in fine l'impact du vote des citoyens.

Nous présentons d'abord les actions et outils institutionnels. L'accord de Paris, le PNACC (Plan National d'Adaptation au Changement Climatique), la SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone). Nous présentons le plan d'action nationale pour la planification écologique, le secrétariat général à la planification écologique. Au niveau européen, nous présentons le paquet "fit for 55" avec un focus sur le marché européen du carbone et la taxe carbone européenne aux frontières.

D'un point de vue économique, après avoir brièvement rappelé le PIB et budget de la France, nous présentons quelques estimations (étude de I4CE, rapport Pisani-Mahfouz [7], etc.) du coût de la transition écologique et des éléments de financement. Nous abordons la question de l'acceptabilité sociale de la transition écologique ("*fin du monde contre fin du mois*").

Nous évoquons la question des inégalités et de la transition.

La deuxième partie de cette section est consacrée aux actions et à l'engagement individuels. Empreinte carbone individuelle, leviers d'amélioration via les éco-gestes. Focus sur l'alimentation : gains d'émission eCO₂ avec une alimentation moins carnée, liens entre le nourrissage du bétail, l'importation de tourteaux de soja et la déforestation. Focus sur la consommation : concepts d'Analyse du Cycle de Vie, de greenwashing, d'effet rebond, d'obsolescence. Analyse de documents sur l'industrie du textile. Focus sur notre empreinte numérique (notion de sac à dos écologique - d'après la fresque du numérique, faiblesse du recyclage numérique, etc.)

Nous terminons par une évocation de la ville en tant que lieu fondamental pour la transition écologique. Une activité de jeu de rôle développée avec l'équipe AVID de UGE a été proposée aux élèves : conseil de quartier avec le maire, et des citoyens aux intérêts divergents (commerçants, concessionnaire) par rapport à une problématique de mobilité douce (construction d'une voie cyclable) : comment construire un consensus ?

Nous proposons aux élèves un déjeuner végétarien.

Chapitre 6 : La biodiversité. Nous définissons la biodiversité, l'IPBES, rappelons brièvement l'histoire de la vie et mentionnons les 5 grandes extinctions de masse qui ont été identifiées. Jamais la vitesse de disparition des espèces n'a été aussi rapide qu'actuellement.

Nous définissons la notion de services écosystémiques et décrivons les services rendus par la biodiversité. Focus sur la pollinisation.

Nous présentons les 5 menaces identifiées par l'IPBES, évoquons la possibilité d'une 6e extinction de masse et présentons la classification sur la vulnérabilité des espèces d'après l'UICN (Union Internationale de Conservation de la Nature).

Focus sur le rôle des forêts (puit de carbone ou source d'émissions ?) et en particulier de la forêt guyanaise.

Enfin, nous terminons par les conséquences pour l'être humain d'une érosion de la biodiversité : zoonoses (on s'inspire de [10]), insécurité alimentaire, fragilisation du rôle de protection de la nature contre les catastrophes naturelles.

Nous proposons aux élèves une visite accompagnée au Museum National d'Histoire Naturelle.

Chapitre 7 : Pollutions. Nous présentons deux types de pollutions. La pollution plastique et la pollution de l'eau.

Nous nous appuyons sur le remarquable Atlas du plastique de la Fondation H. Böll. Cet atlas assez court (env. 60p) propose de brefs articles ciblés (plastique partout, les femmes surexposées au plastique, le plastique du champ à l'assiette, etc.) qui se prêtent bien à des travaux en petits groupes.

La pollution de l'eau nous concerne tous et met en jeu d'autres pollutions : les polluants éternels (cf. la couverture remarquable du journal Le Monde) et les pesticides. Projection du documentaire "Sur le front: qui pollue notre eau du robinet?" présenté par Hugo Clément (France Télé).

Sur les aspects sanitaires, nous introduisons les concepts de perturbateur endocrinien et d'effet cocktail. Sur les aspects sociétaux et économiques, nous introduisons les concepts de groupes de pressions (lobbies).

