



Biomasse et carboneutralité : Élaboration d'une grille d'évaluation

État des lieux au Canada

Sommaire exécutif

Version préliminaire

Auteurs

Roberta Dagher
Ayaovi Locoh
Louis Beaumier
Normand Mousseau

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

Créé en 2013, grâce à un don généreux de la Fondation familiale Trottier, l'IET a pour but d'aider à former une nouvelle génération d'ingénieurs et de scientifiques qui comprennent les enjeux énergétiques, de soutenir la recherche de solutions durables pour aider à accomplir la transition qui s'impose et de contribuer à la diffusion des connaissances et aux débats sur les questions énergétiques. Cette diversité d'expertises permet la formation d'équipes de travail transdisciplinaires, condition essentielle à la compréhension systémique des enjeux énergétiques dans le contexte de lutte aux changements climatiques.

À propos de l'Accélérateur de Transition

L'Accélérateur de Transition (l'Accélérateur) a pour objectif de soutenir la transition du Canada vers un avenir carboneutre tout en contribuant à la résolution des problèmes sociétaux. 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.

Clause de non-responsabilité

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 responsable de l'utilisation qui découlerait de ces informations.

Financement

Ce projet est financé par le Fonds d'action et de sensibilisation pour le climat d'Environnement et Changement Climatique Canada, avec le soutien financier de l'Accélérateur de Transition et de l'Institut de l'énergie Trottier.

Institut de l'énergie Trottier
Polytechnique Montréal
2900, boul. Édouard-Montpetit
2500, chemin de Polytechnique
Montréal (Québec) H3T 1J4
Web : iet.polymtl.ca
Twitter : @EnergieTrottier

Version 20230828

Contexte

La biomasse est appelée à jouer un rôle majeur dans la transition vers la carboneutralité et de nombreuses études évaluent le potentiel des ressources de la biomasse pour le déploiement des systèmes bioénergétiques au Canada. Bien que les ressources de la biomasse soient abondantes et renouvelables, la proportion 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 considérée comme 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, la conversion en bioéthanol, en biocarburants pour l'aviation, 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 diesel renouvelable. En fonction du développement de ces projets, cette concurrence pourrait soit accélérer la décarbonation, soit créer d'importantes tensions.

Avec le développement de multiples technologies de conversion, les demandes concurrentes de divers secteurs économiques et une disponibilité limitée des ressources de la biomasse, quelles voies contribueraient le mieux à la carboneutralité au Canada ? L'objectif de ce projet est de co-développer, à travers plusieurs échanges et ateliers avec des parties prenantes et des spécialistes, 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.

Dans le rapport complet, nous présentons une vue d'ensemble de la situation actuelle au Canada concernant les ressources de la biomasse et la production de divers bioproduits. L'analyse a été réalisée en cherchant dans la littérature des informations accessibles au public sur les quantités de ressources de la biomasse au Canada et 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, y compris les usages énergétiques et non énergétiques. Cette première analyse nous permet d'identifier certaines incertitudes clés liées à l'utilisation des ressources de la biomasse dans un contexte de transition vers la carboneutralité. Ce rapport sera partagé avec des parties prenantes et des spécialistes afin de recevoir des commentaires d'une grande

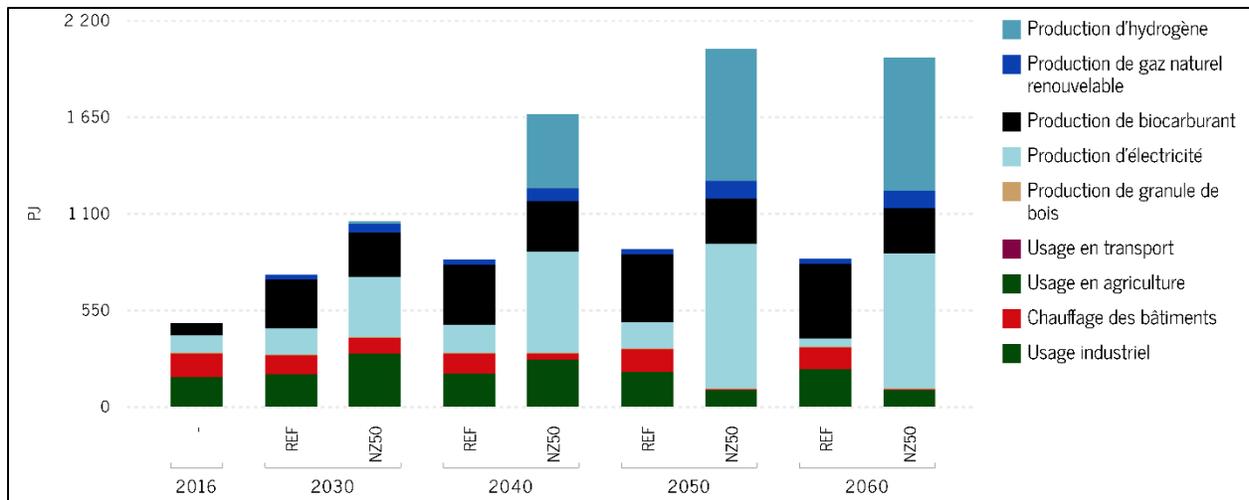
variété de perspectives, y compris des industries, des universités, des gouvernements, des communautés autochtones, et des organisations à but non lucratif, avec l'objectif final de co-développer une grille d'évaluation et de comparaison des différents usages de la biomasse dans un avenir carboneutre.

