

Fonds de recherche du Québec

Nature et Technologies Santé Société et Culture



L'écoresponsabilité en recherche : constats, solutions et impacts

Comité intersectoriel étudiant

Juin 2023

Le Comité intersectoriel étudiant

Le [Comité intersectoriel étudiant \(CIE\)](#) est un comité statutaire commun aux conseils d'administration des [Fonds de recherche du Québec](#) (FRQ) – [Nature et technologies](#), [Santé](#) et [Société et culture](#). Son mandat est de conseiller le scientifique en chef du Québec et les conseils d'administration des FRQ en identifiant des stratégies pour favoriser l'accessibilité du financement de la recherche, optimiser le potentiel de la relève ainsi que valoriser son rayonnement et ses impacts dans la société.

Composition du CIE

Julie Bernard

Yan Bertrand

Maxence Brouillette

David Carpentier

Catherine Cimon-Paquet

Maëlle Corcuff

Marie-Violaine D. Ponte

Gabrielle Duguay

Virginie Houle

Mathilde Jutras

Lawrence Labrecque

Samuel Leduc-Frenette

Félix Proulx-Giraldeau

Simone Têtu

Pour joindre le comité : cie@frq.gouv.qc.ca

Résumé exécutif

Face à l'urgence climatique, la communauté de recherche a le devoir d'adapter ses pratiques de recherche afin de minimiser leur impact sur l'environnement. Ce rapport présente les principaux constats d'une réflexion du CIE sur l'écoresponsabilité en recherche. Il s'adresse aux Fonds de recherche du Québec et aux institutions de recherche.

La très vaste majorité des émissions de gaz à effets de serre (GES) associées à la recherche sont liées aux déplacements, en particulier ceux effectués en avion, souvent afin d'assister à des conférences. Bien que certains déplacements soient très utiles pour les membres de la communauté de recherche, surtout pour la relève, des chercheuses et chercheurs disent voyager pour satisfaire aux exigences imposées par la culture académique, qui valorise grandement les déplacements. De nombreux déplacements effectués en avion pourraient aussi facilement être effectués via des moyens de transport terrestres plus écologiques.

La recherche est aussi parfois associée à une haute utilisation d'énergie (p. ex. les ressources computationnelles en intelligence artificielle ou en modélisation, ainsi que certains équipements de laboratoire) et de ressources (p. ex. l'utilisation de matériel à usage unique dans les laboratoires de sciences naturelles ou de la santé, qui engendrent une production importante de matières résiduelles). Dans ces cas aussi, les obstacles aux changements de pratiques sont souvent de nature culturelle ou systémiques, notamment en ce qui concerne les règles encadrant l'approvisionnement ou les dépenses admissibles.

Ce rapport évoque plusieurs alternatives à ces pratiques, en se concentrant sur la réduction des barrières aux pratiques écologiques plutôt que sur l'introduction de nouvelles contraintes. Les compensations carbone sont à utiliser en dernier recours seulement, vu leur faible impact net. Les organismes subventionnaires et les universités sont particulièrement bien placés pour favoriser les changements requis et se positionner comme leader sur la question, en plus de jouer un rôle important afin de favoriser les changements de comportements, en combinaison avec la sensibilisation.

Par ailleurs, le CIE constate que les membres de la relève qui font des choix écoresponsables sont à risque d'être pénalisés. À titre d'exemple, réduire les déplacements internationaux pourrait entraîner de moins bonnes évaluations de son dossier, et l'utilisation de méthodes d'analyse plus lentes mais plus écologiques diminue le rythme de production de résultats.

Devant ces constats, le CIE propose plusieurs recommandations à l'intention des FRQ et des établissements de recherche et d'enseignement, qui visent à améliorer le bilan environnemental de la recherche au Québec tout en limitant les impacts pour la relève et la communauté de recherche.

Sommaire des recommandations

★★★ : haute priorité | ★★ : priorité modérée | ★ : faible priorité
🎓 : établissements postsecondaires | 💰 : FRQ

1. Mener une réflexion d'ordre général afin de rendre le choix écologique le choix par défaut pour les chercheuses et les chercheurs. ★★
🎓 💰
2. Lancer une initiative de recherche sur les pratiques de recherche écoresponsables, via la création d'un observatoire ou d'un fonds dédié. ★
💰
3. Proposer un outil de calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour chaque projet de recherche financé par les FRQ. ★
💰
4. Ajouter à la section 8.1 des règles générales communes des FRQ (*Dépenses admissibles, principes de base*) que la communauté de recherche doit considérer l'impact environnemental de sa dépense. ★★★
💰
5. Entamer une réflexion concertée sur la transformation des habitudes de transport de la communauté de recherche :
 - a. Dans les dépenses admissibles, permettre l'utilisation de moyens de transports terrestres et de vols sans escale même s'ils sont plus coûteux.
 - b. Établir une répartition des responsabilités respectives sur la mise en place et le suivi de normes écoresponsables.
 - c. Sensibiliser la communauté de recherche à son impact environnemental, de concert avec les organismes subventionnaires, les universités, les centres de recherche et les équipes de recherche. ★★★
🎓 💰
 - d. Après une phase de sensibilisation, viser à mettre en œuvre des politiques de transport écoresponsables. Par exemple, pour prendre modèle sur un grand nombre d'institutions ailleurs dans le monde, rembourser uniquement les transports terrestres lorsque les voyages sont d'une durée inférieure à un certain seuil en transport collectif (bus ou train) ou en voiture, et lorsque le transport collectif est disponible et facilement accessible. Cette règle s'appliquerait par exemple à un déplacement entre Montréal et Toronto. En Europe continentale, elle s'appliquerait à toutes les destinations.
6. Amorcer une réflexion sur les manières d'utiliser les critères d'évaluation des demandes de subvention et de bourse afin de prioriser la qualité des publications et des événements de mobilisation des connaissances plutôt que leur nombre. De cette façon, favoriser la recherche moins productiviste et de plus grande qualité. ★★★
💰
7. Revoir la manière dont les compensations carbone sont utilisées par la communauté de recherche : ★★★
 - a. Sensibiliser la communauté de recherche au fait que les compensations carbone devraient être utilisées seulement en 🎓 💰

dernier recours, pour les émissions qui sont impossibles à éviter et absolument nécessaires.

- b. Fournir des informations accessibles, simples et fiables sur les divers programmes de compensation, incluant une liste de recommandations de programmes. Les FRQ pourraient même offrir aux chercheuses et aux chercheurs de prendre en charge l'achat des compensations.

8. Offrir une plus grande flexibilité dans l'utilisation des fonds associés à des demandes de subvention. Ceci inclut une réduction des contraintes sur le type de dépense associé à chaque subvention (p. ex. les fonds destinés à des voyages ou à l'achat de matériel peuvent être utilisés à d'autres fins).



9. Valoriser et faciliter la dépense écoresponsable des fonds de recherche. Par exemple :

- a. La sobriété des équipements, incluant l'utilisation de matériel usagé;
- b. La combinaison de plusieurs déplacements aériens en un seul voyage, incluant les voyages d'ordre personnel;
- c. Le déplacement des reliquats de subvention à une année subséquente.



10. Dans les programmes offrant du financement pour l'organisation d'événements, modifier les règles de programme afin d'encourager fortement les récipiendaires à organiser ces événements selon de hauts standards d'écoresponsabilité.

- a. Ajouter une liste de critères menant à l'écoresponsabilisation d'un événement et établir un seuil à respecter (p. ex., offrir une formule hybride afin de limiter le transport des participantes et des participants, prévoir des repas limitant les matières résiduelles).



11. Sensibiliser les chercheuses et les chercheurs à l'impact environnemental de leurs activités de recherche.



12. Encourager les personnes préparant des demandes de subvention et de bourse à inscrire dans la section « autres circonstances » les impacts que des choix écoresponsables auraient pu avoir sur leur dossier.

- a. Bonifier la liste d'exemples de circonstances en conséquence.
- b. Bonifier la formation et la documentation existantes à l'intention des comités d'évaluation, afin que le processus d'évaluation soit conséquent de ce changement. Ceci inclut une formation visant la correction des biais des chercheuses et des chercheurs.



TABLE DES MATIÈRES

Résumé exécutif.....	3
Sommaire des recommandations	4
Glossaire.....	7
Liste des acronymes.....	8
Introduction	9
Description de la démarche	11
<i>Tableau 1 : Membres de la communauté universitaire rencontrés par le CIE</i>	<i>12</i>
1. Changement de pratiques en écoresponsabilité	13
2. Transport	14
<i>Tableau 2 : Émissions de GES associées à divers modes de transport (Kalmus, 2017)</i>	<i>17</i>
Fig. 1 : Arbre d'aide à la décision de l'Université de Neuchâtel, en Suisse (Université de Neuchâtel, 2023).....	18
3. Activités numériques.....	21
4. Consommation d'énergie	22
5. Matériel et matières résiduelles.....	23
6. Sensibilisation	24
7. Relève.....	25
Conclusion.....	28
Remerciements (en ordre alphabétique)	29
Références	30
Annexe I - Initiatives englobantes et accréditations	35
Annexe II - Guide d'entrevue (expertes et experts)	37
Annexe III - Guide d'entrevue (consultation de la relève étudiante).....	39

Glossaire

Communauté de recherche : Ensemble des chercheuses et chercheurs, en milieu universitaire ou autre.

Écoresponsabilité : Prise de conscience des impacts environnementaux de certaines actions et adoption consciente de comportements permettant d'atténuer ces impacts.

Émissions en équivalent CO₂ (CO₂-eq) : Quantité de dioxyde de carbone qui provoquerait la même variation de température, à un horizon temporel donné, qu'une quantité donnée d'un autre gaz à effet de serre (GES) ou d'un ensemble de GES. Généralement, l'émission en équivalent CO₂ s'obtient en multipliant l'émission d'un GES par son potentiel de réchauffement global sur 100 ans (GIEC, 2018). Par exemple, émettre 1 kg de méthane a le même effet de réchauffement qu'émettre 28 kg de CO₂ (MyClimate, 2023).

Environnement : Ensemble des conditions naturelles (biologiques, chimiques et physiques) susceptibles d'agir sur les organismes vivants et les activités humaines.

Gaz à effet de serre (GES) : Constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde spécifiques du spectre du rayonnement terrestre émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages, emprisonnant le rayonnement et faisant augmenter la température moyenne à la surface de la Terre (GIEC, 2018).

Pratiques en recherche : Ensemble des activités qui constituent une démarche de recherche, par exemple la récolte de données, l'analyse de données et la diffusion de la recherche. Nous excluons l'opération normale des infrastructures universitaires ainsi que les déplacements quotidiens (p. ex. se rendre au laboratoire où la prise de données est effectuée).

Relève en recherche : Étudiantes et étudiants au collégial, au premier cycle universitaire ou aux cycles supérieurs effectuant des activités de recherche ou manifestant de l'intérêt envers une formation en recherche; postdoctorants et postdoctorantes; personnes ayant récemment cessé de faire partie des catégories précédentes.

Liste des acronymes

CIE	Comité intersectoriel étudiant
CV	Curriculum vitæ
EDI	Équité, diversité et inclusion
FRQ	Fonds de recherche du Québec
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
J2R	Journées de la relève en recherche de l'Acfas
ODD	Objectifs de développement durable des Nations unies
ONU	Organisation des Nations unies

Introduction

La recherche scientifique, moteur de la découverte et de l'innovation, joue un rôle primordial pour faire place aux grands enjeux sociétaux. Aussi la crise écologique (déclin de la biodiversité, réchauffement climatique, etc.) est-elle, de nos jours, un sujet incontournable pour la communauté de la recherche. Les Fonds de recherche du Québec (FRQ) se sont placés en chef de file sur la question de la recherche en sciences de l'environnement. L'objectif 3.3 de leur plan stratégique 2022-2025 vise à engager la recherche dans l'atteinte des objectifs de développement durable de l'ONU. Ils organisent d'ailleurs des concours de subventions et de bourses sur des thématiques environnementales. Depuis 2021, ils demandent aux chercheuses et aux chercheurs de réfléchir à l'impact environnemental de leur recherche à même leurs demandes de subvention. Cette dernière mesure provient du *Plan d'action sur la responsabilité environnementale en recherche* des FRQ, qui est avant-gardiste pour un organisme subventionnaire.