Dans le cadre de ce chapitre, nous avons projeté le film "Dark Waters" (2019), tiré d'une histoire vraie sur la pollution Téflon aux Etats-Unis.

3 Retour des étudiant.e.s

Chaque année, un questionnaire (google doc) à remplir lors de la dernière séance est proposé aux étudiant.e.s. Les réponses agrégées³ sont projetées, ce qui permet un débriefing in situ immédiat. L'intégralité des réponses est disponible ici (fichier 8-feedback-eleves.pdf). Quelques conclusions pour l'année 2024 : (a) 18 élèves sur 19 pensent que ce cours est important pour leur cursus, (b) 100% des élèves conseilleraient aux futurs élèves de L1 math/info de suivre ce cours, (c) à l'issue de ce cours, le niveau d'inquiétude moyen est de 4,05/5,

On peut tirer quelques enseignements des données de la figure 1, en restant prudent. Les étudiant.e.s ont un intérêt marqué pour les 4 derniers chapitres et un intérêt relatif moindre pour les 3 premiers : peut-être ont-ils beaucoup entendu parler de climat/énergie au lycée et qu'il y a une forme de lassitude. A contrario, la biodiversité et les pollutions sont des sujets plutôt "neufs" pour eux. Il me faudra améliorer la perception du chapitre 1, capital à mes yeux, auprès des étudiant.e.s. Ceux-ci ont apprécié le chapitre 4 mais ne souhaitent pas l'approfondir, suggérant que le contenu du cours a répondu à leur attente. En revanche, le cours sur le chapitre 5 ("agir") a suscité un intérêt limité mais aurait gagné à être approfondi.

³Attention au biais de sélection lié au caractère optionnel du cours.

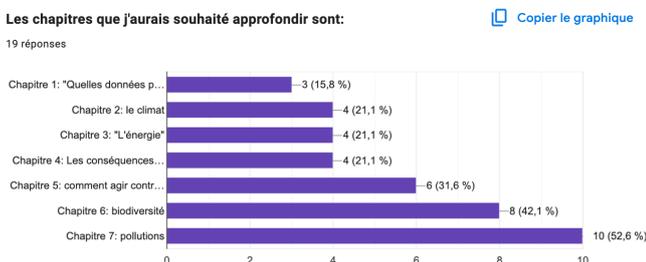
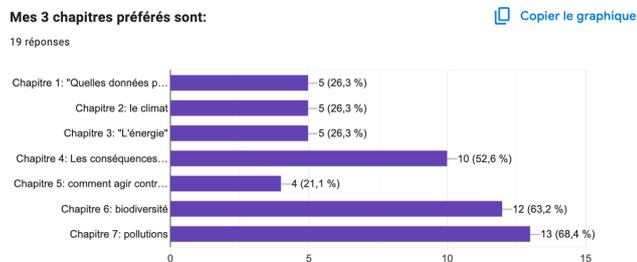


FIGURE 1 : Retour des étudiant.e.s par chapitre.

4 Perspectives

L'opportunité de commencer par un cours optionnel avec peu d'élèves m'a finalement permis de tester des voies pédagogiques variées et d'ajuster mon enseignement pendant 3 ans.

Passage à l'échelle. Notre objectif est à terme de proposer ce cours aux 350 élèves de la licence Math/Infos de l'UGE.

Deux difficultés sont identifiées : (a) comment garder un lien fort avec les étudiant.e.s ? Une décomposition formelle cours magistral (amphi) / TD (petites classes) semble être un bon compromis. (b) identifier des volontaires parmi les EC/C pour animer les petites classes.

Une première tentative de passage à l'échelle sera réalisée à la rentrée 2025 avec l'intégration des élèves de la licence MIASHS⁴. L'effectif total sera de 75 élèves. Il y aura 10 blocs de 1h30 (cours magistral - 75 élèves) + 1h30 (TD - 3 groupes de 25). Deux EC prendront en charge un groupe de TD. Pour préparer le cours, un mini-groupe de travail préalable est prévu. Le nouveau découpage en blocs Cours/TD sera l'occasion d'améliorer et de dynamiser la partie TD.

