

L'économie de l'environnement : un oxymore ?

Bruno Lanz

L'économie de l'environnement : un oxymore?*

Bruno Lanz

Université de Neuchâtel et EPFZ, Suisse; MIT, USA

Février 2024

Résumé

L'économie et le système capitaliste sont souvent considérés comme étant à la racine de problèmes environnementaux. Cela peut induire une perception selon laquelle l'économie et la préservation de l'environnement sont en opposition. Dans ce texte, j'illustre en quoi une compréhension de l'économie est nécessaire pour contribuer à résoudre les problèmes environnementaux. Prenant les changements climatiques comme exemple, je mobilise deux types d'outils utilisés par les économistes. Premièrement, je développe un modèle sous la forme d'une allégorie. Je montre qu'un système capitaliste dans lequel il n'existe pas de droits de propriété explicites sur certaines ressources naturelles crée une situation de dilemme social : les actions individualistes vont à l'encontre de l'intérêt collectif. Deuxièmement, à l'aide d'outils empiriques, je discute des impacts économiques des changements climatiques et des interventions pour solutionner le dilemme social. Les résultats montrent qu'un investissement pour limiter les changements climatiques au niveau global coûte moins cher que l'inaction. Je considère ensuite trois types d'interventions en lien avec l'existence de droits de propriété implicites : (i) l'éducation et l'information, (ii) la régulation des marchés, et (iii) le soutien à l'innovation et à l'adoption de nouvelles technologies. Je conclus sur le fait que l'économie de l'environnement peut contribuer à développer des stratégies pour équilibrer les intérêts économiques et la préservation de l'environnement. L'innovation et la coopération au niveau global sont possibles, en témoigne la crise COVID.

Mots clés : économie ; environnement ; capitalisme ; changements climatiques ; dilemme social ; politiques publiques

*Ce document a été préparé dans le cadre de ma leçon inaugurale donnée à l'Université de Neuchâtel le 1^{er} novembre 2023. Je tiens à remercier toutes les personnes présentes ce jour là, ainsi que Antoine Bommier, Marie Bornet-Lanz, Mehdi Farsi, Marika Fenley, Peter Fiechter, Jean-Marie Grether, Mari-Gracia Lanz, Allan Provins, Martine Rebetez, John Reilly, et Thomas Rutherford pour leurs contributions à mon travail. Je remercie aussi Nathan Delacretaz, Nicola Francescutto, Benjamin Ignoto, Claude Jeanrenaud, Serhiy Kandul, Daniel Kaufmann, Siwar Khefifa, Pasqualina Lassagne, Ghislaine Lang, Marco Pecoraro, Evert Reins et Milad Zarin pour leur collaboration au sein de l'Institut de Recherches Economiques, Elodie Gaille et Mari-Carmen Lanz pour leur relecture et commentaires, ainsi que le Canton de Neuchâtel, le Fonds National Suisse et l'agence InnoSuisse pour le soutien financier apporté à ma recherche. Toutes les questions, remarques et commentaires peuvent m'être envoyés à bruno.lanz@unine.ch.

1 Introduction

L'économie, définie comme l'ensemble du système d'activités marchandes, est en grande partie responsable de l'exploitation intensive des ressources naturelles. D'un côté, le système capitaliste, la course à la croissance économique, et les grandes multinationales sont pris pour des coupables désignés. De l'autre, la conservation de l'environnement est souvent coûteuse, et l'argument économique est souvent brandi pour justifier l'inaction. Cette opposition entre environnement et économie offre une interprétation polarisante des problèmes environnementaux qui peut être récupérée dans des discours idéologiques et militants de tous bords.

L'économie, en tant que discipline académique cette fois, occupe une position particulière dans ce débat. Je suis actif dans le domaine de l'économie de l'environnement depuis 2005, et la manière d'appréhender le sujet évolue constamment en fonction du processus de recherche scientifique. Dans ce texte, mon objectif est d'offrir une réflexion qui se base principalement sur mon propre programme de recherche en économie appliquée.² Par ailleurs je vais me concentrer sur un problème environnemental majeur de notre époque, les changements climatiques. Cependant les outils de l'économie sont aussi utiles pour informer d'autres problèmes environnementaux comme l'appauvrissement de la biodiversité par exemple.

Ma présentation est structurée comme suit. Tout d'abord, dans la Section 2, je vais commencer par présenter le rôle du système économique dans les changements climatiques. Je vais notamment parler du capitalisme, de l'innovation, et de l'utilisation des énergies fossiles. Dans la Section 3 je vais me tourner vers l'économie en tant que discipline. Je vais décrire ce que l'on trouve dans la boîte à outils des économistes, puis illustrer l'utilisation de ces outils pour comprendre les interactions entre économie et environnement dans le cas des changements climatiques. Cela va m'amener à définir le concept de "dilemme social", soit une situation qui va à l'encontre d'une "main invisible" guidant les marchés. Sur cette base, je vais discuter certaines stratégies qui peuvent contribuer à atteindre les objectifs en matière de lutte contre les changements climatiques. La Section 4 résume brièvement et conclut.

2. La discipline qu'est l'économie ("economics" en anglais) admet une hiérarchie de revues scientifiques dont les publications déterminent ensuite l'orientation de l'enseignement dans les formations universitaires. Le contenu des formations évolue donc lui aussi au gré des publications dans ces revues, qui sont par ailleurs sujettes à une évaluation par les pairs. Au-delà de mon travail personnel, c'est ce processus de publication qui guide mes propos de manière indirecte.

2 Economie, capitalisme et changements climatiques

Dans cette section je vais d'abord donner une définition du capitalisme et expliquer pourquoi ce système économique pousse à l'innovation et à l'adoption de nouvelles technologies. Je vais ensuite décrire deux évolutions technologiques qui ont mené au problème des changements climatiques, soit l'utilisation des énergies fossiles et le développement de l'agriculture intensive.

2.1 Capitalisme et innovation

Le capitalisme est un terme qui est souvent associé à l'économie et qui revient fréquemment dans certaines problématiques en lien avec l'environnement. Je vais donc commencer par donner une définition du capitalisme comme système économique selon ce que je discute avec mes étudiant-e-s de première année, et qui est tirée du livre "L'économie" (L'équipe CORE, 2017).

Parmi les différents systèmes économiques qui décrivent l'organisation, la production et la distribution des biens et des services, le capitalisme se distingue par trois éléments. Le premier, important pour la discussion qui va suivre, est la propriété privée. Dans une interaction économique, un droit de propriété donne le droit de bénéficier d'un bien ou d'un service, d'en faire bénéficier les autres ou de les exclure. La propriété privée peut être échangée via le deuxième élément important du capitalisme : les marchés. De manière simplifiée, les marchés permettent donc de transférer, avec contrepartie, la propriété privée sur des biens et des services.