De manière plus concrète, leurs *Règles générales communes* prévoient que les « FRQ favorisent le développement durable, ainsi la réutilisation d'équipement et l'achat de matériel usagé sont permis, lorsqu'applicable ». La *Politique sur la conduite responsable en recherche*¹ des FRQ prévoit que les chercheuses et les chercheurs doivent

« [a]gir avec respect à l'égard [...] de l'environnement — [é]laborer et réaliser les projets de recherche en tenant compte [...] des responsabilités environnementales en recherche. L'inclusion des principes de développement durable de l'ONU lors de la conception et de la réalisation de projets de recherche enrichit ces derniers. »

Cette politique indique également que l'usage des fonds publics doit être fait de manière *responsable*. Ceci devrait, à notre sens, inclure la minimisation des effets néfastes de la recherche sur la planète, afin de la préserver pour les générations futures. Il y est aussi prévu que la recherche doit promouvoir un climat « de nature à maintenir la confiance du public », ce qui requiert également un impact minimal sur l'environnement, en particulier dans les domaines qui s'y intéressent directement. Dans ce contexte, il apparaît essentiel de s'intéresser à **l'impact environnemental des pratiques de recherche au Québec**.

Comme nous le verrons dans ce rapport, l'impact écologique de la recherche est significatif, que l'on pense à l'utilisation de plastique dans les laboratoires ou aux émissions de gaz à effet de serre (GES) associées aux déplacements professionnels. La réalisation d'un doctorat émettrait en moyenne 21,5 t CO₂-eq en 4 ans, soit plus que les émissions annuelles d'une personne moyenne au Canada (Hertwich et Peters, 2009).

Les changements de pratiques nécessaires peuvent avoir des impacts sur la relève en recherche. Pour faire écho aux exemples précédents, le nettoyage du matériel réutilisable peut ralentir le rythme de production de résultats, alors que la réduction des déplacements diminue les occasions de réseautage et écourte le *curriculum vitae* des membres de la relève. En plus de se pencher sur les pratiques de recherche écoresponsables, le Comité intersectoriel étudiant (CIE) croit qu'il importe aussi de s'intéresser aux **impacts de la mise en œuvre de telles pratiques sur la relève**.

La responsabilité de la mise en œuvre de pratiques de recherche écoresponsables ne doit pas incomber seulement aux individus, mais avant tout aux institutions et aux organisations. Les organismes subventionnaires sont particulièrement bien positionnés pour induire un changement de culture, notamment en ce qui concerne la définition de l'excellence en

¹ <https://frq.gouv.qc.ca/la-conduite-responsable-en-recherche/>

recherche. Le changement de mentalités et de pratiques en cours est une occasion supplémentaire pour les FRQ de montrer un leadership sur ces enjeux, suivant l'élan donné par leur *Plan d'action sur la responsabilité environnementale en recherche*, mis en place en 2019.

Dans ce rapport, nous, le CIE, présenterons une revue de la littérature scientifique et de la littérature grise sur l'écoresponsabilité en recherche à laquelle seront intégrés les constats émanant des entretiens et consultations que nous avons effectués avec la communauté de recherche, incluant la relève. Nous présenterons aussi des recommandations fondées sur ces constats et sur notre propre réflexion. Nos recommandations visent avant tout à *permettre* à la communauté de recherche d'adapter, voire de modifier ses pratiques de recherche pour les rendre plus écoresponsables, notamment en retirant certaines contraintes existantes ou en réduisant les impacts potentiels sur l'évaluation des dossiers.

Lorsque possible, nous souhaitons éviter d'imposer de nouvelles règles. En ce sens, les organismes subventionnaires peuvent participer à faire en sorte que l'écoresponsabilité soit reconnue comme responsabilité inhérente aux chercheuses et aux chercheurs. En outre, plusieurs intervenantes et intervenants consultés ont souligné que les contextes varient d'un milieu ou d'un domaine à l'autre, de telle sorte que la pratique la plus écoresponsable n'est pas la même partout. Ainsi, bien que le partage et la diffusion de bonnes pratiques soient bénéfiques, les initiatives écoresponsables peuvent être difficiles à transposer d'un milieu à l'autre et ne devraient pas être imposées unilatéralement à l'ensemble de la communauté.

Ce rapport est structuré par thématique. Pour chacune d'entre elles, une évaluation des impacts environnementaux et une revue des initiatives existantes sont présentées, suivies de nos recommandations en lien avec chaque thématique. Plusieurs sections se rapportent surtout à la recherche en sciences naturelles et de la santé (par exemple les sections 4 et 5), mais d'autres concernent toutes les disciplines (les sections 1 à 3).

Ce rapport s'adresse à l'ensemble de la communauté de recherche et, plus spécifiquement, aux FRQ, habilités à mettre en œuvre nos recommandations. Toutefois, certaines recommandations sont également pertinentes pour les institutions universitaires ou collégiales et seront clairement identifiées comme telles. Finalement, il est escompté que ce rapport puisse informer et sensibiliser la communauté de recherche sur les enjeux d'écoresponsabilité, puisqu'elle est touchée directement par ces enjeux. La revue de littérature présentée fait également référence à des initiatives pouvant inspirer la communauté et les institutions à innover en matière d'écoresponsabilité.

Description de la démarche

Nous décrivons ici les étapes ayant mené à la production de ce rapport.

1. **Revue du positionnement des FRQ.** En 2021, le CIE a effectué une revue des mesures mises en œuvre par les FRQ en lien avec l'écoresponsabilité en recherche ainsi que de leurs leviers d'action en matière de protection de l'environnement. Il a notamment pris connaissance du *Plan d'action sur la responsabilité environnementale en recherche* annoncé par les FRQ en juin 2019.
2. **Revue de littérature.** Le CIE a ensuite effectué une revue de la littérature scientifique et de la documentation institutionnelle sur l'écoresponsabilité en recherche. En particulier, les sources suivantes ont été consultées :
 - a. Articles scientifiques portant sur les impacts environnementaux de la recherche ;
 - b. Articles scientifiques portant sur des solutions à ces problématiques et sur leur mise en œuvre ;
 - c. Documents décrivant les pratiques mises en œuvre dans les institutions académiques et les organisations en lien avec le milieu de la recherche (incluant les organismes subventionnaires), au Canada et à l'étranger.
3. **Entretiens avec des expertes et des experts.** Afin d'arrimer la revue de littérature au contexte québécois, le CIE a mené des entretiens d'une heure chacun, à l'été et à l'automne 2022, avec (voir Tableau 1) :
 - a. Des chercheuses et chercheurs du Québec dont l'expertise relève de l'écoresponsabilité (quatre expertes ou experts dans quatre institutions réparties dans deux régions administratives du Québec);
 - b. Des gestionnaires de projets et des entités responsables de l'environnement au sein d'institutions universitaires du Québec (quatre groupes, pour un total de neuf intervenantes et intervenants, dans trois institutions universitaires réparties dans trois régions administratives).

Les questions posées lors de ces entretiens sont détaillées à l'annexe II. Elles ont été formulées à partir de la revue de littérature. Elles portent sur le rôle des diverses instances du milieu de la recherche relativement à la mise en place de pratiques écoresponsables, les pratiques écoresponsables existantes, les freins à la mise en œuvre de ces pratiques et les impacts possibles de leur adoption sur la relève. Les constats provenant de ces entretiens sont présentés avec la revue de littérature de chaque section et ont alimenté les réflexions ayant mené aux recommandations.

4. **Consultation de la relève en recherche.** Le CIE a consulté des membres de la relève en recherche lors des Journées de la relève en recherche de l'Acfas (J2R), en octobre 2022. Les consultations d'une heure ont pris la forme de groupes de discussion. Une trentaine de membres de la relève, répartis dans cinq groupes, y ont participé. La grille d'entrevue se trouve à l'annexe III.

5. **Réflexion et élaboration de recommandations.** Finalement, le CIE a mobilisé ces sources d'information pour élaborer les recommandations présentées tout au long de ce rapport. Les recommandations sont accompagnées d'un niveau de priorisation évalué en fonction de leur facilité d'implantation et de leur efficacité. La facilité d'implantation a été évaluée selon la connaissance du milieu et les capacités de discernement des membres du CIE, alors que l'efficacité a été évaluée via la revue de littérature.

Tableau 1 : Membres de la communauté universitaire rencontrés par le CIE

Expertes et experts

- Professeur.e en économie environnementale
- Professeur.e en économie environnementale
- Postdoctorant.e sur la mitigation des changements climatiques

Responsables en environnement

- Conseiller.ère en développement durable
- Professeur.e conseiller.ère spécial.e au vice-rectorat à la recherche
- Coordonateur.trice d'une initiative d'écoresponsabilisation des laboratoires
- Coordonateur.trice d'une initiative d'écoresponsabilisation des laboratoires
- Coordonateur.trice à l'engagement étudiant
- Conseiller.ère en mobilité durable
- Conseiller.ère en gestion environnementale
- Écoconseiller.ère
- Coordonateur.trice d'activités en développement durable

1. Changement de pratiques en écoresponsabilité

A. Revue de littérature et constats

L'environnement est un sujet qui touche grandement la relève en recherche. Lors de notre consultation de la relève, nous avons constaté qu'elle rapporte de plus en plus d'écoanxiété et de découragement face à l'inaction des décideuses et des décideurs. Cela incite de nombreux membres de la relève à choisir des thématiques de recherche en lien avec l'environnement, mais les considérations environnementales ne se reflètent pas toujours dans les pratiques de recherche de la relève. Il apparaît même qu'une partie de la communauté est prête à ce que soient mises en œuvre des mesures contraignantes, justifiées par l'urgence climatique, en autant que l'équilibre crucial avec la liberté académique soit maintenu.

Les expertes et experts consultés observent que la motivation à améliorer les pratiques de recherche provient principalement des nouvelles générations, mais mentionnent que la responsabilité d'initier tous les changements ne devrait pas leur incomber. Ces générations n'occupent pas encore les lieux de pouvoir permettant de changer les choses à l'échelle systémique. Elles n'ont pas non plus les ressources matérielles ou immatérielles pour le faire. Pourtant, elles subiront les conséquences des changements climatiques de façon beaucoup plus grave que les générations précédentes.

Tout un pan de la littérature scientifique s'intéresse à la manière de favoriser l'adoption de nouveaux comportements chez les individus et à l'influence des organisations sur cette adoption, particulièrement en lien avec l'écologie. Il faut d'abord reconnaître que plusieurs pratiques dommageables pour l'environnement concernent des gestes non régulés et dont le contrôle serait perçu comme intrusif (Yuriev et al., 2020; Babcock, 2009). Le changement de comportements ou de pratiques doit donc souvent être volontaire (par exemple, l'utilisation de vaisselle réutilisable ou le recyclage; Jiang, Wang et Li, 2019; Yuriev et al., 2018). Au niveau organisationnel, ces comportements ont toutefois un impact cumulatif considérable. Ainsi, malgré le défi imposant que cela représente, les universités souhaitant réduire l'impact environnemental de leurs activités ne doivent pas se concentrer uniquement sur leurs propres infrastructures. Elles doivent également mettre en œuvre des politiques visant à influencer les comportements individuels de leur personnel (Yuriev et al., 2020; Achten, Almeda et Muys, 2013).

