

Biomasse et carboneutralité

Élaboration d'une grille d'évaluation

État des lieux au Canada

Sommaire exécutif

Décembre 2024



Analyse et rédaction

Roberta Dagher, associée de recherche à l'Institut de l'énergie Trottier et à l'Accélérateur de transition

Normand Mousseau, professeur de physique à l'Université de Montréal, directeur scientifique de l'Institut de l'énergie Trottier et responsable de la filière de transition à l'Accélérateur de transition

Louis Beaumier, directeur exécutif de l'Institut de l'énergie Trottier

Révision

Ayaovi Locoh, associé de recherche à l'Institut de l'énergie Trottier

Laure-Anne Douxchamps, associée de recherche à l'Institut de l'énergie Trottier

Simon Langlois-Bertrand, associé de recherche à l'Institut de l'énergie Trottier

Bruno Gagnon, gestionnaire; **Adetona Adekunbi**, analyste de politiques et leur équipe au Service canadien des forêts, Ressources Naturelles Canada

Philippe Thellen, conseiller stratégique, ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie

La liste des parties prenantes et des spécialistes qui ont participé aux ateliers de travail et/ou ont fourni des commentaires par rapport à la version préliminaire du livre blanc est en Annexe 10.

Révision linguistique et traduction

Sabine Monnin

À propos de l'Institut de l'énergie Trottier (IET)

La création de l'IET a été rendue possible, en 2013, grâce à un don exceptionnel de la Fondation familiale Trottier à Polytechnique Montréal. Depuis, l'IET est de tous les débats énergétiques au pays. À l'origine de grandes réflexions collectives, l'équipe mobilise les savoirs, analyse les données, vulgarise les enjeux et recommande des plans justes et efficaces. Ceci, tout en contribuant à la recherche et à la formation universitaires. Son indépendance lui confère une neutralité essentielle à l'approche collaborative qu'il préconise, facilitant le travail avec les acteurs les plus aptes à faire avancer la transition énergétique, tout en lui permettant d'être librement critique lorsque pertinent.

Alors que le mandat initial d'une durée de dix ans arrivait à échéance, la Fondation familiale Trottier a choisi de renouveler sa confiance à l'égard de l'IET et d'accorder un nouveau don. Constatant la portée des actions et son statut d'incontournable, il a été souhaité de prolonger son mandat. L'équipe pourra ainsi continuer d'offrir des avis fondés sur la science et d'enrichir le dialogue sociétal, afin de faire progresser la façon dont nous produisons, convertissons, distribuons et utilisons l'énergie.

À propos de l'Accélérateur de Transition

L'Accélérateur de Transition (l'Accélérateur) est un organisme caritatif pancanadien qui travaille à susciter des changements positifs et profonds à l'échelle du système global. L'Accélérateur collabore avec des acteurs du domaine de l'innovation pour créer une vision de ce à quoi pourrait ressembler un avenir carboneutre qui serait souhaitable sur les plans social et économique, et pour définir des trajectoires de transition qui permettront au Canada de le concrétiser. L'Accélérateur joue le rôle de moteur, de facilitateur et de multiplicateur de forces pour les coaliser et progresser sur ces trajectoires en dynamisant les facteurs de changement. Notre approche en quatre étapes consiste à comprendre, codévelopper, analyser et progresser des trajectoires de transition crédibles et convaincantes qui nous permettront d'atteindre les objectifs sociétaux et économiques, y compris celui de conduire le pays à la carboneutralité d'ici 2050.

Financement

Pour soutenir le mandat de recherche du Groupe consultatif sur la carboneutralité, ce projet a été réalisé avec le soutien financier du gouvernement du Canada. Le financement a été réalisé par le Fonds d'action et de sensibilisation pour le climat du Fonds pour dommages à l'environnement, administré par Environnement et Changement climatique Canada.

Ce projet a été réalisé avec l'appui financier
du gouvernement du Canada.

This project was undertaken with the financial support
of the Government of Canada.

