

FILIÈRE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE

L'ÉNERGIE DE LA BIOMASSE



Q *Hydro
Québec*

L'ÉNERGIE DE LA BIOMASSE



QU'EST-CE QUE
L'ÉNERGIE DE
LA BIOMASSE ?

C'EST L'ÉNERGIE
TIRÉE DE LA MATIÈRE
ORGANIQUE D'ORIGINE
VÉGÉTALE OU ANIMALE
QUI, AU MOYEN DE
DIVERS PROCÉDÉS,
EST TRANSFORMÉE
NOTAMMENT EN
ÉLECTRICITÉ.

ÉTAT DE LA SITUATION

Le principal avantage de l'utilisation de la biomasse à des fins de production d'énergie réside dans le fait que le carbone émis lors de la valorisation de cette ressource (production d'électricité, de biocarburants, de gaz naturel renouvelable, etc.) est biogénique, car il est produit par photosynthèse à partir du CO₂ qui se trouve déjà dans l'air.

De 2010 à 2017, environ 7,5 % de l'énergie totale consommée au Québec provenait de la biomasse (Delisle, 2019, p. 55). En 2019, plus de 163 pétajoules (PJ) de cette énergie renouvelable ont été produits dans la province (Whitmore et Pinaud, 2020, p. 7). La biomasse forestière est la catégorie de matière



En couverture: Entreposage de biomasse forestière.

Ci-contre: Transport de biomasse forestière.

organique la plus souvent valorisée en raison de sa grande disponibilité. À titre d'exemple, on aurait consommé près de 3,11 millions de tonnes métriques anhydres (ta) de biomasse pour la production d'électricité par cogénération en 2016 au Québec (Baril, 2017).

POTENTIEL DE LA BIOMASSE

Au Québec, il y aurait 10 millions de tonnes métriques de biomasse (forestière, agroalimentaire et urbaine) disponible à des fins de valorisation énergétique, ce qui équivaut à une énergie thermique brute de 174 PJ (48 TWh). Ce sont les résidus de coupe (troncs, cimes, branches) qui recèlent le plus de potentiel d'exploitation: ils représenteraient près de 6,5 millions de tonnes métriques anhydres (MNRF, 2009, p. 9). Comme une certaine quantité de ces résidus est utilisée, entre autres, pour maintenir la fertilité des sols lors des activités de récolte, ce type de biomasse forestière offre un potentiel de valorisation énergétique d'environ 4,4 millions de tonnes, ce qui correspond à 84 PJ d'énergie thermique (23 TWh). Par comparaison, en 2018, l'industrie des pâtes et papiers s'est surtout approvisionnée en bois rond (près de 1,55 M de ta) et en copeaux (près de 4,9 M de ta) (Delisle, 2019).

RENDEMENT ET COÛTS

Dans une centrale de cogénération (production simultanée d'énergie électrique et d'énergie thermique sous forme de vapeur) à la biomasse, de 30 % à 35 % de l'énergie tirée de la biomasse solide peut être convertie en électricité. En utilisant la chaleur produite à diverses fins, il est possible d'atteindre un rendement total de 80 %.

Le prix de l'énergie de la biomasse varie selon divers facteurs. Il est tout de même possible d'évaluer son coût de production par unité d'énergie à partir du prix de la biomasse livrée et de son pouvoir calorifique. Par exemple, si la biomasse forestière coûte, une fois livrée, 100 \$/ta et qu'elle présente un pouvoir calorifique (PCI) de 18 gigajoule (GJ) par tonne métrique anhydre (5 kWh/kg), le coût de production s'élève à 5,55 \$/GJ (0,02 \$/kWh). Par ailleurs, comme la densité énergétique de la biomasse est moindre que celle des combustibles fossiles, il faut, pour produire la même quantité d'électricité, plus de



Entreposage de biomasse forestière.

matière et donc des équipements plus imposants. Ainsi, le coût des équipements nécessaires pour produire de l'énergie de la biomasse est supérieur à celui des équipements utilisés pour les énergies fossiles.