Les innovations écologiques sont les plus porteuses lorsqu'elles sont menées par une ou un membre du personnel ou, en d'autres mots, par une personne de terrain, tout en étant soutenue par un engagement institutionnel (Yuriev et al., 2021). Au niveau organisationnel, trois facteurs semblent particulièrement importants pour assurer l'adoption à long terme d'innovations : le leadership du personnel, un soutien managérial et l'accès à des ressources financières et humaines (Yuriev, et al., 2021). Un accompagnement ciblé assure l'exécution des nouvelles pratiques, alors qu'un suivi rigoureux soutient leur pérennité.

La littérature scientifique indique clairement que les organisations doivent s'efforcer de réduire les barrières aux pratiques écologiques plutôt qu'ajouter de nouvelles contraintes (Yuriev et al., 2020). En d'autres mots, l'option écologique doit devenir la plus facile, la plus accessible et la moins coûteuse. Ce principe s'accorde tout à fait avec l'avis de la communauté universitaire consultée.

Finalement, la sensibilisation est une clé importante dans l'adoption de nouveaux comportements individuels ou organisationnels. Le fait qu'il y ait un débat sur une question, par exemple sur l'impact environnemental des déplacements en avion, contribue à changer les pratiques (Kreil, 2021). Pour les gestes quotidiens, comme le recyclage ou la réduction de la consommation d'eau et d'énergie, la sensibilisation par le biais d'affichage et d'événements

est efficace (Torres-Pereda et al., 2020; Tangwanichagapong et al., 2017; Tiew et al., 2019; Kiran et al., 2015). Cela dit, comme nous le verrons, l'essentiel des dommages environnementaux associés à la recherche n'est pas dû à ces gestes routiniers, mais plutôt à des actions sporadiques ayant un impact significatif, souvent légitimées par la culture académique (par exemple un vol intercontinental). Ainsi, comme mentionné par un expert consulté, « pour exercer les actions les plus avantageuses possibles, il est crucial de s'attaquer d'abord au cœur du problème », soit les gestes à fort impact environnemental.

B. Recommandations

1. Mener une réflexion d'ordre général afin de rendre le choix écologique le choix par défaut pour les chercheuses et les chercheurs.

Priorité **modérée**

S'adresse aux **FRQ** et aux **établissements postsecondaires**

Voici quelques questions qui pourraient guider cette réflexion : comment rendre les achats et l'utilisation de matériel de laboratoire plus écologiques (par exemple, opter pour du matériel usagé, centraliser le matériel de laboratoire, faire des achats groupés) ? Comment sensibiliser les chercheuses et les chercheurs au coût carbone de leurs pratiques et à leurs externalités (c'est-à-dire les effets négatifs sur l'environnement non comptabilisés dans le coût de l'objet ou de l'activité) ?

2. Lancer une initiative de recherche sur les pratiques de recherche écoresponsables, via la création d'un observatoire ou d'un fonds dédié.

Faible priorité

S'adresse aux **FRQ**

3. Proposer un outil de calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour chaque projet de recherche financé par les FRQ.

Faible priorité

S'adresse aux **FRQ**

4. Ajouter à la section 8.1 des règles générales communes des FRQ (*Dépenses admissibles, principes de base*) que la communauté de recherche doit considérer l'impact environnemental de sa dépense.

Haute priorité

S'adresse aux **FRQ**

2. Transport

A. Impacts environnementaux

Les déplacements représentent jusqu'à 84 % des émissions de GES générées par les activités de recherche, qu'ils soient effectués pour des conférences, du travail de terrain ou d'autres tâches reliées à la recherche (p. ex. défenses de thèse, tâches administratives, etc.; Burtscher et al., 2021; Cluzel et al., 2020; Achten et al., 2013; Fox et al., 2009). La majorité de ces émissions est associée à la participation à des conférences – entre 40 % et 60 % (Arsenault et al., 2019; Labos1point5, 2022; Achten et al., 2013). Pourtant, les déplacements aériens sont omis dans 34 % des plans de réduction des GES des institutions de recherche

aux États-Unis (Schmidt, 2022), l'information sur les distances et modes de déplacement étant très peu comptabilisée par les universités.

Les émissions causées par les déplacements aériens sont particulièrement dommageables pour l'environnement en raison de leur magnitude et des conséquences du relâchement de ces gaz en haute atmosphère (Lee, 2009). Au Canada, les étudiantes et étudiants aux cycles supérieurs émettent en moyenne 2,4 tonnes de CO₂ annuellement pour les déplacements accomplis dans le cadre de leur recherche. Les émissions moyennes augmentent ensuite avec la séniorité (Arsenault et al., 2019). Les professeures et professeurs font en moyenne trois voyages professionnels par année et certains individus en font plus de dix (Arsenault et al., 2019). Ces déplacements aériens émettent en moyenne entre 7,5 et 9 tonnes de CO₂-eq annuellement (Arsenault et al., 2019; Wynes et al., 2019), ce qui équivaut à environ la moitié des émissions annuelles totales moyennes d'une personne vivant au Canada. En comparaison, pour atteindre les cibles de l'Accord de Paris, les émissions individuelles totales devraient être abaissées à 2 ou 3 tonnes par année, toutes compensées (2tonnes.org, 2022).

Les voyages académiques sont certainement bénéfiques pour diffuser la recherche, échanger des idées et faire du réseautage, particulièrement pour la relève (Achten et al., 2013). Cependant, la communauté de recherche constate que la culture académique impose une forte pression à voyager. Cette pression transparait lors des évaluations par les pairs dans les demandes de bourses et de subvention, lors des embauches, ou simplement de manière générale dans la perception des pairs (Cigana, 2023; Cohen et al., 2020; Jutras, 2020). Le voyage est aussi perçu comme un bénéfice du monde universitaire, notamment pour la relève, qui est faiblement rémunérée. L'attrait de la destination motive parfois le choix des conférences (Jutras, 2020; CIE, 2020). Des études montrent d'ailleurs que les individus tendent à se désresponsabiliser des émissions de GES engendrées dans le cadre de leur travail, même quand leur discipline relève de l'environnement (Schrems et Upham, 2020). Ce constat émerge alors même que l'empreinte carbone des expertes et experts du climat amoindrit leur crédibilité et la portée de leurs recommandations (Attari, Krantz et Weber, 2016).

De plus, des études démontrent que plusieurs voyages pourraient facilement être évités, sans impact sur la carrière. Wynes et al. (2019) ont noté que 5 à 10 % des voyages professionnels à l'Université de la Colombie-Britannique sont associés à un déplacement pour une même journée, qui pourraient être remplacés par une participation virtuelle, ou à des destinations facilement accessibles par des moyens de transport terrestres. Il semblerait même qu'au-delà d'un voyage par année, il n'y ait pas de lien entre la réussite professionnelle et le nombre de voyages supplémentaires (Wynes et al., 2019). Ce voyage annuel serait particulièrement avantageux pour la relève, puisque ces occasions de rencontres et d'échanges s'avèrent difficilement remplaçables par une participation à distance.

Plusieurs études montrent qu'au-delà des impacts environnementaux, les déplacements défavorisent certains groupes et minorités, en particulier les femmes et la diversité géographique (Sarabipour et al., 2021). Les chercheuses voyagent généralement moins que les chercheurs (Cohen et al., 2020) et les personnes aidantes naturelles encore moins. Les personnes qui font de la recherche dans les pays en développement voyagent aussi beaucoup moins, pour des raisons financières et à cause de contraintes liées aux visas (Pasek, 2020). Les conférences virtuelles représentent une alternative intéressante, accueillant par exemple de 60 à 260 % plus de femmes (Skiles et al., 2021).

B. Solutions et initiatives

Tandis que le travail de terrain est essentiel à la recherche, le rayonnement de la recherche par le biais de présentations et de conférences peut être repensé pour être plus écoresponsable. Voici quelques solutions envisageables :

Bien choisir ses déplacements

- Réduire le nombre d'évènements de diffusion de la recherche auxquels participent les membres de la communauté de recherche. Les facteurs suivants sont à considérer : les retombées de l'exercice de diffusion, le potentiel de réseautage, et le potentiel d'apprentissage qui ne serait pas obtenu par une participation virtuelle (Wynes et al., 2019).
- Considérer des participations virtuelles lorsque la présence en personne n'est pas particulièrement bénéfique. La participation virtuelle à une conférence est de 97 à 3000 fois moins émettrice de GES qu'une participation en personne (Jäckle, 2021). De nombreuses institutions incluent dans leurs plans de réduction des GES un meilleur soutien pour l'utilisation de systèmes de vidéoconférences (Schmidt, 2021).
- Valoriser les conférences locales, qui revêtent également plusieurs avantages associés aux conférences internationales (Chalvatzis et Ormosi, 2020).
- Comptabiliser ses émissions, afin d'augmenter le degré de sensibilisation. Cette mesure reçoit l'appui de la communauté de recherche (Schrems et Upham, 2020).

Pour aider à faire ces choix, plusieurs institutions proposent des arbres d'aide à la décision (voir Fig. 1; Université de Neuchâtel, 2023; Le Quéré et al., 2015; LUCSUS, 2018).

Revoir sa façon de voyager

- Utiliser des moyens de transport terrestres. Ces moyens de transport sont moins polluants que l'avion (voir Tableau 2) sous des distances de plusieurs milliers de kilomètres. Le recours aux moyens de transport terrestres, en combinaison avec un accès virtuel, permettrait d'ailleurs de réduire de 90 % les émissions de GES associées à une conférence internationale (Jäckle, 2021; van Ewijk, 2021). Il n'existe actuellement aucun incitatif pour utiliser ces modes de transport au Québec. Au contraire, les coûts souvent plus faibles des billets d'avion et le fait qu'ils nécessitent des temps de déplacement moins longs peuvent obliger les chercheuses et les chercheurs à opter pour le transport aérien afin de satisfaire aux règles institutionnelles et subventionnaires associées aux dépenses admissibles.
- Prioriser les vols directs au lieu des vols avec escales. Ceci permet de réduire significativement les émissions des GES associées aux déplacements aériens (Kalmus, 2017).

Changer la culture académique

- Réviser les critères d'évaluation des demandes de subvention, de bourses et de promotion pour éviter de valoriser le nombre de déplacements. Les propositions incluent l'ajout des émissions carbone aux critères (Zeferina et Hoolohan, 2022) et d'une justification pour chaque déplacement (Schrems et Upham, 2020).

Tableau 2 : Émissions de GES associées à divers modes de transport (Kalmus, 2017)

Moyen de transport	Émissions de CO ₂ -eq (kg) par km-passager
Avion	0,50
Voiture	0,30
Train (Amérique du Nord)	0,09
Bus voyageur	0,04

À ce jour, les mesures mises en place par des institutions québécoises et canadiennes pour réduire les émissions de GES associées à la mobilité des personnes menant des activités de recherche touchent essentiellement la sensibilisation. C'est le cas de l'autoévaluation des impacts environnementaux ajoutée aux demandes de subventions par les FRQ. Plusieurs universités canadiennes proposent aussi des guides de bonnes pratiques.

Certains groupes cherchent toutefois à aller plus loin. À l'Université de Montréal, des professeurs et professeuses ont adressé une lettre à la direction demandant de réduire l'empreinte carbone associée à la recherche, particulièrement celle associée aux transports. Les résultats d'un sondage réalisé à Polytechnique Montréal démontre que les chercheuses et chercheurs sont prêts à changer leurs habitudes de transport, et même à imposer des obligations quant à l'utilisation de transport terrestre (Cigana, 2023). En outre, le département de géographie, d'urbanisme et d'environnement de l'Université Concordia s'est doté d'une *Flying Less Policy* (Concordia, 2019) qui encourage les chercheuses et chercheurs à prioriser les moyens de transport collectifs et terrestres pour tout trajet dont la durée est en-deçà de 12 heures, à favoriser les séjours de longue durée et peu nombreux, et à décliner les déplacements lorsque leur bénéfice professionnel est insuffisant pour les légitimer. Cette politique, étant adoptée au niveau départemental, n'est toutefois pas contraignante.