The logo for the Government of Canada, featuring the word "Canada" in a large, black, serif font. To the right of the letter "a" is a small red maple leaf icon.

Clause de non-responsabilité

Les opinions exprimées dans ce document sont celles de l'Institut de l'énergie Trottier de Polytechnique Montréal. La responsabilité du contenu de ce rapport n'engage que ses auteurs. Toutes les précautions raisonnables ont été prises pour vérifier la fiabilité du matériel contenu dans cette publication. Ni les auteurs ni aucune personne agissant en leur nom ne peuvent être tenus pour responsables de l'utilisation qui découlerait de ces informations.

ISBN : 978-2-924597-24-8
Version 20250225

Contexte

La biomasse est appelée à jouer un rôle majeur dans la transition vers la carboneutralité et de nombreuses études évaluent son potentiel pour le déploiement des systèmes bioénergétiques au Canada. Bien que les ressources de la biomasse soient abondantes et renouvelables, la proportion de celles-ci qui peut être récoltée durablement chaque année et transformée pour répondre à un large éventail de besoins sociétaux est limitée. La récupération du bois non marchand ou des résidus de récolte dans les secteurs forestier et agricole pourrait également être un moyen de valoriser la biomasse résiduelle et non utilisée. Les matières premières pourraient être allouées à diverses applications, incluant la combustion pour le chauffage et la génération de l'électricité ainsi que la conversion en biocarburants, en gaz naturel renouvelable, en biochar, en produits composites à base de bois, en biopolymères, etc. Cependant, les trajectoires de décarbonation de plusieurs secteurs économiques sont basées sur les mêmes types de matières premières de la biomasse. Par exemple, la décarbonation du secteur de l'aviation et celle du secteur du transport routier sont étroitement liées en raison des technologies qui peuvent produire des proportions ajustables de biocarburant pour l'aviation et de carburant diesel renouvelable. En fonction du développement de ces projets, cette concurrence pourrait soit accélérer la décarbonation, soit créer d'importantes tensions.

Au vu du développement de multiples technologies de conversion, des demandes concurrentes de divers secteurs économiques et de la disponibilité limitée des ressources de la biomasse, quelles sont les voies qui contribueraient le mieux à l'atteinte de la carboneutralité au Canada ? En s'appuyant sur plusieurs échanges et la tenue d'ateliers avec des parties prenantes et des spécialistes, l'objectif de ce projet est de codévelopper une grille d'évaluation et de comparaison des usages de la biomasse au Canada dans un contexte de transition vers la carboneutralité d'ici 2050.

Ce rapport présente une vue d'ensemble de la situation actuelle au Canada concernant la disponibilité des ressources de la biomasse et la production de divers bioproduits. L'analyse proposée s'appuie sur des recherches effectuées dans la littérature et visant à rassembler des informations accessibles au public sur les quantités de ressources de la biomasse au Canada ainsi que sur les technologies commerciales existantes ou émergentes qui sont développées dans le monde entier pour convertir les ressources de la biomasse en de nombreux produits de valeur destinés à des usages énergétiques et non énergétiques. Cette première analyse nous permet d'identifier les principales incertitudes clés liées à l'utilisation des ressources de la biomasse dans un contexte de

transition vers la carboneutralité. Afin de recueillir des commentaires provenant d'une grande variété de perspectives, ce rapport sera partagé avec des parties prenantes et des spécialistes, y compris des industries, des universités, des gouvernements, des communautés autochtones, et des organisations à but non lucratif, avec l'objectif final de codévelopper une grille d'évaluation et de comparaison des différents usages de la biomasse dans un avenir carboneutre.