Cependant, ces deux premiers éléments ne sont pas propres au capitalisme. En effet, la propriété privée et les marchés sont aussi présents dans l'économie féodale, par exemple. Par contre, un élément distinctif d'une économie capitaliste est la présence d'entreprises. Suivant l'ouvrage de l'équipe CORE (2017), je décrirai l'entreprise comme une forme d'organisation de la production dans laquelle des propriétaires de biens d'équipements (bâtiments, machines, ou brevets, entre autres) paient des salaires à des employés. Une illustration de cette forme de production est donnée dans la Figure 1. Schématiquement, on peut décrire l'objectif d'une entreprise comme étant de vendre des biens et des services sur le marché afin de réaliser un profit.

Ce qui rend les entreprises uniques c'est le fait qu'elles peuvent apparaître, grandir ou rétrécir en fonction de leurs profits. Une entreprise qui fait des pertes peut ainsi disparaître rapidement. A l'inverse, réussir à se maintenir dans le système économique nécessite d'éviter les pertes. Et

FIGURE 1 – Entreprise capitaliste et entreprise familiale



Notes : illustration historique d'une entreprise capitaliste manufacturière et d'une entreprise familiale contemporaine.

le fait que les entreprises puissent être en concurrence implique qu'il y a toujours un risque de perdre des marchés et de disparaître. Il s'en suit que les entreprises capitalistes ont une incitation très forte à devenir toujours plus productives, et donc à adopter des technologies qui augmentent la productivité. Et ce afin d'éviter de disparaître. Il y a aussi une forte incitation à l'innovation, soit l'activité économique qui vise à améliorer les processus de production. Les entreprises ne sont pas obligées de participer au processus d'innovation, mais si elles ne le font pas elles risquent de se faire dépasser par la concurrence, et à terme de faire des pertes puis de disparaître.

L'apparition du capitalisme coïncide avec une augmentation du niveau de vie matériel au cours des 200 dernières années. Cependant, il existe aussi de nombreuses économies capitalistes dont la population a un niveau de vie matériel relativement bas et des inégalités importantes. Le lien entre capitalisme, croissance économique et niveau de vie est complexe et c'est le sujet de nombreuses discussions et recherches en économie, par exemple dans Acemoglu et Robinson (2012). Par contre il est généralement accepté que l'innovation et l'adoption de technologies par les entreprises sont des moteurs importants de l'augmentation du niveau de vie. L'innovation étant elle-même une activité économique avec des retombées importantes, beaucoup de pays soutiennent activement la recherche et le développement, par exemple en favorisant l'émergence de startups innovantes.

FIGURE 2 – Spécialisation technologique dans les énergies fossiles



Notes : illustration de la spécialisation technologique dans l'utilisation des énergies fossiles.

2.2 Choix technologiques et changements climatiques

Si le niveau de vie matériel a beaucoup augmenté pour une grande partie de la population des pays riches, et que l'innovation et l'adoption de nouvelles technologies a été le moteur de cette croissance, quelles sont les technologies qui ont été adoptées ? Deux spécialisations importantes se sont opérées. La première est en lien avec l'utilisation des énergies fossiles (charbon, gaz naturel, pétrole). Ces ressources naturelles fournissent une très grosse quantité d'énergie à un coût relativement bas, puisque le coût d'extraction d'un baril de pétrole (159 litres) au Moyen Orient est inférieur à CHF 10. La spécialisation technologique dans l'utilisation de l'énergie fossile, illustrée dans la Figure 2, a mené à des investissements d'infrastructures considérables. Cette source d'énergie bon marché permet aux entreprises de produire à moindre coût et elle a largement contribué à l'augmentation du bien-être matériel.

La deuxième évolution technologique s'est produite dans l'agriculture, qui a été poussée à devenir toujours productive. Avec une population croissante, grâce notamment aux progrès dans

FIGURE 3 – Spécialisation technologique dans l'agriculture intensive



Notes : illustration de la spécialisation dans l'agriculture et l'exploitation des terres intensive.

les soins médicaux, ainsi qu'un niveau de vie de plus en plus élevé, la demande de nourriture a considérablement augmenté, en particulier pour la viande. Cela a mené à un changement dans l'utilisation des terres, avec toujours plus de surfaces dédiées à des monocultures très productives (principalement blé, riz, maïs et soja) et à l'élevage. Avec les échanges commerciaux, la pression compétitive a mené à l'expansion de l'agriculture intensive. Les problématiques dans le secteur agricole sont nombreuses, notamment en lien avec la protection des producteurs indigènes face à la concurrence de l'étranger. Cependant, au niveau global les pratiques de l'agriculture intensive illustrée dans la Figure 3 ont largement contribué à l'augmentation de la production.

La spécialisation vers les énergies fossiles et l'agriculture intensive a permis une augmentation importante de la production. Mais ces choix technologiques ont aussi pour conséquence l'émission de gaz à effet de serre, et donc des changements climatiques.³ Le problème du climat est donc aussi lié au système économique capitaliste, même si le lien de causalité entre capita-

3. L'agriculture intensive est aussi liée à une diminution de la biodiversité globale, ce qui a des implications économiques importantes (Lanz et al., 2018). Il faut aussi noter qu'une autre spécialisation technologique importante est la numérisation. Ces deux problématiques que sont la biodiversité et la numérisation ne sont pas traitées ici.

lisme et changements climatiques est complexe (tout comme celui entre capitalisme et niveau de vie matériel discuté plus haut). Mais il est clair que ce sont les incitations créées par le système capitaliste qui ont contribué à cette spécialisation technologique et au problème global que représentent les changements climatiques.

En résumé, l'innovation et l'adoption de technologies sont associées à une amélioration du niveau de vie matériel, mais aussi aux changements climatiques. Cela implique, entre autres, une augmentation graduelle des températures ainsi qu'une augmentation des événements météorologiques extrêmes. A mesure que les émissions de gaz à effet de serre continuent, l'incertitude sur les risques encourus augmente. Les gouvernements se réunissent régulièrement pour tenter de coopérer. L'objectif fixé lors de la Conférence de Paris sur le climat en 2015 et approuvé par les délégations de 195 Etats et l'Union européenne est de limiter les émissions de gaz à effet de serre pour maintenir le réchauffement global entre +1.5 et +2 degrés par rapport à 1880. Cet objectif ambitieux nécessite une action rapide, et donc un effort pour modifier les choix de production et de consommation afin de réduire les émissions.

3 L'économie de l'environnement : boîte à outils

La section précédente discute du lien entre système économique capitaliste et changements climatiques. Elle montre la manière dont le système économique incite les entreprises à l'adoption de technologies afin de ne pas disparaître. Et comment la spécialisation technologique a mené à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre qui modifient progressivement notre climat. Mais alors que les impacts environnementaux de ces comportements sont discutés depuis des dizaines d'années, pourquoi les acteurs de l'économie ignorent-ils presque systématiquement les conséquences environnementales de leurs actions ?