Hors du Québec, de nombreuses universités commencent à mettre en œuvre des initiatives contraignantes et incitatives en lien avec le transport. Plusieurs institutions européennes et américaines ne remboursent plus les déplacements aériens s'ils se trouvent en dessous d'une certaine distance ou d'un certain temps de voyage (souvent 10 à 12 heures), encourageant les personnes à prendre le train (p. ex. University of Georgia, École polytechnique fédérale de Zurich, Institut LOCEAN à Paris, Université d'Anvers et Université de Neuchâtel). Par cette mesure et d'autres n'affectant pas la mobilité (p. ex. interdire les vols en première classe, privilégier les vols directs), l'École polytechnique fédérale de Lausanne a diminué ses émissions de GES totales de 36 % entre 2014 et 2016 (Ciers et al., 2018). L'institut de recherche sur le climat LOCEAN, à Paris, applique une politique particulièrement audacieuse, qui oblige la comptabilisation des GES et impose un quota d'émissions qui diminuera avec le temps, avec certaines exclusions incluant pour la relève (LOCEAN, communication personnelle). À l'École polytechnique fédérale de Zurich, les émissions de CO₂ sont prises en compte dans les évaluations des demandes de remboursement, ce qui encourage les options moins émettrices même lorsqu'elles sont plus coûteuses. À cela s'ajoute une balise de 1 à 2 déplacements intercontinentaux par année pour les doctorantes et doctorants, autorisés uniquement pour les présentations orales.

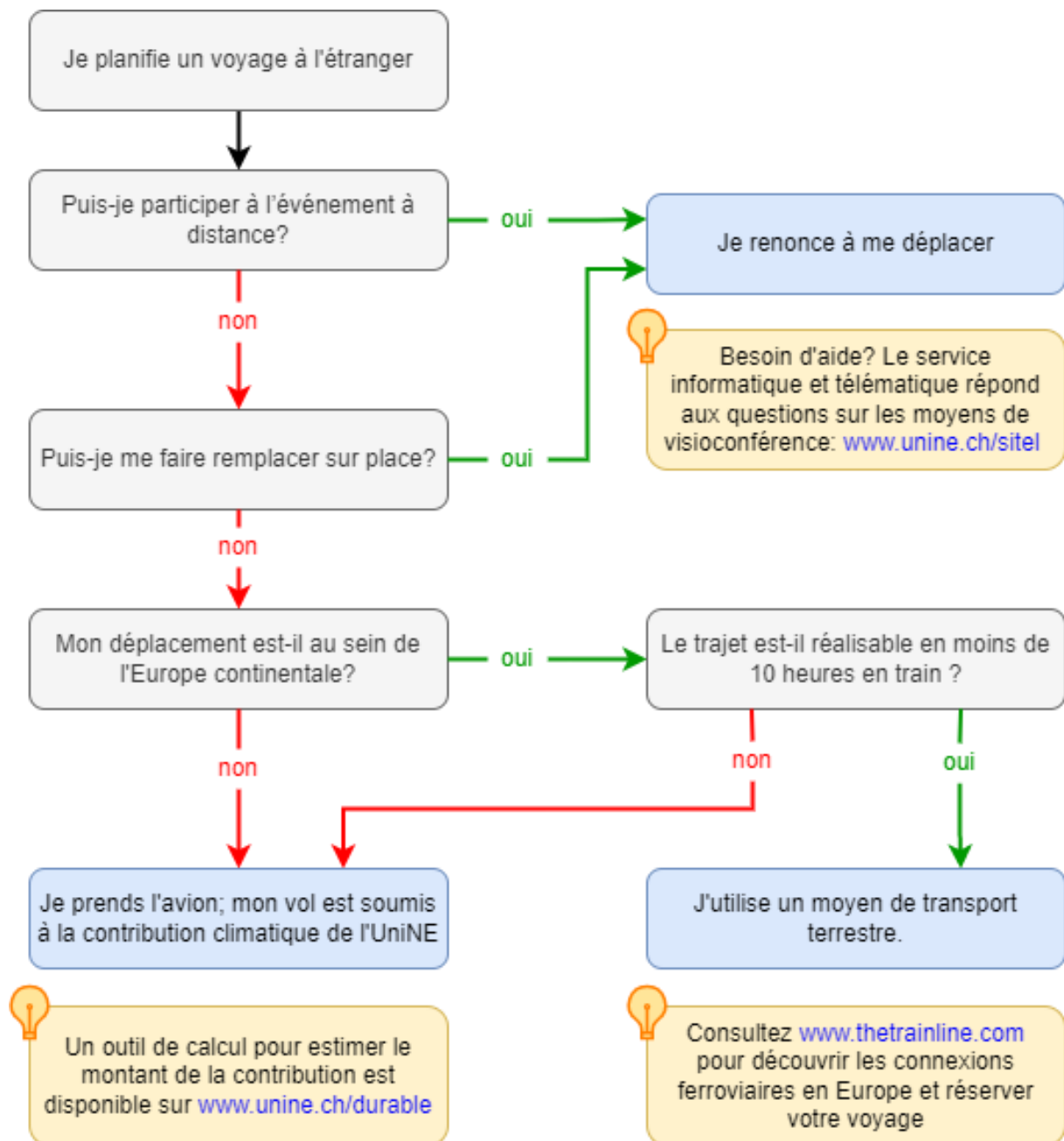


Fig. 1 : Arbre d'aide à la décision de l'Université de Neuchâtel, en Suisse (Université de Neuchâtel, 2023)

C. Recommandations

5. Entamer une réflexion concertée sur la transformation des habitudes de transport de la communauté de recherche :

Haute priorité

S'adresse aux **FRQ**

a. Dans les dépenses admissibles, permettre l'utilisation de moyens de transport terrestres et de vols sans escale même s'ils sont plus coûteux.

b. Établir une répartition des responsabilités respectives sur la mise en œuvre et le suivi de normes écoresponsables.

c. Sensibiliser la communauté de recherche à son impact environnemental, de concert avec les organismes subventionnaires, les universités, les centres de recherche et les équipes de recherche.

d. Après une phase de sensibilisation, viser à mettre en œuvre des politiques de transport écoresponsables. Par exemple, pour prendre modèle sur un grand nombre d'institutions ailleurs dans le monde, rembourser uniquement les transports terrestres lorsque les voyages sont d'une durée inférieure à un certain seuil en transport collectif (bus ou train) ou en voiture, et lorsque le transport collectif est disponible et facilement accessible. Cette règle s'appliquerait par exemple à un déplacement entre Montréal et Toronto. En Europe continentale, elle s'appliquerait à toutes les destinations.

6. Amorcer une réflexion sur les manières d'utiliser les critères d'évaluation des demandes de subvention et de bourse afin de prioriser la qualité des publications et des événements de mobilisation des connaissances plutôt que leur nombre. De cette façon, favoriser la recherche moins productiviste et de plus grande qualité.

Haute priorité

S'adresse aux **FRQ**

Voici quelques pistes qui pourraient alimenter la réflexion pour la recommandation 6 :

- Dans les demandes de bourse, une description de ses contributions les plus significatives, comme demandé actuellement dans certains concours des FRQ, s'aligne davantage avec ces priorités qu'une liste exhaustive et nominale des contributions.
- Une importance accordée à la « qualité » des conférences pourrait inciter des individus à choisir des conférences internationales plutôt que locales. Une communication efficace des objectifs et des attentes des FRQ serait nécessaire pour que la communauté ne valorise pas moins les activités locales.

D. Remarques sur les compensations carbone

Depuis quelques années, plusieurs universités et institutions de recherche proposent à leur communauté de compenser leurs émissions de GES dans l'optique de diminuer l'impact environnemental de la recherche. La compensation carbone est fondée sur l'idée qu'une quantité donnée de GES émise en un endroit peut être compensée par la réduction ou la séquestration d'une quantité équivalente de GES ailleurs. L'objectif est de diminuer les émissions de GES ou, d'une certaine façon, de s'approcher de la carboneutralité.

Dans le contexte québécois, deux systèmes de compensation existent. Tout d'abord, le marché du carbone est régulé en vertu du Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre (SPEDE¹) et s'adresse aux grands émetteurs (ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2022). Les universités ne faisant pas partie du SPEDE, elles doivent compenser leurs émissions par le biais d'un marché volontaire et non réglementé (Perron, Leroux et Tanguay, 2020).

Le Professeur Marc Jaccard, cosignataire du 6^e rapport du GIEC publié en 2019, souligne que seule la captation directe du CO₂ suivie de son stockage souterrain de façon permanente serait réellement efficace dans le marché volontaire. Ceci peut se faire via une captation directe dans l'atmosphère ou encore via la captation de GES produits par l'incinération de matières biologiques pour la production d'électricité, permettant du même coup la production d'énergie propre. Notons que le recours à ces technologies est récent et que le prix de ces compensations demeure très élevé (Vernet, 2022).

Les membres de la communauté de recherche sont donc tentés d'acquérir leurs compensations carbone à partir de programmes moins coûteux ou plus répandus, comme la plantation d'arbres, un exemple typique. Cependant, si la forêt brûle — un scénario de plus en plus observé avec l'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes — ou qu'elle meure — ce qui fait partie du cycle naturel des forêts — le carbone capturé sera libéré (Ressources Naturelles Canada, 2022).

La littérature scientifique recense de nombreux problèmes additionnels propres aux différents programmes de compensation carbone. Par exemple, il n'est pas simple d'établir un scénario de base auquel comparer la compensation, et les méthodologies pour le calcul des émissions indirectes sont encore incertaines (Ducoulombier, 2021).

L'absence d'une mesure standardisée des émissions carbone, couplée avec le manque d'un commun accord sur l'étendue à prendre en considération, peut mener à des dérives. Par exemple, une étude de 2017 a révélé que les potentielles réductions d'émissions sont probablement surestimées dans 73 % des programmes disponibles dans le système d'échange de quotas d'émission de carbone de l'Union européenne (DG CLIMA, 2017).

Certains programmes de compensation offrent aussi de financer des projets permettant de diminuer les émissions de GES (énergies renouvelables, infrastructures, etc.). Cependant, plusieurs projets auraient été financés même sans le financement provenant de la vente de compensations carbone (Struck, 2010). Certains projets ont aussi des impacts négatifs sur les populations locales, comme la construction d'un parc éolien qui a forcé le déplacement d'agricultrices locales et d'agriculteurs locaux sans même produire la quantité d'énergie attendue (Struck, 2010).

Finalement, les compensations carbone ont un effet pervers sur les mesures de réduction réelle des GES. Leur utilisation diminue en effet l'incitation à une réduction à la source en permettant aux pollueurs d'acheter des crédits et de continuer leurs activités. Une étude réalisée par l'Institut en Environnement de Stockholm a estimé que l'achat de crédits carbone encadré par le programme *Joint Initiative* aurait mené à une augmentation de 600 millions de tonnes CO₂ par rapport au cas où les pays avaient respecté leurs quotas d'émissions (Kollmuss, Schneider et Zhezherin, 2015). L'utilisation de crédits carbone pourrait donc être une barrière aux changements de comportements.

Pour ajouter à la complexité du processus des compensations des émissions de carbone, il importe de souligner qu'une fois que des GES ont été émis, ils se retrouvent dans l'atmosphère. Si les compensations peuvent réduire les émissions futures, elles ne supprimeront pas ce qui a déjà été émis.