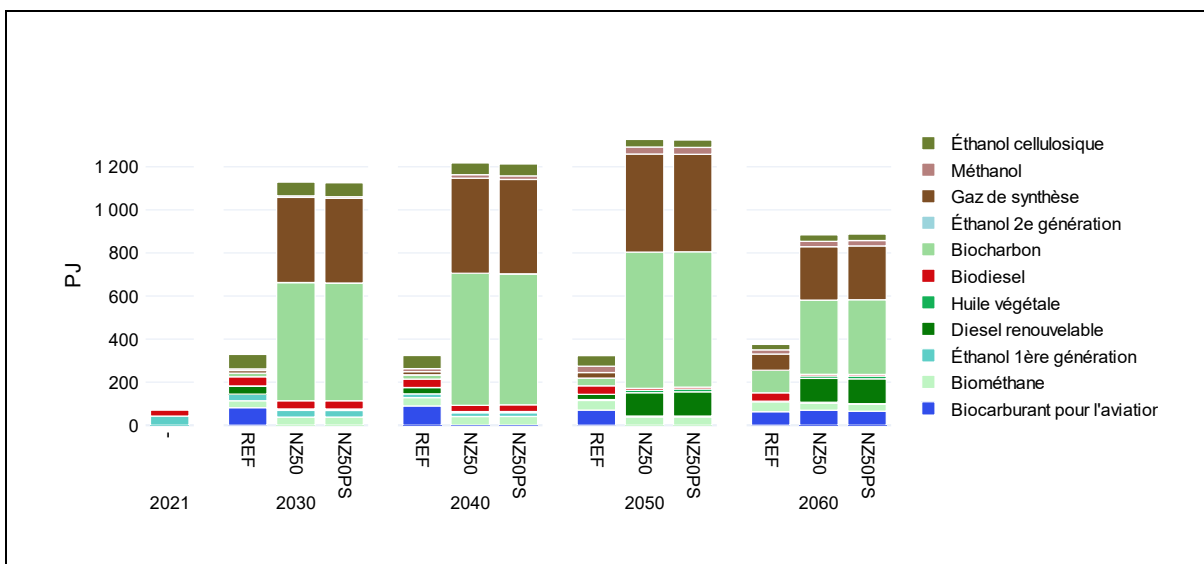
1. Aperçu

La bioénergie est traditionnellement l'une des principales sources d'énergie pour l'homme et son utilisation a continué à se développer grâce aux technologies modernes pour inclure de nombreuses applications faisant appel à une grande variété de ressources de la biomasse. Dans un contexte de transition vers un avenir carboneutre, la bioénergie occupe une place importante dans les scénarios des futures combinaisons énergétiques et est appelée à jouer un rôle prépondérant dans la décarbonation de nombreux secteurs, notamment les transports, le chauffage des bâtiments et l'utilisation industrielle.

1.1. Le défi de la carboneutralité

Au Canada, la plupart des récentes études de modélisation énergétique, qui prévoient une transition vers un avenir carboneutre en 2050, incluent la bioénergie dans les scénarios qui en résultent (Canadian Climate Institute, 2021b ; AIE, 2021; Langlois-Bertrand et al., 2024). Dans les Perspectives énergétiques canadiennes 2024 de l'IET (Figure 1), l'usage de la bioénergie augmente rapidement avant 2030 pour le scénario de carboneutralité, ce qui lui permet d'apporter une contribution particulièrement importante à la décarbonation du secteur des transports, à l'usage industriel et en grande partie à la production des émissions négatives avec le biochar et la bioénergie associée au captage et au stockage du carbone (BECSC). Son rôle est restreint par le manque d'alternatives permettant de produire des émissions négatives ainsi que par les mandats définis en matière de combustibles propres. L'apport de la bioénergie est de plus limité par la disponibilité de la biomasse, les applications non énergétiques concurrentes et le reste des émissions associées à l'usage de la biomasse (Langlois-Bertrand et al., 2024).