Dans cette section, je vais décrire comment l'économie en tant que discipline traite des problèmes environnementaux en général et des changements climatiques en particulier. Car l'économie c'est aussi une manière de pratiquer les sciences sociales. Tout d'abord, je vais décrire brièvement le contenu de la boîte à outils mobilisée par les économistes. Ensuite, je vais appliquer ces outils pour identifier le rôle des incitations économiques dans le problème des changements climatiques. Premièrement, je vais présenter une allégorie mettant en scène les victimes de la pollution d'une entreprise produisant de l'acier. Je vais ainsi montrer l'existence d'un di-

lemme social et l'importance des droits de propriété. Deuxièmement, je vais m'intéresser aux observations empiriques. Cela va m'amener à discuter de certaines solutions au dilemme social qui prennent en compte les mécanismes incitatifs présents.

3.1 Les outils de l'économie

L'économie en tant que discipline a développé des outils qui sont pertinents pour comprendre l'émergence de problèmes environnementaux et contribuer à y répondre. Il y a deux types d'outils. Le premier est un ensemble de modèles, soit des abstractions qui tentent de donner un sens au monde que nous observerons autour de nous. Ces modèles peuvent prendre une forme mathématique car cela permet par exemple de clarifier certaines hypothèses ainsi que les éléments qui font partie du modèle et ceux qui sont externes et traités comme immuables. Cependant, l'utilisation des mathématiques n'est pas une nécessité et dans ce texte je développerai un modèle sous la forme d'une allégorie.

Un modèle est une simplification de la réalité, et une critique récurrente de cette approche fait état d'un manque de réalisme ou de lien avec la réalité, par exemple la non-prise en compte des structures sociales. Cependant, le but d'un modèle n'est pas d'être réaliste, mais plutôt de voir davantage en regardant moins de choses : la simplification doit être utile pour comprendre une situation donnée. On peut comparer les modèles utilisés en économie à une carte représentant les lignes de métro d'une ville. La carte n'est pas une représentation réaliste de la géographie urbaine, c'est une simplification qui se concentre sur les lignes et leurs intersections. Malgré un manque de réalisme, la carte peut être utile pour comprendre certains aspects de la réalité. Selon cette perspective, il n'existe pas de bons ou de mauvais modèles, par contre il existe des modèles utiles pour répondre à une question spécifique.

Le deuxième type d'outils est empirique. Ces outils ont principalement pour but d'identifier l'impact causal d'une intervention sur un comportement, et d'en quantifier l'importance. Ces outils empiriques englobent trois méthodes clés, illustrées dans la Figure 4 : expériences en laboratoire, expériences de terrain (randomized controlled trials), et expériences naturelles. Ces trois approches ont en commun l'idée de comparer le comportement de deux groupes d'individus : (i) un groupe de traitement qui est sujet à l'intervention (par exemple une hausse de prix), et (ii) un groupe de contrôle qui n'est pas sujet à l'intervention. Dans les paragraphes qui suivent, je vais brièvement discuter de chacune des trois méthodes.

FIGURE 4 – Outils empiriques de l'économie



Notes : illustration des approches empiriques en économie : expérience en lab (ici à l'Université de Neuchâtel), expérience de terrain (ici une modification de l'affichage des prix dans un supermarché), et analyses de données récoltées lors d'une expérience naturelle.

En économie, une expérience en laboratoire réunit un groupe d'individus pour participer à des jeux sérieux (serious games). Tout comme les modèles, ces jeux sont développés pour simplifier des situations réelles menant à des choix économiques. Les règles du jeu sont expliquées de manière transparente à tous les participants afin de pouvoir observer les comportements. Il est ensuite possible de modifier ces règles (par exemple dans un autre groupe de participants) afin d'observer le rôle de différentes règles sur les comportements.

Bien que les expériences en laboratoire permettent d'observer certains choix que nous faisons au quotidien dans un cadre contrôlé dans lequel les règles du jeu sont explicites, l'environnement dans lequel les choix sont effectués est artificiel. Afin de palier à cette limitation, les économistes utilisent aussi des expériences de terrain. Ce type d'expérience a lieu dans un environnement réel et modifie de manière contrôlée certains paramètres de choix réel. Par exemple, quantifier l'impact de la présentation des prix sur le comportement d'achat dans un supermarché peut donner lieu à une expérience de terrain (Figure 4). Dans la prochaine section, nous verrons des exemples d'expériences en laboratoire et de terrain en lien avec la problématique des changements climatiques.

En plus d'expériences contrôlées réalisées en laboratoire ou dans le monde réel, les économistes utilisent aussi des données d'observation récoltées dans un contexte qui se rapproche d'une expérience. Dans cette approche, il n'y a pas d'intervention directe de la part d'un expérimentateur, mais il est néanmoins possible de constituer un groupe de traitement et un groupe de contrôle. D'où la désignation d'"expérience naturelle." Un exemple illustratif tiré de mon travail est en lien avec l'instauration d'un salaire minimum à Neuchâtel, premier canton suisse à utiliser une telle intervention sur le marché du travail. Dans cette situation les travailleurs

neuchâtelois constituent le groupe de traitement (avec salaire minimum) et les régions limitrophes représentent le groupe de contrôle (sans salaire minimum). En comparant des données sur l'évolution du marché du travail à Neuchâtel et dans les régions limitrophes, il est ainsi possible d'utiliser cette expérience naturelle pour mesurer l'impact du salaire minimum sur le marché du travail local (cf. Berger et Lanz, 2020).⁴

La boîte à outils des économistes peut être appliquée aux problèmes environnementaux. Par exemple, les modèles permettent de simplifier des situations complexes en lien avec les changements climatiques, de comprendre la présence d'intérêts économiques, et de proposer des solutions. Par ailleurs, les outils empiriques sont utiles pour mesurer les impacts des changements climatiques et quantifier la manière dont les solutions proposées peuvent modifier les comportements et réduire les émissions de gaz à effet de serre. Illustrer l'utilisation de ces outils pour le cas des changements climatiques est l'objectif du reste de ce texte.

3.2 Modèle : pollution et droits de propriété

Cette section développe un modèle, sous la forme d'une allégorie, afin de comprendre la présence de pollution dans une économie capitaliste. Imaginons une situation simple dans laquelle deux acteurs économiques partagent une même ressource environnementale gratuite : l'air pur. D'un côté de la vallée une entreprise produit de l'acier. Elle utilise une cheminée pour disperser les fumées provenant de la combustion de charbon dans son haut fourneau. De l'autre côté de la vallée il y a un village dont les habitants sèchent régulièrement leur linge à l'air libre. La situation est illustrée dans la Figure 5. Les jours où le vent souffle en direction du village, des particules de poussière présentes dans les fumées de l'usine se déposent sur le linge. Ces jours-là, les habitants n'ont pas d'autre choix que de relaver le linge.

La production d'acier se vend bien mais l'entreprise est en concurrence avec des aciéries en Asie. Les propriétaires de l'usine ont choisi d'utiliser un processus qui utilise du charbon parce que c'est celui qui est le meilleur marché. Ils ont investi dans une cheminée afin d'évacuer les particules de poussière présentes dans les fumées et de ne pas incommoder les travailleurs sur place. Du point de vue de l'usine, la possibilité d'évacuer les résidus de combustion dans

4. Les résultats empiriques pour Neuchâtel et ailleurs tendent à montrer qu'une augmentation du salaire minimum n'a pas d'impact négatif sur l'emploi. Cela va à l'encontre du modèle traditionnel offre-demande, qui prédit une augmentation du chômage, ce qui a poussé les analyses récentes à utiliser des modèles de monopsones dans lesquels les employeurs ont un pouvoir de marché dans la fixation des salaires.