E. Recommandation

7. Revoir la manière dont les compensations carbone sont utilisées par la communauté de recherche :

Haute priorité
S'adresse aux FRQ et aux établissements postsecondaires

a. Sensibiliser la communauté de recherche au fait que les compensations carbone devraient être utilisées seulement en dernier recours, pour les émissions qui sont impossibles à éviter et absolument nécessaires.

b. Fournir des informations accessibles, simples et fiables sur les divers programmes de compensation, incluant une liste de recommandations de programmes. Les FRQ pourraient même offrir aux chercheuses et aux chercheurs de prendre en charge l'achat des compensations.

3. Activités numériques

A. Impact environnemental

Les activités numériques ont un impact sur l'environnement, que l'on pense à l'énergie utilisée ou à l'empreinte écologique du matériel informatique. Bien que l'électricité consommée au Québec soit issue d'énergie renouvelable, les chercheuses et chercheurs recourent parfois à des serveurs situés à l'international pour le stockage et la transmission de données (incluant les courriels), souvent sans même le savoir. Or, ces serveurs peuvent être alimentés par des centrales au gaz ou au charbon. En outre, dans un contexte où l'électrification de nombreuses activités fera augmenter fortement la demande québécoise en électricité (Hydro-Québec, 2022), la limitation de la demande des infrastructures de recherche est hautement pertinente.

Les activités numériques se déclinent en deux types : les activités de bureau et les activités de recherche à hautes ressources computationnelles. Pour le premier type, la visioconférence est l'activité qui demande le plus de ressources. Or, les conférences virtuelles sont de 97 à 3000 fois moins émettrices de GES que les conférences en personne (Burtscher et al., 2020 et Jäckle, 2021). De nombreuses voix proposent d'utiliser les leçons acquises sur les pratiques de recherche mises en place durant la COVID-19 pour réfléchir à un nouveau modèle de recherche (Zeferina et Hoolohan, 2022). Alors que la communauté de la recherche était avant la pandémie plutôt réticente aux interactions virtuelles, elle est maintenant à 67 % favorable à l'utilisation de visio technologies (Labos1point5, 2022). La relève consultée à l'occasion des J2R a témoigné du fait qu'elle utilisait la visioconférence afin d'éviter des déplacements et les émissions de GES qu'ils entraînent.

Pour le deuxième type d'activités, on trouve les ressources computationnelles qui nécessitent du calcul de haute intensité, comme en modélisation ou en analyse de données. L'intelligence artificielle est associée à une empreinte carbone significative (Schwartz et al., 2020) qui subit une croissance exponentielle (Amodei et Hernandez, 2018). D'après une étude publiée en 2019, l'entraînement des modèles d'intelligence artificielle les plus énergivores peut nécessiter 0,28 tonne de CO₂-eq, soit le quintuple du cycle de vie complet d'une automobile (Strubell et al., 2020). Les utilisatrices et utilisateurs du calcul à haute intensité connaissent rarement les impacts environnementaux de leurs activités (Portegies Zwart et al., 2020).

B. Solutions et initiatives

En ce qui concerne les systèmes de visioconférence, plusieurs mesures peuvent être mises en œuvre afin de favoriser leur utilisation. On peut nommer l'amélioration de la qualité et de l'accessibilité des infrastructures nécessaires aux échanges virtuels (Zeferina et Hoolohan, 2022; Schrems et Upham, 2020), ainsi qu'une valorisation des échanges virtuels par les institutions (Ligozat et al., 2020).

Au niveau des ressources computationnelles, certaines solutions techniques permettent de réduire la consommation d'énergie. L'utilisation de GPU (*Graphics Processing Units*) plutôt que des ordinateurs de bureau permet de rendre les calculs beaucoup plus efficaces au niveau énergétique, tout comme l'utilisation de langages de programmation non interprétés (Portegies Zwart et al., 2020). Ensuite, certaines pratiques permettent de réduire l'utilisation d'électricité, comme une programmation efficace et intelligente, qui réduit du même coup les temps de calcul (Portegies Zwart et al., 2020). Un accès trop facile aux ressources computationnelles est un frein à la mise en place de ces bonnes pratiques.

C. Recommandation

La recommandation 11 est liée aux enjeux soulevés dans cette section.

4. Consommation d'énergie

A. Impacts environnementaux

Les laboratoires consomment en moyenne de 5 à 10 fois plus d'énergie qu'un espace standard de bureaux de superficie similaire (USEPA, 2008). La consommation énergétique au niveau des prises électriques (*plug load*) y est jusqu'à 20 fois plus élevée (USEPA, 2008). Une bonne partie de la consommation des institutions de recherche incombe toutefois au bâtiment et se situe par conséquent hors du contrôle de la chercheuse ou du chercheur (USEPA, 2008).

De nombreux gestes individuels peuvent tout de même réduire de façon majeure la consommation énergétique associée à la recherche. En général, éteindre des équipements de comptoirs lorsqu'ils ne sont pas utilisés peut réduire de moitié leur consommation énergétique (Gilly, 2010). L'utilisation de hottes d'évacuation d'air est aussi un exemple probant : en fonctionnant continuellement, ces dernières n'émettent pas moins de 5 tonnes de CO₂-eq par année au Québec, fonctionnant sur des systèmes de chauffage aux énergies fossiles (U. Sherbrooke, s. d.) et sont responsables de 10 % de toute l'électricité consommée sur les campus de l'Université de la Colombie-Britannique. La consommation est amplifiée par le fait que les hottes fonctionnent souvent à des intensités plus élevées que nécessaire. L'Université de Sherbrooke compte 400 hottes sur son campus (UEQ, 2021) alors que l'Université McGill n'en compte pas moins de 800 (Neseliler, 2013).

Un autre exemple révélateur est le cas des congélateurs à ultra-basse température, dont la température standard est de -80°C. Ce standard serait basé sur l'habitude des usagères et des usagers plutôt que sur des preuves scientifiques. Hausser la température de ces congélateurs de 10°C serait sans conséquence dans la grande majorité des cas, et permettrait d'économiser en moyenne de 20 % à 50 % de la consommation électrique de l'appareil (Freezer Challenge, 2023). Qui plus est, ce changement de pratique a un effet positif sur la longévité des congélateurs (UBC, 2021).

B. Solutions et initiatives

À l'Université McGill, la campagne *Shut your Sash!* (« Ferme ta hotte ! ») incite les usagères et usagers de 25 laboratoires à éteindre leurs hottes lorsqu'elles sont inutilisées, ce qui permet de réduire d'environ 77 % la consommation énergétique de ces équipements (Neseliler, 2013). Pour les congélateurs, une initiative internationale, le *North American Laboratory Freezer Challenge*, a mobilisé la participation de plus de 200 laboratoires et a permis une épargne de 2,7 millions de kWh pour l'année 2017 (Freezer Challenge, 2023), soit la consommation annuelle de 150 personnes résidant au Québec.

C. Recommandations

Les recommandations 1, 4 et 9 sont liées aux enjeux soulevés dans cette section.

5. Matériel et matières résiduelles

A. Impacts environnementaux

Les activités de recherche, particulièrement dans les domaines des sciences de la santé et des sciences naturelles, requièrent l'utilisation de technologies sophistiquées et d'une grande quantité de matériel de laboratoire, incluant de nombreux articles à usage unique. Plusieurs membres de la relève consultés déplorent l'omniprésence du matériel à usage unique.

À titre d'exemple, une étude menée à l'Université d'Exeter (Royaume-Uni) a montré que le département de biosciences a consommé 267 tonnes de plastique pendant l'année 2014. Cela équivaut à 5,7 millions de bouteilles de plastique d'une capacité de 2 litres. L'équipe ayant réalisé cette étude a également estimé que les déchets de plastique générés pour la recherche dans les domaines de la biologie, de la médecine et de l'agriculture atteignaient 5,5 millions de tonnes en 2014, une quantité égale à 83 % du plastique recyclé à travers le monde en 2012 (Urbina *et al.*, 2015).

Outre l'impact environnemental de la dégradation des plastiques dans les écosystèmes, une étude publiée en 2020 a montré que 60 % à 95 % de l'empreinte carbone des tests réalisés en laboratoire de pathologie était due à la consommation énergétique encourue lors de la production du matériel utilisé pour la collecte des échantillons, ainsi que la consommation d'électricité et d'eau pour les analyses de laboratoire (McAlister *et al.*, 2020).

Le matériel de plastique est généralement perçu comme peu coûteux et plus pratique que la verrerie. Il est souvent impossible de recycler le plastique en raison de son contact avec des produits biologiques ou chimiques et parce qu'il n'est souvent pas identifié par un chiffre indiquant le type de plastique les composant, ce qui les rend non recyclables par les centres de tri (Choi, 2021). Présentement, les plastiques contaminés sont autoclavés et jetés (Kuntin, 2018).

Au Québec, différentes règles institutionnelles (notamment la règle du plus bas soumissionnaire) font obstacle au choix d'entreprises et de produits plus écoresponsables. La pression à la production de résultats scientifiques est cependant le frein le plus important au recyclage des matières plastiques en laboratoire, les procédés de recyclage et le nettoyage de la verrerie étant perçus comme trop chronophages, ce qui est démobilisateur dans un contexte de changement de pratiques (Kuntin, 2018). La relève consultée soulève toutefois que le lavage du matériel nécessite souvent moins de temps que plusieurs pourraient le croire.

Finalement, notons aussi l'impact écologique associé aux équipements de laboratoire de haute pointe, utilisés en particulier en sciences naturelles et en sciences de la santé. Des membres de la communauté de recherche partagent l'observation que du matériel non nécessaire est souvent acheté simplement pour dépenser la totalité des subventions arrivant

à échéance. Ils remarquent aussi un certain protectionnisme vis-à-vis des équipements procurés par chaque groupe de recherche à partir de leurs subventions. Il arrive ainsi que des personnes tiennent à garder leurs équipements dans leur propre laboratoire, même lorsqu'inutilisé, ce qui nuit au partage entre collègues, bien que ce serait plus écoresponsable.

B. Solutions et initiatives

Le *Guide d'écoresponsabilité en recherche* publié en 2020 par l'Université de Sherbrooke met de l'avant une priorisation de l'utilisation de matériel réutilisable (la verrerie plutôt que le plastique). Le matériel écologique (réutilisable, recyclable ou compostable) étant souvent plus dispendieux que le matériel traditionnel, le guide invite les laboratoires à faire des commandes groupées afin d'avoir accès à des prix avantageux et de diminuer la fréquence des livraisons. Les achats groupés engendrent parfois cependant l'effet contraire, puisque les compromis nécessaires pour satisfaire tous les laboratoires peuvent abaisser les standards d'écoresponsabilité.

En ce qui a trait aux équipements de laboratoire, la centralisation des ressources de plusieurs laboratoires pourrait permettre la mise en œuvre d'un service efficace pour la gestion et l'entretien de la verrerie. Certaines initiatives comme la plateforme *Second Cycle* facilitent la revalorisation de vieux équipements de recherche entre les institutions.

C. Recommandations

8. Offrir une plus grande flexibilité dans l'utilisation des fonds associés à des demandes de subvention. Ceci inclut une réduction des contraintes sur le type de dépense associé à chaque subvention (p. ex. les fonds destinés à des voyages ou à l'achat de matériel peuvent être utilisés à d'autres fins).

Priorité **modérée**

S'adresse aux **FRQ** et aux **établissements postsecondaires**

9. Valoriser et faciliter la dépense écoresponsable des fonds de recherche.

Par exemple:

- a. La sobriété des équipements, incluant l'utilisation de matériel usagé;
- b. La combinaison de plusieurs déplacements aériens en un seul voyage, incluant les voyages d'ordre personnel;
- c. Le déplacement des reliquats de subvention à une année subséquente.