Figure 1 : Principaux usages de la biomasse dans les scénarios menant à la carboneutralité



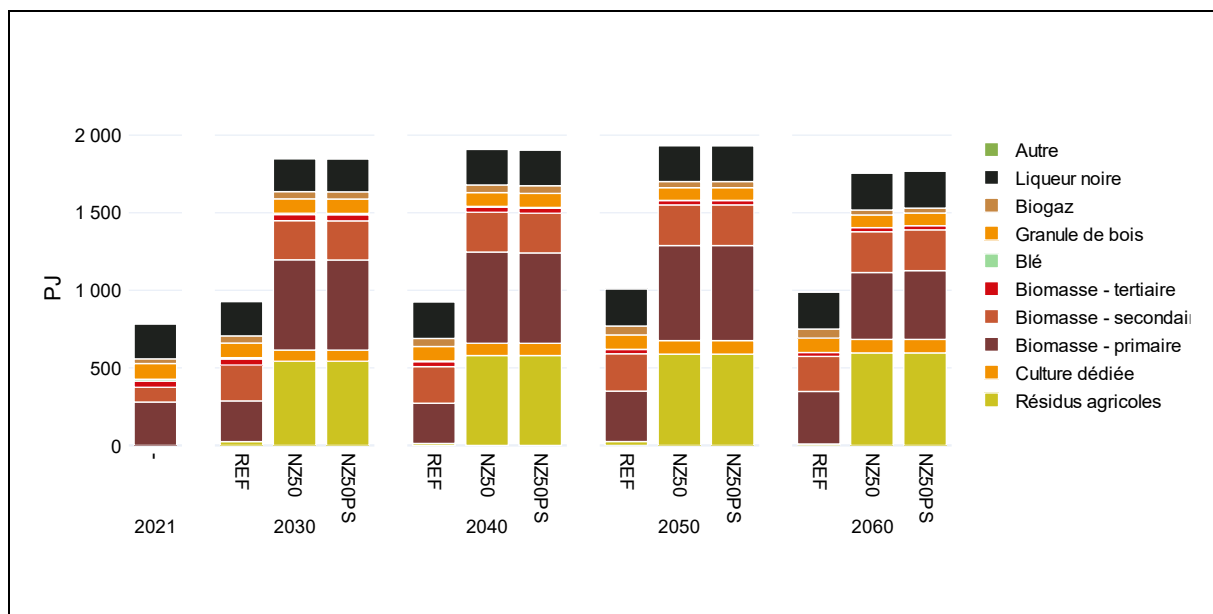
Source : Langlois-Bertrand et al. 2024

Note : le scénario REF est un scénario de référence présentant des résultats qui n'utilisent aucun objectif contraignant de réduction des émissions de GES. Le scénario NZ50 est un scénario qui impose un objectif de carboneutralité pour l'ensemble de l'équivalent CO₂ émis d'ici 2050 ainsi qu'un objectif de 40% de réduction des émissions d'ici 2030 par rapport à 2005. Le scénario NZ50PS est identique au scénario NZ50, à l'exception des projections de coûts pour les PRM nucléaires qui sont plus élevées.

La bioénergie peut être produite à partir de ressources de la biomasse provenant de trois secteurs clés : la foresterie, l'agriculture et les déchets urbains/ruraux.

La Figure 2 présente les types de ressources de la biomasse qui ont été incluses dans le scénario menant à la carboneutralité des Perspectives énergétiques canadiennes de l'IET. Sur la base d'un riche ensemble de technologies, la quantité de résidus forestiers utilisés pour la bioénergie reste importante jusqu'en 2060 dans tous les scénarios menant à la carboneutralité ; cependant, l'utilisation de résidus de cultures agricoles augmente rapidement avant 2030. Dans ces scénarios, les cultures énergétiques, les déchets organiques municipaux, les gaz des sites d'enfouissement, contribuent également à la production énergétique.

Figure 2 : Sources de bioénergie selon le type dans les scénarios menant à la carboneutralité



Source : Langlois-Bertrand et al. 2024

Note : le scénario REF est un scénario de référence présentant des résultats qui n'utilisent aucun objectif contraignant de réduction des émissions de GES. Le scénario NZ50 est un scénario qui impose un objectif de carboneutralité pour l'ensemble de l'équivalent CO₂ émis d'ici 2050 ainsi qu'un objectif de 40% de réduction des émissions d'ici 2030 par rapport à 2005. Le scénario NZ50PS est identique au scénario NZ50, à l'exception des projections de coûts pour les PRM nucléaires qui sont plus élevées.