FIGURE 5 – Utilisation de l'air pur comme d'une ressource commune en libre accès



Notes : illustration de l'accès libre et gratuit à une ressource commune, l'air pur, et de l'appropriation de droits de propriété sur cette ressource pour évacuer la fumée.

l'atmosphère gratuitement a de la valeur car elle économise ce qu'elle doit normalement payer pour l'évacuation des déchets de production (par exemple la taxe sur les eaux usées).

Pour les habitants du village voisin, les fumées ont un coût bien réel : ils doivent faire l'effort de relaver le linge. Du point de vue des habitants, l'usine s'est approprié un droit de propriété lié à l'utilisation de l'air pur pour y évacuer des particules de fumée. C'est ce que nous appellerons un droit de propriété implicite. Ce droit à polluer a de la valeur car il permet de produire l'acier à moindre coût. Et sans une intervention externe, l'usine ne va pas modifier son processus de production car cela lui permet de concurrencer les aciéries en Asie.

Cette représentation permet de clarifier les incitations économiques menant à une situation de pollution. Diminuer la pollution nécessiterait de modifier les droits de propriété existants. Les habitants pourraient essayer de négocier le droit à l'air pur directement avec l'entreprise. Ils pourraient aussi faire du lobbying afin d'obtenir un décret interdisant l'émission de fumées, ce qui équivaldrait à un régime dans lequel le droit de propriété sur l'air pur serait détenu par les habitants plutôt que par l'usine. L'Etat pourrait aussi subventionner l'installation d'une technologie filtrant les fumées, ce qui ne modifierait pas les droits de propriété existants. Mais surtout, ce modèle implique que le droit de propriété sur l'air pur a une valeur économique et que ce droit peut potentiellement changer de main.

Comme nous l'avons vu, la propriété privée est un aspect important du système économique capitaliste. Dans cet exemple, l'absence de droits de propriété explicites sur l'air pur implique

un dilemme social : la recherche de profits par l'entreprise génère un coût qui est supporté par les habitants. L'entreprise n'a aucun intérêt à modifier son comportement car ses profits seraient moins élevés. L'entreprise pourrait même devoir fermer si elle perdait en compétitivité par rapport aux aciéries en Asie. C'est une situation de dilemme social car le comportement individualiste de l'entreprise va à l'encontre du bien-être collectif qui inclut les habitants du village. Par ailleurs, cette situation illustre le fait que la pollution équivaut à l'appropriation d'un droit de propriété implicite sur une ressource commune et gratuite. Une réduction de la pollution passe donc par une forme de négociation entre l'usine et les habitants afin de transférer les droits de propriété implicites.

3.3 Les changements climatiques comme dilemme social

Je vais maintenant expliquer pourquoi le problème des changements climatiques possède une structure qui est similaire à celle décrite dans la section précédente. Actuellement, il est permis d'utiliser librement l'atmosphère pour évacuer des gaz à effet de serre, par exemple brûler du kérosène quand nous prenons l'avion. En faisant cela, nous disposons d'un droit de propriété implicite sur ce que j'appellerai la "décharge atmosphérique." Mais qui souhaiterait négocier avec nous ce droit de propriété? Et pourquoi?

La réponse à ces deux questions passe par une compréhension des impacts des changements climatiques. En Suisse, par exemple, il y a de moins en moins de neige pour skier et le cycle de l'eau se modifie, ce qui complique la gestion des barrages pour la production d'électricité. Dans le canton de Neuchâtel, il y a moins souvent du brouillard dans le bas du canton et les cépages de nos vignobles évoluent. Ces exemples sont illustrés dans la Figure 6. Mais alors que, dans l'exemple ci-dessus les habitants du village supportaient un coût lié à la fumée, dans le cas des changements climatiques les impacts peuvent potentiellement être négatifs ou positifs.

Les économistes utilisent des données pour quantifier les impacts des changements climatiques. Par exemple les résultats de Dell et al. (2012) suggèrent que l'augmentation des températures a, dans l'ensemble, un impact négatif sur les activités économiques. Cependant, ces impacts sont divers et complexes. Dans mon travail de recherche sur les pays à revenu intermédiaire j'ai par exemple montré qu'une fréquence plus élevée des sécheresses accélère l'émigration dans les régions rurales (Delacrétaz et al., 2023), ou que l'augmentation des températures extrêmes affecte le risque de conflits armés (Gasser et Lanz, 2023).

FIGURE 6 – Impacts locaux des changements climatiques



Notes : illustration des impacts locaux en lien avec les changements climatiques, par exemple la diminution de la neige en hiver, la gestion des barrages hydroélectriques, la production viticole et l'apparition de brouillard en pleine.

Par ailleurs, dans un article publié il y a presque 50 ans, l'analyse coûts-bénéfices de Nordhaus (1977) montre que ne rien faire pour limiter les émissions de gaz à effet de serre coûte plus cher que d'investir afin de réduire ces émissions. Des analyses plus récentes confirment ces conclusions, qui sont même renforcées lorsqu'on prend en compte les possibles points de bascule du climat aux conséquences catastrophiques, ainsi que les impacts négatifs sur la productivité dans l'agriculture (Bommier et al., 2015 ; Dietz et Lanz, 2023).

Ces analyses d'impacts suggèrent que ce sont les générations futures qui devront supporter la majorité des coûts des changements climatiques. Et comme pour les émissions de fumées de l'aciérie, les générations actuelles ont le droit d'utiliser la décharge atmosphérique gratuitement. Ce droit de propriété a une valeur économique et y renoncer a un coût. Par exemple, décider de ne plus prendre l'avion a un coût de renonciation, alors que le fait d'acheter une voiture électrique pour remplacer une voiture à essence implique un coût financier. Dans beaucoup

de situations, le coût imposé aux générations futures est ignoré au moment de faire nos choix individuels : le système économique actuel ne donne pas d'incitation à renoncer à ce droit de propriété implicite.