Priorité **modérée**

S'adresse aux **FRQ** et aux **établissements postsecondaires**

Les recommandations 1, 4 et 6 concernent aussi ces enjeux.

6. Sensibilisation

Nous souhaitons clore ces constats sur l'impact environnemental des activités de recherche en présentant une série de recommandations portant sur la sensibilisation. Rappelons que son importance pour favoriser les changements de pratiques a été identifiée dans la section 2.

A. Recommandations

10. Dans les programmes offrant du financement pour l'organisation d'événements, modifier les règles de programme afin d'encourager fortement les récipiendaires à organiser ces événements selon de hauts standards d'écoresponsabilité.

Haute priorité
S'adresse aux **FRQ**

a. Ajouter une liste de critères menant à l'écoresponsabilisation d'un événement et établir un seuil à respecter (p. ex., offrir une formule hybride afin de limiter le transport des participantes et des participants, prévoir des repas limitant les matières résiduelles).

11. Sensibiliser les chercheuses et les chercheurs à l'impact environnemental de leurs activités de recherche.

Haute priorité
S'adresse aux **FRQ** et aux **établissements postsecondaires**

Pour ce faire, les moyens suivants pourraient être utilisés :

- Diffusion d'exemples d'alternatives écoresponsables;
- Préparation de guides de bonnes pratiques pour les boursières et boursiers et les chercheuses subventionnées et chercheurs subventionnés, aussi rendus disponibles à l'ensemble de la communauté de recherche;
- Publication de contenu à ce sujet sur les plateformes médiatiques des FRQ (médias sociaux, infolettres) et lors des événements des FRQ.

7. Relève

La relève en recherche est particulièrement intéressée à adopter des pratiques de recherche plus écoresponsables. Cependant, elle est touchée par des barrières qui lui sont propres, qui découlent entre autres des impacts que peut avoir l'adoption de certaines pratiques sur sa carrière. Des pistes de réflexion entourant ces enjeux propres à la relève en recherche sont présentées dans cette section.

A. Les freins au changement

La culture académique

La relève consultée est d'avis que les principaux freins à l'écoresponsabilisation du milieu de la recherche relèvent de mentalités et de discours qui dominant dans la communauté de recherche. De manière générale, un manque d'ouverture vis-à-vis de pratiques plus écoresponsables amène la relève à craindre les conséquences sociales ou professionnelles de la mise en œuvre de certaines pratiques. La plupart de ces craintes sont liées à l'effet de ces nouvelles pratiques sur la productivité, très prônée en recherche. Par exemple, les déplacements sont fortement valorisés par certaines directions de recherche et dans certains domaines, qui les voient comme une façon d'enrichir le CV de la relève. Par souci de compétitivité, l'écoresponsabilité est alors reléguée au second plan. La création d'un comité d'écoresponsabilité dans les centres de recherche ou dans les départements est une solution proposée par la relève afin de normaliser le discours portant sur les pratiques de recherche écoresponsables.

Un frein important identifié par la relève consultée se situe au niveau institutionnel. Plusieurs signalent que les règles entourant les remboursements empêchent souvent de faire des choix

écoresponsables, entre autres lorsqu'ils sont plus coûteux comme dans le cas des moyens de transport terrestres plutôt qu'aériens. Du côté des laboratoires, il est noté que la verrerie, très coûteuse initialement, se rentabilise après une certaine période d'utilisation. Pourtant, le recours au plastique est souvent justifié par son moindre coût à l'achat. En général, il est noté que le manque de flexibilité des politiques institutionnelles dissuade souvent les chercheuses et les chercheurs souhaitant écoresponsabiliser leurs pratiques.

Les habitudes

D'après certaines personnes consultées, le plus grand frein à l'écoresponsabilisation demeure le confort et les habitudes solidement ancrées chez les chercheuses et les chercheurs, ce qui suggère un plus grand besoin de sensibilisation. Plusieurs se questionnent sur les conséquences écologiques de leurs diverses activités de recherche, entre autres au chapitre de l'utilisation de ressources computationnelles ou de technologies de pointe. La relève mentionne en ce sens que les ressources disponibles au sein des institutions, pouvant par exemple accompagner les laboratoires dans leur changement de pratiques, sont trop souvent méconnues.

L'efficacité, réelle ou perçue, des pratiques moins écologiques nuit aussi à leur remplacement. Certains soulignent le temps gagné par l'utilisation de matériel jetable, alors que d'autres mentionnent que l'entretien des instruments réutilisables prend beaucoup moins de temps qu'il n'y paraît.

Réduire le transport

Par rapport au transport, la relève consultée semble motivée à agir. Plusieurs membres de la relève consultée soulèvent toutefois l'importance du réseautage lors des conférences, qui ne devraient être toutes remplacées par des participations virtuelles. La relève soulève aussi que les déplacements liés à la collecte de données sont difficiles à éviter et certains membres proposent que les collaborations internationales ou locales soient mises à profit afin de partager les données plutôt que de faire sans cesse de nouvelles collectes. La relève consultée souligne cependant ne pas avoir l'autorité nécessaire pour initier un tel changement dans les groupes de recherche. Certaines personnes soulignent finalement que le temps épargné par les transports aériens facilite la conciliation des déplacements et des responsabilités familiales.

B. Les impacts

En résumé, l'adoption de pratiques écoresponsables pourrait affecter la relève de plusieurs manières :

1. Une réduction des déplacements internationaux peut entraîner :
 - a. Une diminution des occasions de réseautage, ce qui peut causer une baisse des opportunités de collaborations et d'emplois futurs;
 - b. Une récolte de données plus succincte;
 - c. Une réduction de la liste et de l'internationalité des événements de mobilisation des connaissances dans le CV, avec les effets décrits au point 3.
2. L'utilisation de méthodes de laboratoire plus lentes mais plus écologiques (lavage et recyclage de matériel, etc.) entraîne un ralentissement dans le rythme de création de résultats, avec les effets décrits au point 3.

3. Les points 1c et 2 peuvent :
 - a. Affecter négativement l'évaluation de son dossier lors de demandes de bourses, de subventions, ainsi que lors d'embauche ou de promotion.
 - b. Affecter la perception des compétences en recherche et de l'intérêt pour une carrière académique du membre de la relève par son comité de supervision ou par ses collaboratrices et collaborateurs, ce qui peut mener à un plus faible soutien et à moins de propositions d'opportunités.

Ainsi, bien que la relève en recherche soit plus motivée à faire des choix écoresponsables, elle passera encore par plusieurs processus d'évaluation. Elle est donc plus touchée par ces impacts que les membres de la communauté de recherche plus établie. Les impacts sur la relève mentionnés précédemment peuvent être classés en deux catégories : ceux affectant la qualité de leur recherche et ceux, plus systémiques et liés à la culture académique, qui affectent l'avancement de leur carrière. Nos recommandations se concentrent sur les pratiques qui ont des impacts dans la deuxième catégorie. Il s'agit donc de réfléchir à la notion d'excellence en recherche, afin de ne pas pénaliser les chercheuses et chercheurs qui tiennent compte de l'impact environnemental de leurs activités. Cette révision va dans le sens des démarches entamées par les FRQ dans les dernières années en matière d'actualisation de la notion d'excellence en recherche (CIE, 2022).

C. Recommandations

12. Encourager les personnes préparant des demandes de subvention et de bourse à inscrire dans la section « autres circonstances » les impacts que des choix écoresponsables auraient pu avoir sur leur dossier.

Haute priorité
S'adresse aux FRQ

a. Bonifier la liste d'exemples de circonstances en conséquence.

b. Bonifier la formation et la documentation existantes à l'intention des comités d'évaluation, afin que le processus d'évaluation soit conséquent de ce changement. Ceci inclut une formation visant la correction des biais des chercheuses et des chercheurs.

La recommandation 6 est liée aux enjeux soulevés dans cette section.

Conclusion

Ce rapport présente les impacts importants qu'ont les activités de recherche sur l'environnement, en particulier ceux des transports aériens associés aux conférences, de l'utilisation de plastique à usage unique dans les laboratoires, et de la forte consommation énergétique requise par les calculs numériques à haute intensité. Nous avons présenté des manières de réduire certains impacts sans affecter la qualité de la recherche. Nous avons aussi montré qu'une partie considérable des impacts écologiques provient d'activités qui ne servent pas la science, mais plutôt le maintien d'une certaine culture académique.

Les recommandations adressées aux FRQ ainsi qu'aux établissements québécois de recherche et d'enseignement visent à réduire les barrières qui empêchent les membres de la communauté de recherche d'améliorer le bilan environnemental de leurs activités, ainsi qu'à utiliser la sensibilisation pour amener l'ensemble de la communauté vers les changements exigés par le contexte de la crise climatique.

Nous avons vu comme autant la littérature scientifique que la communauté de recherche considère que les organismes subventionnaires jouent un rôle particulièrement important dans la mise en place de pratiques plus écoresponsables en recherche. La communauté consultée juge que les règles et les critères d'évaluation des organismes subventionnaires ont une influence déterminante sur la façon dont le monde académique perçoit les qualités d'une personne réalisant de la recherche, donc sur les façons dont la recherche est réalisée.

Si la relève en recherche adopte des pratiques de recherche plus écoresponsables malgré leurs conséquences sur sa carrière, c'est qu'elle considère que la préservation de l'environnement et la lutte aux changements climatiques doivent primer sur les impératifs de production scientifique exigés par l'actuelle culture académique. Dans un contexte où l'urgence climatique appelle une transition écologique forte et rapide dans l'ensemble des secteurs d'activités, et considérant la responsabilité accrue du milieu de la recherche de par son niveau de connaissance et son financement public, il faut reconnaître la valeur morale, voire la nécessité, de mettre en œuvre de nouvelles pratiques et de réfléchir aux manières de ne pas défavoriser les individus qui prennent les devants en ce sens.

Remerciements (en ordre alphabétique)

Le CIE tient à souligner l'apport de personnes ayant contribué, directement ou indirectement, aux différentes étapes de la production de ce rapport et des réflexions qui le sous-tendent :