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 et une grande variété des 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 important dans la décarbonation de nombreux secteurs, notamment les transports, le chauffage des locaux et l'utilisation industrielle.

1.1. Défi de la carboneutralité

La plupart des récentes études de modélisation énergétique au Canada, qui prévoient une transition vers un avenir carboneutre en 2050, incluent la bioénergie dans les scénarios qui en résultent (Canadian Climate Institute 2021; IEA 2021; Langlois-Bertrand et al. 2021). Dans les Perspectives énergétiques canadiennes 2021 de l'IET (Figure 1) la production de la bioénergie augmente rapidement avant 2030 pour tous les scénarios de carboneutralité, avec une contribution particulièrement importante à la décarbonation du secteur des transports (biocarburants), à la production d'électricité avec captage et stockage du carbone (BECSC) et à l'usage industrielle. Ce rôle restreint est dû au manque d'alternatives pour produire des émissions négatives et aux mandats en matière de combustibles propres. Ces usages énergétiques sont toutefois limités par la disponibilité de la biomasse, les applications non énergétiques concurrentes et le reste des émissions associées à son usage (Langlois-Bertrand et al. 2021).

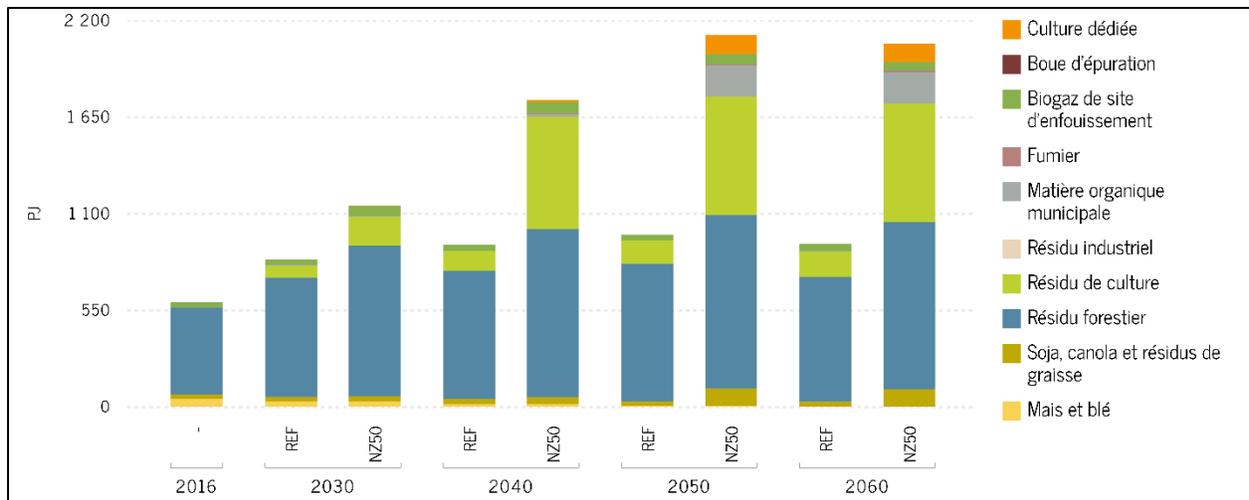


Source : (Langlois-Bertrand et al. 2021)

Note : REF est le scénario de référence présentant des résultats qui n'utilisent aucun objectif contraignant de réduction des émissions de GES. NZ50 est un scénario qui impose un objectif de carboneutralité pour l'ensemble de CO₂e émis d'ici 2050 ainsi qu'un objectif de 40% de réduction des émissions d'ici 2030 par rapport à 2005.

Figure 1 : Principaux usages de la biomasse dans les scénarios de carboneutralité des Perspectives énergétiques canadiennes publiées par l'IET en 2021

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 montre les types de ressources de la biomasse qui ont été incluses dans le scénario de 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 le scénario de carboneutralité; cependant, l'utilisation de résidus de cultures agricoles augmente rapidement et atteint plus de 30 % du total des sources de la biomasse en 2050. D'autres sources de la biomasse, telles que les cultures énergétiques, les déchets organiques municipaux, les gaz des sites d'enfouissement, le soja, le canola et les résidus gras, contribuent également à la production énergétique dans ces scénarios.