La valorisation énergétique des biomasses agroalimentaire et urbaine est intéressante d'un point de vue financier notamment, car les coûts d'enfouissement sont évités. C'est d'autant plus vrai lorsqu'on sait que ceux-ci ne cessent d'augmenter.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

- Coûts d'investissement lié à la biomasse forestière relativement faibles et stables.
- Source d'énergie continue, contrairement à l'éolien ou au solaire photovoltaïque.
- Densité énergétique moindre que celle des combustibles fossiles.
- Exploitation coûteuse à grande échelle, en raison de la dispersion de la ressource sur le territoire.
- Nécessité d'implanter les centrales de cogénération à la biomasse près de la ressource ou des lignes de transport d'électricité.
- Complexité de la valorisation de la biomasse urbaine, notamment en raison de la diversité des déchets, ce qui implique de faire du triage, d'utiliser différentes technologies de traitement, etc.

Note: Il n'est pas question ici des enjeux associés à la production, à partir de la biomasse agroalimentaire et urbaine, de biocarburants destinés au secteur des transports.



POUR EN SAVOIR DAVANTAGE

- Catégories de biomasse au Québec
- Procédés de valorisation énergétique
- Potentiel de la biomasse du Québec
- Changements climatiques et qualité de l'air
- Analyse du cycle de vie
- Écosystèmes et biodiversité
- Santé et qualité de vie
- Aménagement du territoire
- Économie régionale
- Acceptabilité sociale

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Voici les principaux enjeux associés à la production d'électricité à partir de la biomasse forestière :

- Valorisation de déchets de bois industriels qui, autrement, seraient enfouis.
- Perte de biodiversité et appauvrissement des sols si une quantité insuffisante de résidus de coupe sont laissés sur place.
- Émission de contaminants atmosphériques lors de la combustion et du transport de la biomasse.
- Augmentation du transport routier pour les résidus de coupe.
- Impacts reliés à l'entreposage de la biomasse : lixiviation de contaminants, nuisances visuelle et olfactive.
- Production de résidus ultimes (ex.: cendres de bois) parfois difficiles à valoriser, en raison de la présence de métaux.
- Questionnement éthique concernant la production de biomasse agroalimentaire destinée à la production d'énergie plutôt qu'à l'alimentation animale
- Diminution de surface agricole pour l'alimentation humaine, intensification des sols, utilisation de pesticides
- La production d'énergie issue de cultures réalisées à cette fin nécessite une très grande vigilance. Si ces cultures remplacent des productions destinées à l'alimentation, ces dernières devront se faire ailleurs, ce qui risque d'entraîner une déforestation aux impacts environnementaux majeurs.

UNE RESSOURCE DURABLE

Catégories de biomasse au Québec

Au Québec, la biomasse ayant un fort potentiel énergétique se répartit en trois catégories: forestière, agroalimentaire et urbaine. La biomasse forestière, la ressource la plus répandue, présente encore un bon potentiel de développement pour ce qui est des résidus de coupe.

➤ **Biomasse forestière** – bois de chauffage, résidus de la transformation du bois (écorces, sciures et rabotures, éboutures, délimnures, boues des stations d'épuration des eaux des pâpétières) et résidus de coupe (branches, aiguilles, feuilles, souches, cimes)

- Pour favoriser le développement de la biomasse forestière à des fins de production d'énergie, il importe d'avoir une garantie d'approvisionnement de la matière qui dépend actuellement de la récolte de bois rond des bénéficiaires de contrats d'approvisionnement et d'aménagement forestier.

➤ **Biomasse agroalimentaire** – cultures, résidus végétaux et animaux de la production agricole et résidus de l'industrie de la transformation agroalimentaire

- Le rendement des cultures ou du fourrage pour les élevages dépend de plusieurs facteurs: le climat, la qualité des sols, les espèces cultivées ainsi que les apports d'eau et d'engrais. Les pays nordiques présentant des conditions moins favorables que les pays tropicaux, leur productivité serait moindre.

- Les producteurs de biomasse alimentaire à des fins de production d'énergie seraient en forte compétition. Une demande accrue a un effet direct sur les coûts d'approvisionnement et sur la disponibilité des matières premières nécessaires pour la production de cette ressource.