Yves-Marie Abraham

Judith Beaudoin

Manon Boiteux

Audrey Boivin

Elizabeth Cazeault

Patrick Cigana

Sandrine Desforges

Daniel Forget

Anastasia Konina

Olivier Léogane

Valérie Nantais-Martin

Olivier Riffon

Luc Stafford

Luc Surprenant

Alain Webster

Seth Wynes

Références

- Achten, W. M., Almeida, J., & Muys, B. (2013). Carbon footprint of science: More than flying. *Ecological indicators*, 34, 352-355.
- Amodei, D. & Hernandez, D. (2018). AI and Compute. *OpenAI*, <https://openai.com/blog/ai-and-compute/>, page consultée le 14 janvier 2023.
- Arsenault, J., Talbot, J., Boustani, L., Gonzalès, R., & Manaugh, K. (2019). The environmental footprint of academic and student mobility in a large research-oriented university. *Environmental Research Letters*, 14(9), 095001.
- Attari, S. Z., Krantz, D. H., & Weber, E. U. (2016). Statements about climate researchers' carbon footprints affect their credibility and the impact of their advice. *Climatic Change*, 138, 325-338.
- Babcock, H. M. (2009). Global Climate Change: A Civic Republican Moment for Achieving Broader Changes in Environmental Behavior. *Pace Envtl. L. Rev.*, 26, 1.
- Burtscher, L., Barret, D., Borkar, A. P., Grinberg, V., Jahnke, K., Kendrew, S., ... & McCaughrean, M. J. (2020). The carbon footprint of large astronomy meetings. *Nature Astronomy*, 4(9), 823-825, <https://doi.org/10.1038/s41550-020-1207-z>
- Burtscher, L., Dagleish, H., Barret, D., Beuchert, T., Borkar, A., Cantalloube, F., ... & Willebrands, M. (2021). Forging a sustainable future for astronomy. *Nature Astronomy*, 5(9), 857-860.
- Chalvatzis, K., & Ormosi, P. L. (2020). The carbon impact of flying to economics conferences: is flying more associated with more citations?. *Journal of Sustainable Tourism*, 29(1), 40-67.
- Choi, G. (2021). Toward Zero Waste—A Study In Reducing And Managing Lab Waste. Master's thesis, University of Calgary.
- Ciers, J., Mandic, A., Toth, L. D., & Veld, G. O. (2018). Carbon Footprint of Academic Air Travel : A Case Study in Switzerland. *Sustainability, MDPI*, 11(1).
- Cigana, P. (2023). Sondage sur les déplacements professionnels – résultats. Polytechnique Montréal, 9 mars 2023.
- Comité intersectoriel étudiant. (2022). L'excellence décortiquée : pluralité, diversité et enjeux d'évaluation. https://frq.gouv.qc.ca/app/uploads/2023/01/rapport-excellences_cie_version-publique.pdf
- Comité intersectoriel étudiant. (2020). Sondage sur la mobilisation des connaissances. Rapport non public.
- Cluzel, F., Vallet, F., Leroy, Y., & Rebours, P. (2020). Reflecting on the environmental impact of research activities: an exploratory study. *Procedia CIRP*, 90, 754-758.
- Cohen, S., Hanna, P., Higham, J., Hopkins, D., & Orchiston, C. (2020). Gender discourses in academic mobility. *Gender, Work & Organization*, 27(2), 149-165.
- Direction générale de l'action pour le climat (DG CLIMA). (10 mars 2017). On 3 April 2017 the European Commission will release verified EU ETS emissions data and compliance information for 2016. *Commission européenne*. https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/3-april-2017-european-commission-will-release-verified-eu-ets-emissions-data-and-compliance-2017-03-10_fr

Ducoulombier, F. (2021). Understanding the Importance of Scope 3 Emissions and the Implications of Data Limitations. *The Journal of Impact and ESG Investing*, 1(4) 63-71.

Fédération des associations étudiantes du campus de l'Université de Montréal (FAECUM). (2021). La transition écologique de l'Université de Montréal. <https://www.faecum.qc.ca/ressources/documentation/avis-memoires-recherches-et-positions-1/la-transition-ecologique-de-l-universite-de-montreal>

Freezer Challenge (2023). International Laboratory Freezer Challenge, www.freezerchallenge.org (page consultée le 5

Fox, H. E., Kareiva, P., Silliman, B., Hitt, J., Lytle, D. A., Halpern, B. S., ... & Tallis, H. (2009). Why do we fly? Ecologists' sins of emission. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(6), 294-296.

Groupe d'experts intergouvernemental sur le climat (GIEC). (2018). Annexe I : Glossaire [Matthews, J.B.R. (éd.)]. Dans : Réchauffement planétaire de 1,5 °C, Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté [publié sous la direction de V. Masson-Delmotte *et al.*]. Sous presse.

Gilly, Q. (2010). Energy reduction potential in lab equipment Harvard Green Labs Case Studies. Cambridge, MA : Harvard University.

Hydro-Québec. (2022). *Plan stratégique 2022-2026*, <https://www.hydroquebec.com/a-propos/plan-strategique.html>

Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations, a global, trade-linked analysis. *Environ. Sci. Technol.* 43, 6414–6420.

Jäckle, S. (2021). Reducing the Carbon Footprint of Academic Conferences by Online Participation: The Case of the 2020 Virtual European Consortium for Political Research General Conference. *PS: Political Science & Politics*, 54(3), 456-461. doi:10.1017/S1049096521000020

Jiang, M., Wang, H., & Li, M. (2019). Linking empowering leadership and organizational citizenship behavior toward environment: The role of psychological ownership and future time perspective. *Frontiers in psychology*, 10, 2612.

Jutras, M. (16 décembre 2020). Sensibilisation sensible : les voyages en avion des scientifiques. Magazine de l'Acfas. <https://www.acfas.ca/publications/magazine/2020/12/engagement-social-sensibilisation-sensible-voyages-avion-scientifique>

Kalmus, P. (2017). *Being the Change: Live Well and Spark a Climate Revolution*, New Society Publishers.

Kiran, A. H., Oudshoorn, N., & Verbeek, P. P. (2015). Beyond checklists: toward an ethical-constructive technology assessment. *Journal of responsible innovation*, 2(1), 5-19.

Kollmuss, A., Schneider, L., & Zhezherin, V. (2015). *Has Joint Implementation reduced GHG emissions?: Lessons learned for the design of carbon market mechanisms*. Stockholm Environment Institute. <http://www.jstor.org/stable/resrep02794>

Kreil, A. S. (2021). Does flying less harm academic work? Arguments and assumptions about reducing air travel in academia. *Travel Behaviour and Society*, 25, 52-61.

Kuntin, D. (2018). How to reduce your lab's plastic waste. *The Biologist*, 4, 28-31.

Labos1point5. (2022). Réduire l'empreinte de nos activités de recherche sur l'environnement, <https://labos1point5.org/>, page consultée le 10 janvier 2023.

Lee, D. S., Fahey, D. W., Forster, P. M., Newton, P. J., Wit, R. C., Lim, L. L., ... & Sausen, R. (2009). Aviation and global climate change in the 21st century. *Atmospheric environment*, 43(22-23), 3520-3537.

Le Quéré, C., Capstick, S., Corner, A., Cutting, D., Johnson, M., Minns, A., ... & Wood, R. Towards a culture of low-carbon research for the 21st century, <https://tyndall.ac.uk/about/travel-strategy/>, document de travail consulté le 11 janvier 2023.

Ligozat, A. L., Névéal, A., Daly, B., & Frenoux, E. (2020). Ten simple rules to make your research more sustainable. *PLoS Computational Biology*, 16(9), e1008148.

Lund University Centre for Sustainability Studies. (11 décembre 2018). LUCSUS Travel Policy, https://www.lucsus.lu.se/sites/lucsus.lu.se/files/lucsus_travel_policy.pdf, politique adoptée le 11 décembre 2018.

McAlister, S., Barratt, A. L., Bell, K. J., & McGain, F. (2020). The carbon footprint of pathology testing. *Medical journal of Australia*, 212(8), 377-382.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). (2022). *Le système québécois de plafonnement et d'échange de droits d'émission en bref*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/carbone/documents-spede/en-bref.pdf>

MyClimate. (2023). *Que sont les équivalents CO₂ ?* <https://www.myclimate.org/fr/sinformer/faq/faq-detail/que-sont-les-equivalents-co2/>, page consultée le 8 mars 2023.

National Science Foundation (NSF). (2021). *Proposal and Award Policies and Procedures Guide*. https://www.nsf.gov/pubs/policydocs/pappg22_1/nsf22_1.pdf

Neseliler, S. (2013). *Shut you sash!*. McGill University. <https://www.mcgill.ca/sustainability/sp0041-shut-your-sash>

Pasek, A. (2020). Low-Carbon Research: Building a Greener and More Inclusive Academy. *Engaging Science, Technology, and Society* 6, 34–8. doi:10.17351/ests2020.363

Perron, F., Tanguay, M. et Leroux, R. (2020). Enquête : la vérité sur les « crédits » carbone. *Protégez-vous*.

Portegies Zwart, S. (2020). The ecological impact of high-performance computing in astrophysics. *Nat Astron* 4, 819–822. <https://doi.org/10.1038/s41550-020-1208-y>

Ressources naturelles Canada. (2022). Carbone forestier. <https://www.rncan.gc.ca/changements-climatiques/changements-climatiques/carbone-forestier/13086>

Sarabipour, S., Khan, A., Seah, Y. F. S., Mwakilili, A. D., Mumoki, F. N., Sáez, P. J., ... & Mestrovic, T. (2021). Changing scientific meetings for the better. *Nature Human Behaviour*, 5(3), 296-300. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01067-y>

Schmidt, A. (2022). University air travel and greenhouse gas mitigation: An analysis of higher education climate policies. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.

Schrems, I., & Upham, P. (2020). Cognitive dissonance in sustainability scientists regarding air travel for academic purposes: a qualitative study. *Sustainability*, 12(5), 1837.

Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N., & Etzioni, O. (2020). Green AI. *Communications of the ACM*. 63. 54-63. 10.1145/3381831.

Skiles, M., Yang, E., Reshef, O., Muñoz, D. R., Cintron, D., Lind, M. L., ... & Kumar, M. (2021). Conference demographics and footprint changed by virtual platforms. *Nature Sustainability*, 5(2), 149-156. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00823-2>

Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2020). Energy and Policy Considerations for Modern Deep Learning Research. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 34(09), 13693-13696. 10.48550/ARXIV.1906.02243.

Struck, D. (2010). Buying carbon offsets may ease eco-guilt but not global warming. *The Christian Science Monitor*. <https://www.csmonitor.com/Environment/2010/0420/Buying-carbon-offsets-may-ease-eco-guilt-but-not-global-warming>

Tangwanichagapong, S., Nitivattananon, V., Mohanty, B., & Visvanathan, C. (2017). Greening of a campus through waste management initiatives: Experience from a higher education institution in Thailand. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.

Tiew, K. G., Basri, N. E. A., Deng, H., Watanabe, K., Zain, S. M., & Wang, S. (2019). Comparative study on recycling behaviours between regular recyclers and non regular recyclers in Malaysia. *Journal of environmental management*, 237, 255-263.

Torres-Pereda, P., Parra-Tapia, E., Rodríguez, M. A., Félix-Arellano, E., & Riojas-Rodríguez, H. (2020). Impact of an intervention for reducing waste through educational strategy: A Mexican case study, what works, and why?. *Waste management*, 114, 183-195.

University of British Columbia (UBC). (2021). *UBC Climate Action Plan 2030*. <https://planning.ubc.ca/cap2030>

University of British Columbia (UBC). (2021). *2021-22 Annual Sustainability Report*. <https://sustain.ubc.ca/about/plans-policies-and-reports/2021-22-annual-sustainability-report>

Union étudiante du Québec (UEQ), (2021). *L'impact environnemental des universités*. <https://unionetudiante.ca/download/avis-limpact-environnemental-universites/>

Université de Neuchâtel. (s. d.). Déplacements professionnels, <https://www.unine.ch/durable/deplacements-professionnels>, page consultée le 12 janvier 2023.

Université de Sherbrooke. (s. d.). *Guide d'écoresponsabilité en recherche*. <https://www.usherbrooke.ca/developpement-durable/etudes-et-recherche/recherche/guide-ecoresponsabilite-en-recherche>

Urbina, M. A., Watts, A. J., & Reardon, E. E. (2015). Labs should cut plastic waste too. *Nature*, 528(7583), 479-479.

United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2008. "WaterSense, Indoor Water Use in the U.S." January 1. <http://www.epa.gov/WaterSense/pubs/indoor.html>

van Ewijk, S., & Hoekman, P. (2021). Emission reduction potentials for academic conference travel. *Journal of Industrial Ecology*, 25(3), 778-788.

Vernet, C. (18 septembre 2022). Comment fonctionne la compensation carbone? Radio-Canada. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1912438/credits-compensatoires-compensation-reduire-emission-co2>

Wynes, S., Donner, S. D., Tannason, S., & Nabors, N. (2019). Academic air travel has a limited influence on professional success. *Journal of cleaner production*, 226, 959-967.

Yuriev, A., Boiral, O. & Talbot, D. (2021). Is there a place for employee-driven pro-environmental innovations? The case of public organizations, *Public Management Review*, DOI: 10.1080/14719037.2021.1900350

Yuriev, A., Dahmen, M., Paillé, P., Boiral, O., & Guillaumie, L. (2020). Pro-environmental behaviors through the lens of the theory of planned behavior: A scoping review. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104660.