Source : (Langlois-Bertrand et al. 2021)

Note : REF est le scénario de référence présentant des résultats qui n'utilisent aucun objectif contraignant de réduction des émissions de GES. NZ50 est un scénario qui impose un objectif de carboneutralité pour l'ensemble de CO₂e émis d'ici 2050 ainsi qu'un objectif de 40% de réduction des émissions d'ici 2030 par rapport à 2005.

Figure 2 : Sources de bioénergie selon le type dans les scénarios de carboneutralité des Perspectives énergétiques canadiennes publiées par l'IET en 2021

1.2. Situation actuelle dans les secteurs de la biomasse

L'objectif de ce rapport est de résumer les principales données et informations tirées de la littérature concernant les quantités de ressources de la biomasse au Canada et de présenter la situation actuelle concernant la récolte, la production et la mobilisation de ressources de la biomasse dans les secteurs de l'agriculture, de la foresterie et des déchets urbains/ruraux. La recherche de données a été effectuée principalement à partir des données publiées par le gouvernement du Canada par le biais de différentes sources, notamment Statistique Canada, Environnement et Changement Climatique Canada et Ressources Naturelles Canada. Cependant, pour les informations qui n'étaient pas disponibles sur ces plateformes, les données ont été collectées à partir de rapports publiés, d'articles scientifiques, de sites web des industries, etc.

Le Tableau 1 présente un résumé des quantités produites des matières premières de la biomasse et de bioproduits au Canada. Les données relatives à chaque type de la biomasse sont présentées plus en détail dans le rapport.

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

Description	Quantités produites par an	Contenu énergétique (PJ)	Valeur potentielle du stock de carbone à 65 \$/t CO ₂ (milliards de \$)	Valeur potentielle du stock de carbone à 170 \$/t CO ₂ (milliards de \$)	
Matières premières de la biomasse					
Secteur forestier	Volume de bois récolté	143 millions de m ³	1,216	2 à 11	6 à 29
	Résidus de la récolte *	21 Mt (sec)	390	1 à 2	3 à 6
Secteur agricole	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)	146	-	-
Déchets urbains et ruraux	Bois et produits du bois	2,8 Mt	52	-	-
	Autres déchets organiques	9,4 Mt	47 à 110	-	-
Bioproduits					
Biocombustibles solides	Granules de bois	3,5 Mt	59	-	-
Biocarburants liquides	Bioéthanol	1 642 millions de litres	35	-	-
	Diesel renouvelable	0	0	-	-
	Biodiesel	431 millions de litres	15	-	-
	Biobrut et biohuile			-	-
	Biométhanol	0	0	-	-
Biocarburants d'aviation	0	0	-	-	
Biogaz et GNR	-	22	-	-	
Biohydrogène	0	0	-	-	
Utilisations non énergétiques	Bois d'œuvre résineux	56 millions de m ³	476	-	-

	Panneaux structuraux	9 millions de m ³	85	-	-
	Bois d'œuvre de feuillus	0,9 million de m 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 la biomasse et la précision est nécessaire.

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

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

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 ci-dessous présente 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 à 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 la biomasse sur les terres exploitées ?
- (b) **Concurrence entre les différents producteurs d'énergie pour les mêmes ressources** : Avec une disponibilité limitée des matières premières et une demande croissante pour leur utilisation par différents producteurs d'énergie, sur quelle base se fera l'arbitrage pour la meilleure utilisation ? 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 l'augmentation de la production de diesel renouvelable ou de SAF dépendrait des aspects économiques et de l'existence d'incitations appropriées (Allan, Goldman, and Tauvette 2023).

- (c) **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) **Alternatives** : Si un certain système d'usage de la bioénergie n'est pas installé, quelle sera la source d'énergie alternative utilisée ? Ou, si un certain type de la biomasse n'est pas collecté 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) **Hypothèse de « neutralité carbone »** : La bioénergie est souvent considérée comme 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) **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 qui mènent à des émissions négatives 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) **Valeur du stock de carbone biogénique** : Les ressources de la biomasse stockent de grandes quantités de carbone jusqu'à ce qu'elles soient libérées dans l'atmosphère à travers la récolte et l'utilisation énergétique. Actuellement, il n'y a pas de valeur économique du stock de carbone, 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 de sa neutralité en carbone.

Si le système actuel est réévalué, quelle serait la valeur du stock de carbone aujourd'hui et en 2050 ?

(h) 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 un double comptage 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 au lieu de la combustion influe-t-elle sur les pratiques durables des pays déclarants ?

2. Références

- Allan, Bentley, Jonas Goldman, and 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.
- Canadian Climate Institute. 2021. *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, and 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.
- IEA. 2021. *Net Zero by 2050 – Analysis*.
- Langlois-Bertrand, Simon, Kathleen Vaillancourt, Louis Beaumier, Marie Pied, Olivier Bahn, and Normand Mousseau. 2021. *Canadian Energy Outlook 2021*. Institut de l'énergie Trottier.