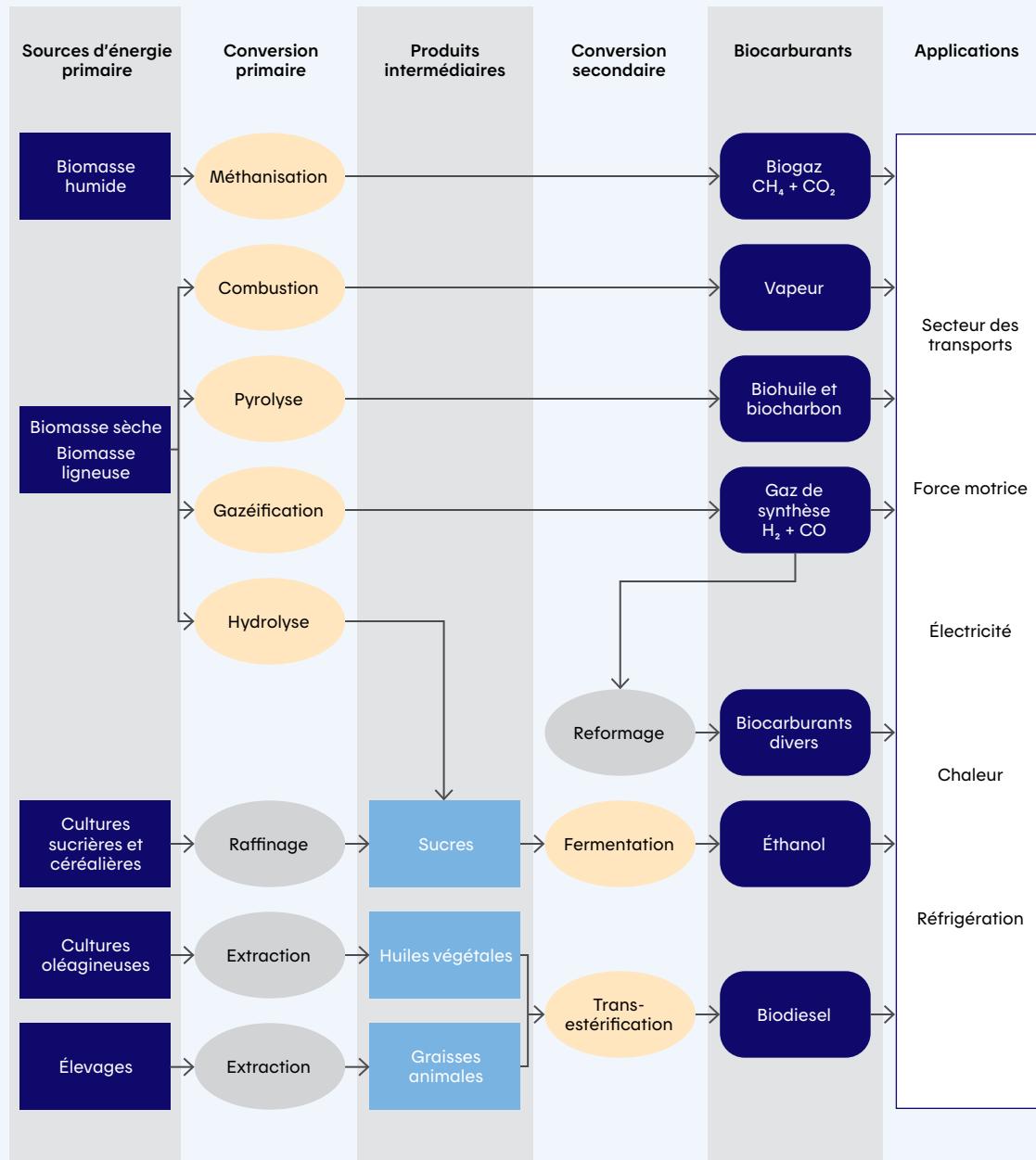
➤ **Biomasse urbaine** – boues des stations d'épuration des eaux usées municipales et déchets organiques putrescibles provenant des secteurs résidentiel, municipal, commercial et institutionnel

- Les technologies de transformation de la biomasse urbaine font toujours l'objet d'efforts de recherche d'une plus grande efficacité. Pour favoriser l'acceptabilité sociale de la présence de centrales de cogénération en milieu urbain, il faudra mener des rencontres d'information et de consultation auprès des populations concernées.