1.2. La situation actuelle dans les secteurs de la biomasse

L'objectif de ce rapport est de synthétiser les principales données et informations tirées de la littérature concernant les quantités de ressources de la biomasse au Canada et de présenter la situation concernant la récolte, la production et l'utilisation de ressources de la biomasse dans les secteurs de l'agriculture, de la foresterie et des déchets urbains/ruraux. La recherche de données s'est principalement appuyée sur les publications du gouvernement du Canada, notamment celles de Statistique Canada, d'Environnement et Changement Climatique Canada et de Ressources Naturelles Canada. Cependant, les données qui n'étaient pas disponibles auprès de ces institutions ont été recueillies à partir de différents rapports et articles scientifiques ainsi sur des sites web d'industries.

Le Tableau 1 présente un résumé des quantités de matières premières de la biomasse et de bioproduits qui ont été produits au Canada. Les données relatives à chaque type de biomasse seront présentées plus en détail dans la suite de ce rapport. Il n'y a pas eu de tentative d'estimation du potentiel technique des ressources citées dans ce rapport pour

quelque type d'utilisation de la biomasse que ce soit. Cependant, l'objectif est d'avoir un aperçu clair des ressources de la biomasse au Canada (y compris celles qui sont actuellement utilisées pour l'alimentation humaine et animale et pour la construction) et de la production actuelle des principaux bioproduits.

Tableau 1 : Résumé des quantités annuelles de production des principales matières premières de la biomasse et des bioproduits au Canada

| <i>Description</i> | | Quantités produites par an | Contenu énergétique (PJ) | Valeur potentielle du stock de carbone à 65 \$/t CO₂ (milliards de \$) | Valeur potentielle du stock de carbone à 170 \$/t CO₂ (milliards de \$) |
|--|--|-----------------------------------|---------------------------------|--|---|
| <i>Matières premières de la biomasse</i> | | | | | |
| <i>Secteur forestier</i> | Volume de bois récolté | 143 Mm ³ | 1 216 | 2 à 11 | 6 à 29 |
| | Résidus de la récolte * | 21 Mt (sec) | 390 | 1 à 2 | 3 à 6 |
| <i>Secteur agricole</i> | Cultures céréalières | 64,5 Mt | 1 035 | 3 à 6 | 9 à 16 |
| | Cultures oléagineuses | 25,3 Mt | 729 | 1 à 2,5 | 3 à 7 |
| | Résidus de la récolte de maïs * | 13 Mt (sec) | 234 | - | - |
| | Paille et autres résidus de la récolte * | 34 Mt (sec) | 544 | - | - |
| | Déjections animales | 21,4 Mt (sec) | 185 to 401 | - | - |
| <i>Déchets urbains et ruraux</i> | Bois et produits du bois | 2,8 Mt | 52 | - | - |
| | Autres déchets organiques | 9,4 Mt | 47 à 110 | - | - |
| <i>Bioproduits</i> | | | | | |
| <i>Biocombustibles solides</i> | Granules de bois | 3,5 Mt | 65 | - | - |
| <i>Biocarburants liquides</i> | Bioéthanol | 1 750 M litres | 41 | - | - |
| | Diesel renouvelable | 1 210 M litres | 44 | - | - |
| | Biodiesel | 416 M litres | 15 | - | - |
| | Biobrut et biohuile | - | - | - | - |
| | Biométhanol | - | - | - | - |

| | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------|-----|---|---|
| | Biocarburants d'aviation | 0 | 0 | - | - |
| <i>Biogaz et GNR</i> | | - | 22 | - | - |
| <i>Biohydrogène</i> | | 0 | 0 | - | - |
| <i>Utilisations non énergétiques</i> | Bois d'œuvre résineux | 56 Mm ³ | 476 | - | - |
| | Panneaux structuraux | 9 Mm ³ | 85 | - | - |
| | Bois d'œuvre de feuillus | 0,9 Mm ³ | 7 | - | - |
| | Pâte à papier | 14,3 Mt | 221 | - | - |
| | Autres usages (exemples : alimentation humaine et animale, biochar) | - | - | - | - |