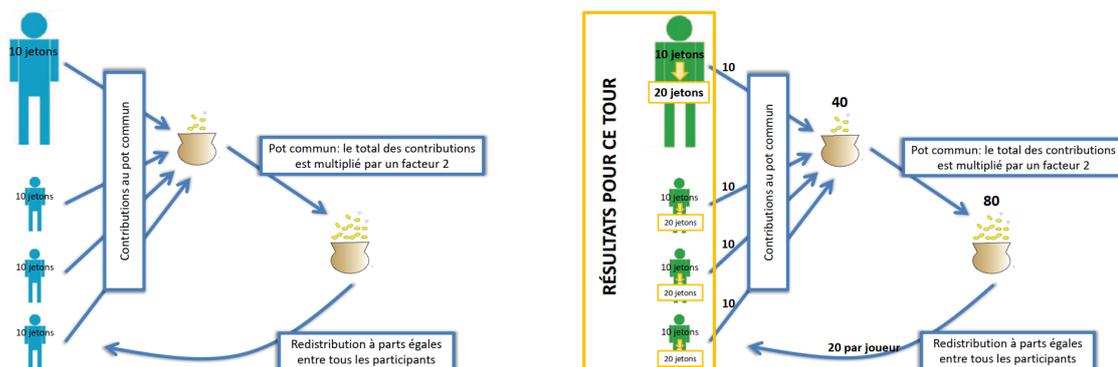
Le problème des changements climatiques est donc un exemple de dilemme social dans lequel la recherche de l'intérêt personnel se fait principalement au détriment des générations futures. Même si nous savons que les changements climatiques vont imposer un coût important aux générations futures, il n'y actuellement pas d'intérêt direct à renoncer à un droit de propriété implicite gratuit. Et comme pour l'usine d'acier, le système économique donne un avantage à ceux qui utilisent leur droit de propriété implicite. Cependant, alors que les habitants incommodés par la fumée pouvaient envisager de négocier une diminution de la pollution avec l'usine, les générations futures ne sont pas là pour négocier. Elles ne peuvent pas non plus faire du lobbying, élire des représentants ou voter des nouvelles réglementations qui viseraient une autre allocation des droits de propriété.

3.4 Résolution du dilemme social : altruisme et responsabilité individuelle

Le problème des changements climatiques est un dilemme social dans lequel les générations actuelles ne font pas l'effort de réduire leurs émissions pour le bénéfice des générations futures. Cependant, dans le monde réel nous observons que les ménages et les entreprises investissent dans des panneaux solaires et achètent de plus en plus de voitures électriques. Il y a donc des cas où la motivation individuelle, par exemple basée sur l'altruisme en faveur des générations futures, peut contribuer à résoudre le dilemme social.

Une manière de quantifier le rôle de l'altruisme dans la résolution d'un dilemme social est d'utiliser une expérience de laboratoire. Les économistes utilisent un protocole expérimental dénommé "jeu du bien public" qui permet d'observer le comportement dans un contexte de dilemme social. Dans une version populaire de ce jeu, illustrée dans la Figure 7, les participants sont réunis dans des groupes de quatre et ils/elles ont un projet en commun auquel les joueur-euse peuvent contribuer ("un pot commun"). Chaque joueur-euse reçoit 10 jetons et peut décider de les garder ou de les mettre dans le pot commun. A la fin du tour, le total des jetons déposés dans le pot commun est multiplié par deux et redistribué à parts égales aux

FIGURE 7 – Jeu du bien public et coopération



Notes : illustration de la procédure expérimentale du jeu du bien public avec quatre joueurs et du cas où les joueurs coopèrent pour atteindre le gain total maximum, soit lorsque tous les joueurs décident de faire la contribution maximum au pot commun.

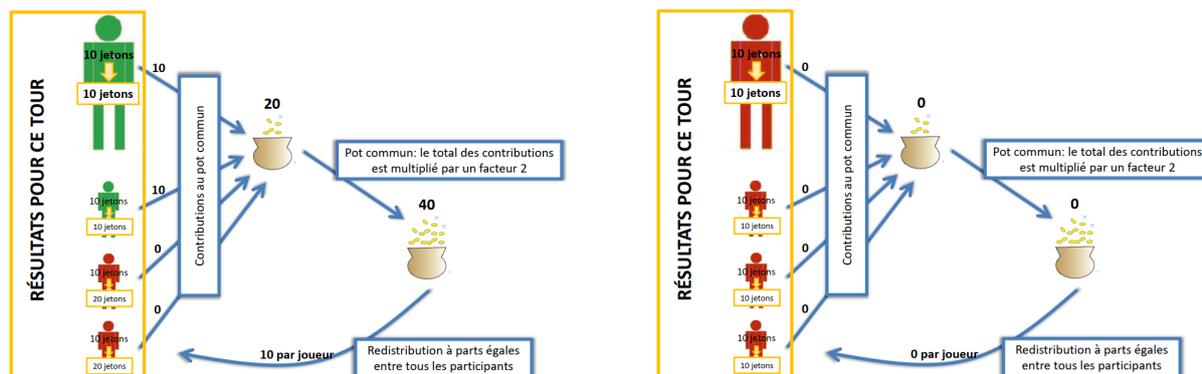
quatre membres du groupe. Le but du jeu est de terminer avec le plus de jetons possible.⁵

Dans ce jeu, le gain maximum est atteint si les quatre joueurs du groupe contribuent au pot commun avec tous leurs jetons (Figure 7). Cependant, au niveau individuel il est préférable de ne rien contribuer : un jeton dans le pot est multiplié par deux puis réparti en quatre, si bien que mettre un jeton dans le pot rapporte 0.5 jeton à tous les joueurs, alors que celui qui contribue ce jeton en perd un. Réduire sa propre contribution au pot augmente donc toujours le nombre de jetons reçu à la fin du jeu. Cependant, si chaque joueur suit son intérêt individuel et garde tous ses jetons, le gain final par joueur n'est que de 10 (Figure 8). L'intérêt individuel pousse chaque joueur à garder ses jetons pour augmenter ses gains, ce qui va à l'encontre de l'intérêt collectif. Observer les contributions au pot commun révèle donc le comportement dans une situation de dilemme social.

Un résultat standard et répliqué dans le jeu du bien public montre que la contribution moyenne au pot commun est initialement d'environ 60% des jetons, et que les contributions diminuent au fur et à mesure que le jeu est répété. Le comportement individualiste de certains joueurs peut expliquer un niveau de contribution relativement bas. Fischbacher et al. (2001) montrent qu'en moyenne un tiers des participants ne contribuent jamais. Plus intéressant, ils montrent qu'un peu plus de la moitié des joueurs sont prêts à contribuer dans la mesure où

5. Dans une expérience de laboratoire, le jeu est organisé avec de l'argent réel (par exemple 1 jeton = 1 franc) et les participant-e-s ne peuvent pas communiquer entre eux. Les groupes sont formés de manière aléatoire et restent inchangés durant les plusieurs tours que comporte le jeu.

FIGURE 8 – Jeu du bien public et comportement individualiste



Notes : illustration de la procédure expérimentale du jeu du bien public avec quatre joueurs et du cas où plusieurs joueurs décident de se comporter de manière individualiste, ce qui implique un gain total pour les quatre joueurs moindre que dans le cas de coopération.

les autres contribuent aussi. Ce sont des coopérateurs conditionnels. En présence d'individualistes dans le groupe, les coopérateurs conditionnels arrêtent de contribuer s'ils observent que les autres membres du groupe ne contribuent pas. Cela tend à faire diminuer le niveau des contributions dans le groupe.