Procédés de valorisation énergétique

Il existe divers procédés de valorisation énergétique de la biomasse, selon la catégorie de la ressource et l'usage recherché. Au Québec, la combustion de la biomasse solide est une pratique largement utilisée; la biométhanisation et la gazéification seraient intéressantes à développer.

ÉNERGIE DE LA BIOMASSE ET APPLICATIONS



➤ Combustion de la biomasse solide

- La combustion est un processus thermochimique, c'est-à-dire qu'elle produit directement de la chaleur. La biomasse ligneuse est formée de résidus forestiers ou agro-alimentaires: écorces, branches, paille, sciures, granules de bois, etc. Elle est utilisée comme combustible pour alimenter une chaudière, un générateur d'air chaud ou un four à bois. Ainsi, cette énergie primaire sert à obtenir de l'eau chaude, de l'air chaud ou de la vapeur. La vapeur est entre autres utilisée pour produire de l'électricité.

- Au Québec, des entreprises et des centres hospitaliers produisent de l'électricité à partir de la biomasse pour combler leurs propres besoins en énergie ou pour la vendre à un tiers.

➤ Biométhanisation

- La biométhanisation est un procédé de stabilisation des matières organiques par fermentation en absence d'oxygène. Il en résulte un biogaz composé de méthane et de gaz carbonique et pouvant contenir des traces d'autres gaz selon la nature du substrat employé. Ce gaz combustible peut être produit dans un bioréacteur (temps de rétention de 1 à 50 jours), extrait des cellules de sites d'enfouissement (formation sur une période de 10 à 40 ans) et utilisé pour produire de la chaleur ou de l'électricité.

- Au Québec, certaines entreprises produisent du biogaz pour satisfaire leurs propres besoins en énergie. Des stations d'épuration des eaux usées municipales et des sites d'enfouissement équipés de dispositifs de biométhanisation produisent également de l'électricité.

➤ Gazéification

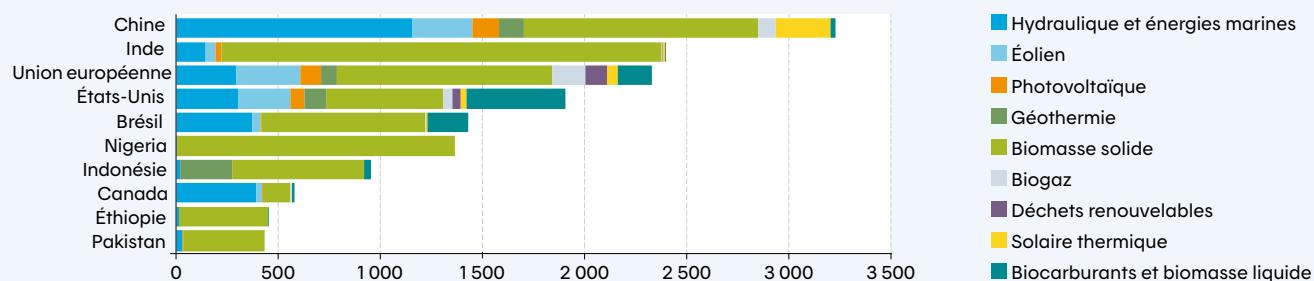
- La gazéification est un procédé de conversion thermochimique permettant la production de gaz combustibles à partir de combustibles solides. On parle alors d'une combustion partielle du solide en présence d'air ou d'oxygène pur. Dans le processus, une partie du solide est brûlée et la chaleur ainsi produite permet une dégradation thermique de l'autre partie du solide qui n'est pas brûlée¹. Grâce à la gazéification, il est possible de produire un gaz combustible qui est principalement formé (sur une base sèche) d'hydrogène, de monoxyde de carbone et de CO₂, mais qui peut contenir une certaine quantité de méthane et de goudron.