Compléments envisagés. *Chapitre 1* : (a) manipulation du discours, (b) désinformation et fabrication du mensonge, (c) s'informer via les réseaux sociaux.

Chapitre 4 : les limites planétaires et leurs conséquences,

Chapitre 5 : (a) présentation d'ONG actives sur les problématiques du cours, engagement citoyen et associatif, (b) comment agir dans un contexte politique du "backlash écologique" (c) améliorer le scénario du jeu de rôle "ville durable".

Chapitre 7 : (a) rôle et puissance des lobbies (b) aborder 2 autres pollutions, l'antibiorésistance et la pollution numérique.

Contexte politique. Cette dernière année a vu en France une montée de "l'écolo-bashing". En Europe, les textes du greenddeal sont attaqués. Aux États-Unis, la science du climat

⁴Mathématiques et Informatique Appliquées aux Sciences Humaines et Sociales.

et plus généralement la science en tant que fabrique d'informations fiables sont éviscérées par l'exécutif, cf. [5]. Ce contexte soulève 2 points : (a) quelles perspectives proposer à nos étudiant.e.s et comment les mobiliser dans ces conditions ? (b) les signaux venant des États-Unis sont préoccupants. Faut-il y voir une menace à terme sur la recherche climatique en France et sur l'enseignement de la transition écologique ? Comment se préparer à cette éventualité ?

Conclusion

Je m'interroge souvent sur le caractère "raisonnable" d'un tel projet, très chronophage, et dans quelle mesure il s'inscrit dans ma "fiche de poste". Nous avons au CNRS une grande liberté de manœuvre, et j'ai senti, autour de ce projet, de la curiosité et de la bienveillance institutionnelles.

La satisfaction manifestée par les étudiant.e.s à l'issue du cours est une grande source de motivation et d'encouragements, et m'apporte aussi une autre forme de réponse.

Remerciements

Merci à mes collègues de l'UFR maths/info pour leur confiance, à l'équipe de la DDRS, en particulier Clémence Garnier et Jean Bernard, à l'équipe d'AVID, en particulier Chloé Tassel et Nicolas Mornon, et à mes collègues Philippe Ciblat, Romain Couillet, Théo Dumont, Sébastien Mustiere et Elodie Richalot pour les nombreuses discussions et échanges.

Références

- [1] BONPOTE, A. BRÈS, C. MARC et J-F. DOUSSIN : *Tout comprendre (ou presque) sur le climat*. CNRS Editions, 2022.
- [2] F-M. BRÉON, G. LUNEAU et J. JOUZEL : *Atlas du climat : face aux défis du réchauffement*. Autrement, 3e ed., 2021.
- [3] A. BUGEAU, N. BONICHON et G. GUENNEBAUD : 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*, 2024.
- [4] J-B. FRESSOZ : *Sans transition : une nouvelle histoire de l'énergie*. Seuil, 2024.
- [5] A. GARRIC, M. GÉRARD, M. GOAR, S. MANDARD et L. SANCHEZ : Sur l'écologie, un grand renoncement à l'œuvre en France et dans le monde. *Le Monde*, 14 mars 2025.
- [6] J. JOUZEL : Sensibiliser et former aux enjeux de la transition écologique et du développement durable dans l'enseignement supérieur. *MESRI*, 2022.
- [7] J. PISANI-FERRY et S. MAHFOUZ : Les incidences économiques de l'action pour le climat. *France Stratégie*, 2023.
- [8] The Shift PROJECT : *Former l'ingénieur au XXIe siècle*. 2022.
- [9] A. RIBES, J. BOÉ, S. QASMI, B. DUBUISSON, H. DOUVILLE et L. TERRAY : An updated assessment of past and future warming over France based on a regional observational constraint. *Earth System Dynamics Discussions*, 2022:1–29, 2022.
- [10] M-M. ROBIN : *La fabrique des pandémies*. La Découverte, 2021.