Même si une majorité des joueurs est prête à fournir un effort et contribue au pot commun avec ses jetons, une grande partie ne le fait que dans la mesure où les autres le font aussi. Si ces coopérateurs conditionnels observent un comportement individualiste au sein de leur groupe, ils auront tendance à réduire leurs efforts, si bien que la coopération dans le groupe s'effondre. La présence d'altruistes inconditionnels n'affecte pas ce résultat. Ces observations empiriques résultent d'une situation abstraite et très simple, mais les règles du jeu illustrent un type de comportement que l'on retrouve dans le problème de la pollution ou celui des changements climatiques.

3.5 Résolution du dilemme social : interventions et politiques publiques

La responsabilité individuelle et l'altruisme ont un rôle important dans la résolution des changements climatiques. Cependant, la section précédente suggère qu'ils n'offrent pas un levier suffisamment puissant pour engendrer la coopération nécessaire à la résolution d'un dilemme social. Par ailleurs, pour les entreprises, l'altruisme est moins présent car elles font face à la possibilité de disparaître si elles ne sont pas compétitives. La dynamique de groupe et la compé-

tition peuvent donc expliquer l'inaction dans la résolution des changements climatiques. Et ce malgré la présence dans la population de personnes prêtes à faire un effort altruiste en faveur des générations futures.

Dans cette section, nous allons maintenant envisager des interventions extérieures afin de favoriser la coopération entre générations présentes et générations futures. Nous allons considérer trois types d'interventions possibles : (i) l'éducation et l'offre d'information, (ii) la régulation des marchés, et (iii) le soutien à l'innovation et à l'adoption de nouvelles technologies. La discussion de ces interventions va se baser sur deux éléments résultant de l'analyse présentée jusqu'ici. Premièrement, il faut prendre en compte la valeur des droits de propriété établis même s'ils sont implicites. Et deuxièmement, il faut que les interventions s'adressent aux égoïstes et aux coopérateurs conditionnels.

3.5.1 Intervention : éducation et offre d'information

Informar les personnes et entreprises sur la problématique des changements climatiques est primordial. L'offre d'information est relativement peu coûteuse et facile à mettre en place. Par ailleurs, une telle intervention ne modifie pas les droits de propriété et ne crée pas de problème d'acceptabilité. Cette information peut prendre plusieurs formes (cf. Figure 9). La plus directe passe par l'éducation, notamment auprès des jeunes. Il y a aussi des campagnes d'information sur les conséquences des comportements et sur les actions qu'il est possible d'entreprendre pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Il est ainsi possible d'identifier et comprendre les efforts nécessaires à entreprendre afin de contribuer à réduire ses émissions de gaz à effet de serre.

Ce type d'information correspond aux règles du jeu. Dans le jeu du bien public, il est important de savoir qu'il est possible de contribuer au pot commun avec ses jetons et de comprendre la manière dont nous-mêmes et les autres joueurs allons en bénéficier. Cependant cette information, tout comme celle sur la problématique des changements climatiques, ne modifie pas fondamentalement les intérêts des personnes qui participent. En d'autres termes, offrir cette information ne modifie pas le dilemme social. Et comme la coopération inconditionnelle n'a que peu de poids, il n'y a à priori pas de raison pour qu'une information sur les changements climatiques modifie significativement le comportement des coopérateurs conditionnels et des égoïstes (incl. les entreprises). Ce type d'intervention n'a donc que peu de chance d'amener un

FIGURE 9 – Education et interventions informationnelles



Notes : illustration d'interventions permettant d'offrir une information sur la problématique des changements climatiques, dans le cadre privé (éducation) ou public (manifestations).

changement de comportement.

Mis à part les règles du jeu, un second type d'intervention informationnelles peut révéler les efforts entrepris par les autres membres du groupe. En révélant les contributions relatives, on induit une comparaison entre le comportement individuel et celui du groupe, ou comparaison sociale. Pour ceux qui se soucient des normes sociales, cette information peut inciter à faire plus d'efforts afin d'améliorer leur position dans le groupe. Cela peut aussi fonctionner avec les entreprises qui souhaitent se prévaloir de leurs efforts dans le domaine de la durabilité. Une telle intervention utilise comme levier la prédisposition de certains à la coopération conditionnelle et à la compétition afin d'augmenter la disposition à l'effort dans le groupe.

Dans le contexte des changements climatiques, j'ai testé l'impact des comparaisons sociales sur les décisions d'utiliser le chauffage durant les mois d'hiver (Kandul et al., 2020). Nous avons organisé une expérience de terrain en collaboration avec une régie immobilière en Suisse romande pour inciter les locataires à réduire leur consommation de chauffage. Tout d'abord, avec l'accord des participants, nous avons pu observer la température intérieure des logements durant le mois de décembre. Sur la base des relevés de température, nous avons envoyé des lettres individualisées à tous les locataires afin de les informer de la température moyenne à l'intérieur de leur logement en comparaison à celle d'autres locataires. En observant l'évolution des températures chez les locataires ayant reçu la lettre, nous avons pu la comparer à celle d'un groupe de contrôle n'ayant rien reçu. Nous avons pu déterminer que l'intervention a conduit les locataires à réduire leur température de 0.3 degrés en moyenne par rapport au groupe de contrôle, ce qui

correspond à une économie d'énergie de 2% environ.⁶

Finalement, les manifestations publiques représentent une autre forme d'information qui a son importance pour le problème des changements climatiques, car cela rend la problématique apparente. De telles manifestations mettent souvent en avant l'injustice du système économique actuel. Cette injustice est aussi mise en évidence par notre allégorie, car on observe que le système ne donne pas de poids aux intérêts des générations futures. Ces mouvements sociaux pourraient donc manifester une volonté de représenter ces générations futures. Cependant, les droits de propriété implicites tels qu'ils sont établis actuellement ont beaucoup de valeur et sont donc difficiles à négocier. Mais étant donné qu'un système de démocratie directe ne donne pas non plus de poids aux générations futures, la question de savoir si ces manifestations peuvent avoir un impact sur les comportements ou sur la régulation reste ouverte.

3.5.2 Intervention : régulation des marchés

Un deuxième type d'approche vise à réguler directement le fonctionnement du système économique. Selon la rhétorique de la main invisible, le marché est capable de s'auto-réguler car les choix individualistes vont de concert avec l'intérêt collectif. Cependant, dans le cas des changements climatiques, l'absence de droits de propriété explicites engendre un dilemme social pour lequel les choix individualistes vont à l'encontre de l'intérêt collectif. L'Etat peut donc décider d'intervenir et d'agir directement sur les incitations économiques afin d'aligner les intérêts individuels et collectifs.