1. Dans le cas d'un procédé de pyrolyse, la dégradation thermique se produit en absence d'air ou d'oxygène: il faut donc fournir une source de chaleur externe.

- Le gaz combustible peut alimenter une chaudière pour la production de vapeur et une génératrice ou une turbine à gaz pour la production d'électricité. Il peut servir à la cogénération ou de matière première pour la fabrication de produits chimiques de base ou de carburants liquides. Par exemple, il est possible de produire, à partir de biomasse forestière, des hydrocarbures liquides synthétiques ou de l'alcool tel que le méthanol. Il est même possible de produire du méthane synthétique. Comme le carbone émis lors de la gazéification de la biomasse est biogénique, on peut considérer que les gaz combustibles ainsi produits sont carboneutres ou, du moins, qu'ils ont un cycle de vie impliquant très peu d'émissions de GES.

- Au Québec, il n'existe aucune usine commerciale de gazéification de biomasse, mais certains projets d'implantation sont envisagés à l'heure actuelle.

LES DIX PRINCIPAUX PRODUCTEURS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LE MONDE^a – 2017 (TWh)



a) Pour les pays non-membres de l'OCDE, les données relatives à la biomasse solide sont des estimations. Étant donné leur poids important au sein des énergies renouvelables, les classements sont donc à prendre avec précaution.

Potentiel de la biomasse du Québec

POTENTIEL EXPLOITABLE DE LA BIOMASSE PAR TYPE – 2011

TYPE	POTENTIEL TOTAL BRUT		POTENTIEL DÉJÀ EXPLOITÉ	
	QUANTITÉ (TMS/AN)	ÉNERGIE (PJ _{TH} /AN)	QUANTITÉ (TMS/AN)	ÉNERGIE ¹ (PJ _{TH} /AN)
Biomasse forestière				
Bois de chauffage (résidentiel)	2 771 850	52,00	2 771 850	52,00 (100 %)
Résidus de transformation du bois	2 380 000	44,96	2 107 000	39,84 (89 %)
Résidus de coupe	4 400 000	83,60	0	0 (0 %)
Résidus de pâtes et papiers	915 172	15,63	560 910	9,93 (63 %)
Liqueur résiduaire	3 018 750	37,10	3 018 750	37,10 (100 %)
Biomasse agroalimentaire				
Résidus de culture céréalière	1 800 000	34,20	0	0 (0 %)
Cultures énergétiques de plantes pérennes ²	870 000	16,50	0	0 (0 %)
Lisiers d'animaux d'élevage	2 100 000	31,50	0	0 (0 %)
Cadavres d'animaux	7 803	0,20	0	0 (0 %)
Résidus d'abattoirs	160 935	3,88	0	0 (0 %)
Huiles de friture	60 000	2,21	29 500	1,09 (15 %)
Lactosérum	81 600	1,10	820	0,011 (1 %)
Biomasse urbaine				
Boues de stations d'épuration des eaux usées municipales	223 796	2,66	n. d.	n. d. n. d.
Résidus domestiques putrescibles	985 000	17,40	0	0 (0 %)
Total	19 774 906	342,94	8 488 830	139,971 (42 %)

Note: tms/an: tonne métrique sèche par année – tma/an (aussi utilisé): tonne métrique anhydre par année. Dans l'industrie forestière, les expressions «séché au four» (anhydre) et «séché à l'air» (± 8 % d'humidité) sont également employées. Indice th: énergie ou puissance thermique.

1. Les pourcentages entre parenthèses indiquent la proportion de la biomasse déjà exploitée par rapport au potentiel d'utilisation.
 2. Cultivées sur les bandes riveraines et des terres marginales.