Yuriev, A., Boiral, O., Francoeur, V., & Paillé, P. (2018). Overcoming the barriers to pro-environmental behaviors in the workplace: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 182, 379-394.

Zeferina, V., & Hoolohan, C. (2022, April). Academic aeromobility post-COVID 19. In *Academic aeromobility: post-pandemic*. Tyndall Centre.

Annexe I - Initiatives englobantes et accréditations

Certifications des établissements d'enseignement et classements internationaux

De nombreuses certifications permettent aux établissements postsecondaires d'évaluer leur performance en fonction de critères d'écoresponsabilité, voire de la comparer à celle d'autres établissements. Selon un intervenant consulté par le CIE, ces certifications ont l'avantage de délimiter un cadre externe, alors que définir ses propres standards rendrait facile pour les institutions de féliciter leurs propres actions. Il a été démontré qu'elles favorisent la mise en place d'actions concrètes dans le contexte universitaire, agissant comme cadre structurant dans la mise en place de stratégies de transition (FAECUM, 2021). Parmi les certifications et les classements les plus connus, on retrouve notamment la certification *Sustainability Tracking, Assessment and Ranking System* (STARS) de l'*Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education* (AASHE) et le classement *Impact* du *Times Higher Education* (THE). STARS considère l'environnement bâti, le cursus, l'engagement sur le campus et les opérations des universités, alors que THE se fie aux 17 objectifs de développement durable des Nations unies. En ce qui concerne les activités de recherche, la certification STARS valorise le libre accès et le contrôle des émissions de gaz à effet de serre, par exemple en lien avec le transport. Ces certifications, qui dans leur ensemble ne ciblent pas spécifiquement les activités de recherche, sont peu efficaces pour évaluer les progrès réalisés directement en lien avec ces activités.

Certifications spécifiques aux laboratoires de recherche

Il existe toutefois des certifications plus directement liées au milieu de la recherche, notamment aux pratiques déployées en laboratoire. Aux États-Unis, la certification *GreenLabs*¹ attribue une note aux laboratoires en fonction de 14 critères : recyclage et réduction des déchets, gestion des ressources, achats, chimie et biologie vertes, eau, utilisation d'électricité, hottes d'évacuation d'air, entreposage réfrigérant, équipement de laboratoire, utilisation d'énergie des infrastructures, travail de terrain, recherche animale, et voyages. Au Royaume-Uni, le programme LEAF² offre des calculatrices, des boîtes à outils et des ressources, avec des scores associés à différents niveaux d'action. S'inspirant de ces initiatives, des employées et des employés de l'Université de Montréal ont développé, en 2013, la certification MON ÉCOLABO. Celle-ci vise à fournir des outils simples pour permettre une gestion plus écoresponsable des laboratoires, sans compromettre leurs objectifs. À la suite d'une évaluation du laboratoire, un plan d'action est élaboré en tenant compte des voies d'amélioration identifiées. Les recommandations concernent notamment la gestion des produits chimiques (achat, entreposage, manipulation, gestion des déchets), la gestion des infrastructures (chauffage et air climatisé, éclairage, eau) et la gestion des équipements scientifiques (consommation énergétique). Les classifications permettent des compétitions conviviales entre les laboratoires, comme c'est le cas à l'Université de Waterloo, qui a créé un *Leaderboard* félicitant ses trois laboratoires les plus respectueux de l'environnement. Le collectif français Labos 1point5, qui se consacre à la réduction de l'impact environnemental de la recherche, offre aussi aux laboratoires et centres de recherche un outil de calcul de GES spécifiquement adapté à la recherche, sans donner de score officiel aux laboratoires comme le ferait un programme de certification.

Autres initiatives englobantes

Afin de tendre vers la carboneutralité, jusqu'à 50 % des universités se tournent vers l'achat de compensations carbone, pour faire contrepoids aux émissions associées au fonctionnement de base de leurs bâtiments (chauffage, électricité) ou aux déplacements professionnels (Schmidt, 2022). Il importe néanmoins de rappeler que les compensations carbone ne peuvent pas remplacer toutes les émissions actuelles, et plusieurs crédits disponibles sont en fait peu fiables, incluant plusieurs programmes de plantation d'arbres (Kalmus 2017).

Au niveau des organismes subventionnaires, les FRQ se situent parmi les agences les plus avant-gardistes, notamment en raison de leur exigence d'une autoévaluation des risques environnementaux. Pour sa part, la National Science Foundation (NSF) aux États-Unis prend en considération les impacts environnementaux de la recherche avant d'attribuer une subvention. L'évaluation des impacts environnementaux repose, en partie, sur les informations fournies par les chercheuses et chercheurs (NSF 2021). Au Royaume-Uni, la *UK Research and Innovation* est en train de mettre en œuvre une méthode d'évaluation de la durabilité environnementale des projets financés. Ses objectifs incluent la réduction des besoins en déplacements et l'adoption de normes communes de gestion de la consommation d'énergie pour les activités informatiques externalisées. Si l'on considère que l'accélération du rythme de recherche contribue à l'augmentation de l'impact environnemental qui y est associé, on peut également souligner l'initiative du Scientifique en chef de l'Australie visant la diminution du poids des publications dans l'évaluation des demandes de subvention. L'impact et l'engagement de la recherche proposée sont valorisés davantage afin d'encourager une recherche plus lente, mais de plus grande qualité.

L'émergence de meilleures pratiques ne se fait pas seule. Une façon de les développer est d'encourager la recherche portant sur ces pratiques. Un chercheur consulté mentionne que le fait de réfléchir à l'écoresponsabilité stimule la recherche, faisant émerger de nouvelles questions nécessitant réflexions et données probantes. En ce sens, la stratégie environnementale 2020-2025 de l'Université McGill met de l'avant le concept du « Living Lab » qui consiste, entre autres, à favoriser l'étude à même le campus des mesures permettant de lutter contre les changements climatiques. La plus récente stratégie environnementale de l'Université de Waterloo inclut la création d'une base de données identifiant les besoins à combler ainsi que les connaissances manquantes en lien avec les enjeux environnementaux. Cette ressource a pour but d'inciter les chercheuses et chercheurs à opter pour des thématiques de recherche permettant de répondre à ces besoins le plus efficacement possible.

Annexe II - Guide d'entrevue (expertes et experts)

Objectifs de ces entrevues : Avoir une vision plus qualitative et contextualisée des pratiques de recherche écoresponsables dans le contexte québécois, afin de compléter la revue de la littérature.

- Questions essentielles en gras en cas de manque de temps lors des entrevues. Les sous-questions ne seront pas posées systématiquement, et seront plutôt abordées afin de réaligner la question au besoin.

Catégories (4)

A) Généralement, quels sont les rôles des instances en recherche vis-à-vis des pratiques écoresponsables en recherche

- 1. Quels sont le rôle et l'implication des diverses instances du milieu de la recherche face aux pratiques de recherche écoresponsables, incluant celles touchant les changements climatiques ? (Universités, centres de recherche, organismes subventionnaires, etc.)**
 - a. On s'intéresse ici aux pratiques entourant la démarche de recherche, incluant les activités de mobilisation des connaissances, et non au choix des thématiques ou sujets de recherche en tant que tels.
- 2. (Profs) Quelle est la perception des gens de votre milieu sur les pratiques de recherche écoresponsables, ou sur l'implication des chercheuses et chercheurs sur cette question ?**
 - a. Quelle est la perception de la communauté scientifique qui vous entoure ? Pour tâter (i) quel genre de mesure ou niveau de contrainte le milieu est prêt à recevoir et (ii) si c'est mieux si ça vient d'en haut ou d'en bas.

B) Bonnes pratiques

- 3. Y a-t-il des bonnes pratiques de recherche écoresponsables dans votre institution que vous voudriez partager ?**
 - a. Qu'est-ce qui a fait qu'elles fonctionnent bien ?
 - b. Qu'est-ce qui a fait qu'elles durent dans le temps ?
 - c. Qu'est-ce qui fait qu'elles sont appliquées (au-delà du plan écrit) ?
- 4. Avez-vous entendu parler d'autres bonnes pratiques écoresponsables en recherche qui vous semblent pertinentes ? (Mêmes sous questions)**
 - a. Y a-t-il des pratiques actuelles en recherche qui pourraient être revues pour être plus écoresponsables, que ce soit dans les universités, les groupes de recherche ou les organismes subventionnaires ?

Liste d'aspects à considérer pour répondre à ces questions :

- Déplacements (en général et pour des congrès)
- Laboratoires (déchets, énergie, achat de matériel)
- Ressources informatiques
- Gestion des fonds de recherche (p. ex. achat de matériel non essentiel résultant de reliquats de subvention)

C) Freins à la mise en place de pratiques écoresponsables

- 5. Quels sont les freins à la mise en place de pratiques écoresponsables spécifiques dans le milieu de la recherche ?**

- a. Y a-t-il des règles (provenant des niveaux institutionnel, subventionnaire, organisationnel, etc.) qui empêchent la mise en place de certaines pratiques ?
 - b. Est-ce que les cultures des organisations, des groupes de recherche, ou encore le climat au sein d'équipes, peuvent empêcher la mise en place de certaines pratiques écoresponsables (généralement et pour la relève) ?
6. Selon vous, quels sont les impacts de l'adoption de pratiques de recherche plus écoresponsables sur le cheminement académique ?
- a. Quelle est votre perception de l'impact de ces pratiques sur la relève et sur leur dossier ?
 - b. Selon vous, la relève a-t-elle d'autres craintes à adopter des pratiques écoresponsables ?

D) Rôle de la relève

7. Selon vous, la relève scientifique a-t-elle un rôle particulier dans la lutte aux changements climatiques ?
- a. Quel est l'impact d'une sensibilisation aux pratiques écoresponsables en recherche dès l'entrée dans le milieu de la recherche ?
 - b. Quels changements de pratiques touchent spécifiquement la relève ? Quels changements de pratique pourraient être mis en place par la relève ?

Annexe III - Guide d'entrevue (consultation de la relève étudiante)

OBJECTIFS

- Évaluer l'importance des enjeux environnementaux pour la relève
- Évaluer les pratiques de recherche écoresponsables qui concernent le plus la relève et comment elles l'affectent.

INTRODUCTION

(1) Présentation du CIE

(2) Mentionner que ces consultations servent à animer une réflexion sur les pratiques écoresponsables en recherche, de laquelle émaneront des recommandations pour les FRQ. Le but ici est de tâter le pouls de la relève sur ces questions.

QUESTIONS

Bloc 1 – Importance des enjeux environnementaux

1. En un mot, que ressentez-vous par rapport à la situation environnementale ?

Notes : Peut toucher les aspects personnels et professionnels.

2. Intégrez-vous des considérations environnementales dans vos réflexions entourant vos activités de recherche et votre parcours ?

Bloc 2 – Pratiques écoresponsables

1. Considérez-vous que vos pratiques de recherche ont un impact significatif sur l'environnement ?

2. Comment rendez-vous votre recherche plus écoresponsable ou voudriez-vous le faire ?

Notes : Par exemple, transport, utilisation de matériel et d'énergie, etc., en incluant tout le processus de recherche (génération de résultats et diffusion).

a. Quels sont les freins à la mise en place de certains de ces choix ?

Bloc 3 – Impacts de l'adoption de pratiques écoresponsables

1. Quels sont les impacts (positifs ou négatifs) de l'adoption de pratiques écoresponsables...

a. Sur votre dossier académique ?

b. Sur votre cheminement ?

Question additionnelle (si temps) :

- Est-ce que l'urgence climatique affecte votre capacité à faire de la recherche ?