La régulation du marché, illustrée dans la Figure 10, est particulièrement importante pour inciter les entreprises à modifier leurs processus. En effet, alors qu'une entreprise qui investit seule dans la réduction de ses émissions de gaz à effet de serre risque de perdre un avantage compétitif, une entreprise ayant déjà consenti des efforts peut avoir un intérêt à obtenir une régulation pour l'ensemble des entreprises d'un secteur. Ce type de dynamique concurrentielle voit émerger des demandes de régulation de la part de groupes d'entreprises volontaires qui demandent explicitement aux gouvernements d'imposer les mêmes contraintes à tout un secteur, et par là éviter de favoriser les entreprises qui choisissent de ne pas faire d'efforts.⁷

6. Dans Kandul et Lanz (2021), nous utilisons une expérience en laboratoire pour étudier l'impact des comparaisons sociales dans le jeu du bien public. Nous montrons qu'une comparaison avec les contributions des autres joueurs augmente le nombre de jetons mis dans le pot par les coopérateurs conditionnels qui contribuent beaucoup.

7. Un exemple d'une telle coalition inter-entreprise récente est l'initiative "We mean business" qui re-

FIGURE 10 – Régulation du marché par l'Etat



Notes : illustration de la possibilité pour l'Etat de réguler l'économie et ainsi aligner les intérêts individuels et collectifs en présence d'un dilemme social.

En présence d'un dilemme social, la concurrence donne à l'Etat un rôle primordial pour réguler le système économique. Une intervention qui permet un impact systémique est de rendre les droits de propriété sur la décharge atmosphérique explicites et de faire payer pour les acquérir. En pratique, cela reviendrait à mettre un prix sur les émissions de gaz à effet de serre, et donc à donner une incitation financière à réduire l'impact environnemental. Par exemple, si une entreprise qui fabrique du ciment doit payer en fonction de la quantité de gaz à effet de serre émise durant le processus de production, le coût du ciment qu'elle produit va augmenter. Ce changement va avoir des répercussions sur le système économique. Si tous les producteurs de ciment sont sujets à ce coût supplémentaire, le prix du ciment augmentera. Cela fera également augmenter le prix du béton dans le domaine de la construction, et les alternatives comme le bois vont devenir plus intéressantes. Par ailleurs, les producteurs de ciment auront une forte incitation individuelle à trouver des processus de production alternatifs émettant moins de gaz à effet de serre.

Une incitation financière pour réduire les émissions de gaz à effet de serre est en principe la meilleure solution pour réguler le marché. Les entreprises qui investissent dans des processus propres ne paient plus pour leurs émissions de gaz à effet de serre et elles ont donc des coûts plus bas par rapport à la concurrence. Elles font ainsi plus de profits et grandissent. Inversement,

groupe plus de 200 entreprises représentant un chiffre d'affaires total de USD 1.5 trillion (<https://www.wemeanbusinesscoalition.org/>). Cette coalition effectue un travail de lobbying en faveur d'interventions transparentes menant à l'abandon des énergies fossiles.

les entreprises qui émettent beaucoup doivent payer pour l'utilisation de la décharge atmosphérique, elles font moins de profits et risquent à terme de disparaître. Les acteurs de l'économie qui fournissent un effort pour réduire leurs émissions obtiennent donc un avantage compétitif vis-à-vis de la concurrence. Sans ce type de signal, les entreprises qui fournissent des efforts ont au contraire un désavantage compétitif.

Bien que l'idée de rendre les droits de propriété sur les ressources communes explicites et payants soit une solution recommandée depuis longtemps par les économistes, elle est difficile à mettre en place et reste rare. Ceci pour deux raisons. La première est qu'elle modifie fondamentalement la structure existante des droits de propriété, même s'ils sont implicites. Les votations en Suisse, par exemple, montrent régulièrement que la population est opposée à l'idée de payer pour l'utilisation de ressources jusqu'alors gratuites (Bornstein et Lanz, 2008). La deuxième est une crainte récurrente qu'un pays imposant des coûts supplémentaires à ses entreprises perde un avantage concurrentiel. Certaines industries dont les coûts augmenteraient pourraient disparaître. Elles pourraient aussi se relocaliser à l'étranger, ce qui impliquerait un coût social (par exemple du chômage). Cela reporte le dilemme social au niveau des pays, ce qui rend les actions unilatérales risquées pour les gouvernements individuels cherchant à être réélus.

3.5.3 Intervention : innovation et nouvelles technologies

Selon notre analyse, une difficulté majeure pour réduire les émissions de gaz à effet de serre provient de la structure existante des droits de propriété : la possibilité d'utiliser l'atmosphère comme décharge est actuellement gratuite. Alors que l'information ne modifie pas ces droits, mais ne donne pas non plus d'incitation directe à réduire les émissions, réguler l'économie modifie les droits de propriété implicitement définis et rencontre des résistances politiques. Nous allons maintenant décrire une intervention qui ne modifie pas les droits de propriété tout en augmentant l'attrait de réduire ses émissions, soit l'innovation et l'adoption de nouvelles technologies. Cette approche est illustrée dans la Figure 11.

L'innovation a pour but de réduire le coût d'acquisition et/ou d'utilisation d'une technologie, et elle agit donc directement sur l'intérêt individuel d'adopter cette technologie. Par exemple, si la recherche fondamentale sur les cellules photovoltaïques permet de diminuer le coût de production des panneaux solaires, il va devenir plus facile et moins coûteux de réduire ses émissions de gaz à effet de serre tout en préservant la structure implicite des droits de propriété. Un autre

FIGURE 11 – Soutien à l'innovation et à l'adoption de technologie



Notes : illustration de choix technologiques en faveur des changements climatiques, soit l'installation de panneaux photovoltaïques et d'éoliennes pour la production d'électricité, et l'utilisation de cette électricité pour la mobilité individuelle avec des véhicules électriques.

exemple important a été l'émergence récente de nouvelles marques de voitures électriques qui ont mis sur le marché des véhicules performants et confortables, avec un prix assez proche des modèles à moteur thermique. Ces marques ont attiré des consommateurs qui ne voulaient pas renoncer à leur confort quand ils conduisent, et le succès de cette stratégie commerciale a fait suivre l'industrie automobile dans son ensemble. Intuitivement, ces évolutions technologiques augmentent l'attrait (ou réduisent l'effort) associé à un comportement altruiste.

Il y a plusieurs manières de favoriser l'innovation et l'adoption de nouvelles technologies. Un premier exemple est de soutenir le processus d'innovation au niveau régional, par exemple en finançant la recherche et le développement. Au delà des bénéfices environnementaux, ces interventions permettent de favoriser le tissu économique et les compétences locales. C'est souvent l'objectif d'agences telles que InnoSuisse ou d'institutions de promotion économique régionale.

Une intervention alternative consiste à allouer des subsides directs ou indirects pour l'adoption de technologies spécifiques. Par exemple offrir une compensation financière pour certains

investissements dans le domaine du chauffage, de la production d'électricité, de la mobilité, ou de l'agriculture. En Suisse, certaines pompes à chaleur ou éléments d'isolation des bâtiments sont directement subventionnés (Lang et Lanz, 2022). Il est aussi possible de bénéficier d'avantages fiscaux, par exemple lors de l'installation de panneaux solaires. Un autre type de subventionnement indirect est l'offre par les collectivités publiques de bornes de recharge, ce qui rend l'adoption des véhicules électriques plus attractive (van Dijk et al., 2022).