* Ce sont des estimations approximatives de ces ressources de biomasse et la précision est nécessaire.

Notes : Cette liste n'est pas exhaustive. Seules les quantités des principales catégories de biomasse dont les valeurs sont disponibles sont présentées dans ce tableau.

Les valeurs des quantités de biomasse issues de l'alimentation humaine et animale ne sont pas incluses dans ce tableau, car elles ne sont pas disponibles.

Les références et des détails supplémentaires sur les valeurs de ce tableau, sont présents à travers ce rapport, dans les sections correspondantes.

Les facteurs de conversion utilisés pour estimer le contenu énergétique des ressources de la biomasse au Canada sont présentés à l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**. La méthode utilisée pour estimer la valeur du stock de carbone biogénique est présentée dans la section 5.4 du présent rapport.

1.3. Incertitudes et préoccupations

De nombreuses incertitudes sont associées à l'intégration des systèmes bioénergétiques dans un avenir carboneutre. Les incertitudes et les préoccupations liées à la bioénergie dans la littérature incluent principalement la disponibilité et la durabilité des ressources de la biomasse, la concurrence avec les usages non énergétiques essentiels telles que l'alimentation humaine et animale, le développement et les coûts des technologies, les émissions associées aux chaînes d'approvisionnement, la considération par défaut de la « neutralité carbone » de la biomasse et les règles de comptabilité pour la déclaration des émissions de gaz à effet de serre (GES) de la bioénergie dans la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) (Bentsen, 2017 ; Cowie et al., 2021).

La liste suivante énumère les principales incertitudes et préoccupations identifiées jusqu'à présent lors de l'évaluation du rôle de la bioénergie dans un avenir carboneutre :

- (a) *L'utilisation des terres* : l'existence d'une limite de la capacité des forêts et des terres agricoles à fournir de la biomasse de manière durable est déjà connue. Quel sera l'impact de l'augmentation de la demande en bioénergie sur les pratiques de l'aménagement forestier, l'affectation des terres agricoles à la production de biocarburants et l'augmentation de la récupération des résidus de biomasse sur les terres exploitées ?
- (b) *La concurrence entre les différents producteurs de bioproduits pour les mêmes ressources* : avec une disponibilité limitée des matières premières et une demande croissante pour leur utilisation, sur quelle base se fera l'arbitrage entre les différents producteurs d'énergie et de produits non énergétiques? Par exemple, de nombreux industriels au Canada ont annoncé la production de diesel renouvelable et de carburant d'aviation durable (SAF) dans un avenir proche, mais la décision des producteurs de se concentrer sur une augmentation de cette production dépendrait de facteurs économiques et de l'existence d'incitations appropriées (Allan, Goldman et Tauvette, 2023).
- (c) *Les émissions associées à la chaîne d'approvisionnement* : l'augmentation de la demande en bioénergie pour différentes applications nécessitera la mise en place de nouvelles chaînes d'approvisionnement dans différentes régions. Quel sera l'impact de la récolte, de la transformation et du transport de la biomasse sur les émissions nettes de GES de l'ensemble du système mis en place ?
- (d) *Les solutions alternatives* : si aucun système d'utilisation de la bioénergie n'est mis en place, quelle sera la source d'énergie alternative utilisée ? Ou, si un certain type de biomasse n'est pas récolté pour être utilisé pour la bioénergie, quel sera son destin alternatif ? Quelle est la meilleure façon de comparer les options pour garantir une évaluation complète des effets sur le climat de l'ensemble du système mis en place ?
- (e) *L'hypothèse de la « neutralité carbone »* : la bioénergie est souvent considérée comme étant carboneutre puisque le carbone biogénique émis au moment de la combustion a été précédemment séquestré ou le sera à nouveau lors de la repousse des ressources de la biomasse. Un facteur important à prendre en compte dans cette hypothèse est la temporalité de ces émissions, que l'on appelle dans la littérature « la dette carbone » et « délai de récupération ». Comment la temporalité des impacts sur le climat des systèmes bioénergétiques est-elle prise en compte dans la planification d'un avenir carboneutre d'ici 2050 ?
- (f) *Les émissions négatives* : la combustion de la biomasse à des fins énergétiques, suivie de la recapture et du stockage du carbone, est l'un des rares moyens de produire des émissions négatives. Les technologies à même d'en générer seront nécessaires pour atteindre la carboneutralité d'ici 2050 en absence de solutions