Il existe d'autres barrières à l'adoption de technologies qui ne sont pas financières. Par exemple, certaines technologies qui permettent une réduction des émissions de gaz à effet de serre sont relativement nouvelles et peu connues des utilisateurs potentiels. Acheter une voiture électrique comporte des incertitudes notamment sur la durée de vie de la batterie du véhicule et son coût de remplacement. La perception d'un risque additionnel peut agir comme un coût et freiner le taux d'adoption. Pour d'autres types de technologies, comme la rénovation des bâtiments ou l'installation des panneaux solaires, le retour sur investissement est difficile à déterminer pour les investisseurs potentiels (Lanz and Reins, 2021). Les interventions qui améliorent l'accès à une information transparente et neutre peuvent donc aussi favoriser l'adoption de nouvelles technologies.

4 Résumé et conclusion

Les sciences naturelles ont identifié certaines limites physiques au développement de l'espèce humaine, en lien notamment avec les changements climatiques anthropogéniques. La gestion de l'environnement est un défi majeur de notre époque. Cependant, l'environnement est un bien commun pour lequel les droits de propriété sont souvent définis de manière implicite. Les incitations du système économique capitaliste font que l'intérêt individuel diverge de l'intérêt collectif et crée une situation de dilemme social. Et malgré l'urgence climatique et les objectifs des pays, les émissions globales de gaz à effet de serre ont continué à augmenter rapidement ces dernières années.

Au niveau global, la recherche en économie indique que ne rien faire pour maîtriser les changements climatiques a un coût supérieur aux investissements nécessaires pour réduire les émissions. Cependant au niveau individuel les efforts sont coûteux et nécessitent un renoncement. Alors qu'il faudrait voir émerger un comportement altruiste envers les générations futures,

la présence d'une minorité d'acteurs égoïstes peut péjorer les possibilités de coopération, et favoriser les comportements individualistes au détriment des comportements altruistes. Bien que la responsabilité individuelle reste importante, il est nécessaire de formuler des interventions sous la forme de politiques publiques afin d'aligner intérêts individuels et collectifs. Ces interventions doivent prendre en compte l'intérêt des générations futures et ainsi résoudre le dilemme social.

Notre analyse identifie l'importance des droits de propriété (implicites ou explicites) et le fait que ces droits peuvent avoir une valeur élevée, même s'ils sont gratuits. En effet, l'extraction et la vente des énergies fossiles (y compris le pétrole) crée des profits économiques importants, et réduire leur utilisation ferait disparaître d'importantes rentes pour certains pays et propriétaires d'entreprises. Le système économique capitaliste continue de fournir des incitations fortes à exploiter ces droits de propriété implicites. Il faut donc proposer des interventions qui minimisent le coût du transfert des droits de propriété existants en faveur des générations futures. Cela peut impliquer l'utilisation de subventions à l'innovation en plus de taxes sur les émissions, ainsi qu'une redistribution des recettes des taxes environnementales pour favoriser la préservation de l'environnement.

Dans ce contexte, l'économie de l'environnement cherche à (i) comprendre les interactions entre économie et environnement, (ii) mesurer les impacts économiques de dégradations ou d'améliorations de l'environnement, et (iii) développer des stratégies pour équilibrer les intérêts économiques et la préservation de l'environnement. Les outils de l'économie sont donc utiles pour informer sur les problématiques environnementales et contribuer à proposer des solutions.

Pour conclure sur une note positive, il faut noter que l'espèce humaine est très inventive quand elle y est contrainte. Depuis 2005, année où je me suis spécialisé en économie de l'environnement, je n'ai observé que peu de progrès politiques dans le domaine des changements climatiques. Cependant, la crise du COVID a été un exemple inspirant. Les épidémiologistes ont été écoutés dans l'urgence et des solutions ont été trouvées au niveau international très rapidement. Des investissements dans la recherche et le développement ont permis de trouver des vaccins et de juguler la crise. Je prends cela comme un signal qu'une solution pour les problèmes environnementaux identifiés, entre autres, par les climatologues, est possible. Le but de mon travail de recherche est de faciliter ce processus.

Références

Acemoglu and Robinson (2012) *Why Nations Fail : The Origins of Power, Prosperity, and Poverty*. New York, NY : Crown Publishing Group

Berger et Lanz (2020) “Minimum wage regulation in Switzerland : survey evidence for restaurants in the canton of Neuchâtel,” *Swiss Journal of Economics and Statistics* 156 :20

Bommier, Lanz, and Zuber (2015) “Models-as-usual for unusual risks? On the value of catastrophic climate change,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 74, pp. 1-22

Bornstein, and Lanz (2008) “Voting on the environnement : Price or ideology? Evidence from Swiss referendums,” *Ecological Economics*, 67(3), pp. 430-440

L'équipe CORE (2017) *L'économie*. Paris, France : Editions Eyrolles

Dell, Jones, and Olken (2012) “Temperature Shocks and Economic Growth : Evidence from the Last Half Century,” *American Economic Journal : Macroeconomics*, 4(3), pp. 66-95

Delacrétaz, Lanz, Delju, Piguët, and Rebetez (2023) “Impacts of rainfall shocks on out-migration in Türkiye are mediated more by per capita income than by agricultural output,” *Population and Environment*, 45, 12

Dietz and Lanz (2023) “Growth and adaptation to climate change in the long run,” *Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper 386*, London, UK

Fischbacher, Gächter and Fehr (2001) “Are people conditionally cooperative? Evidence from a public goods experiment,” *Economics Letters*, 71(3), pp. 397-404

Gasser, A.T. and Lanz, B. (2023) “Climate change, temperature extremes, and conflict : Evidence from mainland Southeast Asia,” *Institute of Economic Research Working Paper 23-05*, Neuchâtel, Switzerland

Kandul, S., Lang, G. and Lanz (2020) “Social comparison and energy conservation in a collective action context : A field experiment,” *Economics Letters*, 188, 108947

Kandul, S., and Lanz, B. (2021) “Public good provision, in-group cooperation and out-group descriptive norms : A lab experiment,” *Journal of Economic Psychology*, 85, 102382

Lang, G., and Lanz, B. (2022) “Climate policy without a price signal : Evidence on the impli-

cit carbon price of energy efficiency in buildings,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 111, 102560

Lanz, B., Dietz, S. and Swanson, T. (2018) “The expansion of modern agriculture and global biodiversity decline : An integrated assessment,” *Ecological Economics*, 144, pp. 260-277

Lanz, B., and Reins, E. (2021) “Asymmetric information on the market for energy efficiency : Insights from the credence goods literature,” *The Energy Journal*, 42 (4), pp. 91-109

Nordhaus, (1977) “Economic Growth and Climate : The Carbon Dioxide Problem,” *American Economic Review*, 67(1), pp. 341-346

van Dijk, J., Delacrétaiz, N., and Lanz, B., (2022) “Technology adoption and early network infrastructure provision in the market for electric vehicles,” *Environmental and Resource Economics*, 83, pp. 631-679