de décarbonation pour tous les secteurs au Canada. Comment et où ces technologies seront-elles priorisées dans les années à venir ?

(g) *La valeur du stock de carbone biogénique* : les ressources de la biomasse stockent de grandes quantités de carbone jusqu'à ce que celles-ci soient libérées dans l'atmosphère à travers la récolte et l'utilisation énergétique ou la décomposition naturelle. Actuellement, le stock de carbone n'a pas de valeur économique, à moins que des crédits compensatoires ne soient attribués. Le système de tarification du carbone ne s'applique pas à la bioénergie en raison de l'hypothèse voulant qu'elle soit neutre en carbone. Si le système actuel est réévalué, quelle serait la valeur du stock de carbone aujourd'hui et en 2050 ?

(h) *La déclaration des émissions liées à la bioénergie* : dans le rapport national annuel préparé et présenté à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), les émissions de CO₂ provenant de la combustion de la biomasse ne sont pas déclarées dans le secteur de l'énergie afin d'éviter une double comptabilisation des émissions qui sont déjà déclarées dans le secteur de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie. Comment cette approche consistant à comptabiliser les émissions sur le lieu de la récolte plutôt que de la combustion influe-t-elle sur les pratiques durables des pays déclarants ?

2. Références

Allan, Bentley, Jonas Goldman, et Geoff Tauvette. 2023. The C-SAF Roadmap: Building a Feedstocks-to-Fuels SAF Supply Chain in Canada.

Bentsen, Niclas Scott. 2017. "Carbon Debt and Payback Time – Lost in the Forest?" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 73:1211–17. doi: 10.1016/j.rser.2017.02.004.

Institut climatique du Canada. 2021b. Canada's Net Zero Future. Canadian Climate Institute.

Cowie, Annette L., Göran Berndes, Niclas Scott Bentsen, Miguel Brandão, Francesco Cherubini, Gustaf Egnell, Brendan George, Leif Gustavsson, Marc Hanewinkel, Zoe M. Harris, Filip Johnsson, Martin Junginger, Keith L. Kline, Kati Koponen, Jaap Koppejan, Florian Kraxner, Patrick Lamers, Stefan Majer, Eric Marland, Gert-Jan Nabuurs, Luc Pelkmans, Roger Sathre, Marcus Schaub, Charles Tattersall Smith Jr., Sampo Soimakallio, Floor Van Der Hilst, Jeremy Woods, et Fabiano A. Ximenes. 2021. "Applying a Science-Based Systems Perspective to Dispel Misconceptions about Climate Effects of Forest Bioenergy." *GCB Bioenergy* 13(8):1210–31. doi: 10.1111/gcbb.12844.

AIE. 2021. Net Zero by 2050 – Analysis.

Langlois-Bertrand, Simon, Kathleen Vaillancourt, Louis Beaumier, Marie Pied, Olivier Bahn, et Normand Mousseau. 2024. Canadian Energy Outlook 2024. Institut de l'énergie Trottier.