Changements climatiques et qualité de l'air

Les émissions atmosphériques, toutes technologies de production d'énergie confondues, constituent un des principaux impacts environnementaux de la filière de la biomasse. Mis à part les besoins en énergie liés à la récolte, au transport et à la transformation de la matière première, la production d'énergie à partir de la biomasse permet d'éviter à peu près autant d'émissions de GES que la combustion d'énergies fossiles en génère. Le CO₂ provenant de la biomasse n'ajoute rien à l'effet de serre, puisqu'il est lui-même issu du CO₂ contenu dans l'air. Au contraire, le CO₂ produit par la combustion d'énergies fossiles et rejeté dans l'atmosphère contribue à l'effet de serre, puisqu'il est issu du carbone des matières fossiles extraites de l'écorce terrestre.

Les émissions atmosphériques font l'objet de règlements édictés par diverses instances, qui encadrent l'utilisation de la biomasse. Pour le chauffage au bois, par exemple, la Ville de Montréal interdit l'installation d'un foyer ou d'un poêle à bois non certifiés et consommant d'autres combustibles que les granules de bois, le gaz naturel et le propane. La Communauté métropolitaine de Montréal, pour sa part, autorise l'usage du bois vierge seulement.

Analyse du cycle de vie

Sur la base du cycle de vie, les impacts environnementaux de la filière de la biomasse sont en général légèrement supérieurs à ceux des autres filières d'énergie renouvelable, mais nettement inférieurs à ceux des filières thermiques à combustibles fossiles. En somme, les impacts sont moindres en raison du rendement supérieur de la production combinée de chaleur et d'électricité et de la valorisation des déchets de bois industriels, qui autrement seraient enfouis.

Rapport complet de la [Comparaison des filières de production d'électricité et des bouquets d'énergie électrique](#).

Écosystèmes et biodiversité

Il est important d'encadrer la récolte de la biomasse sur les terres de coupe pour assurer le maintien de la biodiversité et de la productivité des forêts ainsi que la protection des sols forestiers et de la qualité de l'eau.

Les résidus de coupe jouent un rôle essentiel dans les écosystèmes forestiers. Comme de l'engrais, ils contribuent à l'enrichissement des sols ou à la régularisation de l'acidité. Une collecte trop intense à des fins de production d'énergie pourrait nuire au renouvellement des peuplements forestiers sensibles, comme le pin gris sur sable grossier.

Santé et qualité de vie

La combustion de la biomasse forestière peut nuire à la santé, en raison de la formation de smog dû aux émissions de particules fines dans l'atmosphère. La combustion de la biomasse urbaine, pour sa part, peut générer des émissions de métaux et autres polluants susceptibles de nuire aussi à la santé ainsi qu'à l'environnement.

L'exploitation locale ou régionale de la biomasse entraîne une diminution du transport de matières premières. Les impacts sur la santé et sur l'environnement sont alors réduits.

Aménagement du territoire

Les activités de valorisation de la biomasse requièrent la mise en place d'infrastructures qui peuvent s'intégrer facilement à des zones industrielles. Leur présence entraîne toutefois une augmentation du trafic routier. Par ailleurs, la valorisation de la biomasse permet d'éviter l'enfouissement de tonnes de matières résiduelles d'origine végétale ou animale et, par conséquent, l'aménagement de nouveaux sites d'enfouissement.

Économie régionale

La valorisation de la biomasse se traduit par des économies importantes, car elle permet d'éliminer la destruction ou l'enfouissement de grandes quantités de matières résiduelles. De plus, cette filière contribue à assurer l'approvisionnement en énergie thermique et électrique ainsi qu'à renforcer la sécurité énergétique. L'énergie supplémentaire vendue à un tiers ou à un distributeur local représente une nouvelle source de revenus, garantissant la survie à long terme de l'entreprise.

Au Québec, étant donné la dispersion de la ressource sur tout le territoire, les retombées économiques locales sont importantes. L'aménagement d'usines de traitement de la biomasse et de centrales de cogénération à la biomasse stimule le développement régional. En effet, la mise sur pied d'une filière de la biomasse favorise la création d'emplois, la formation d'expertises et le maintien en région d'une main-d'œuvre qualifiée.

Acceptabilité sociale

Divers facteurs favorisent l'acceptabilité sociale des projets de valorisation énergétique de la biomasse, dont les suivants :

- Les effets bénéfiques pour la collectivité de la réduction des déchets et des impacts environnementaux qui y sont associés.
- L'exploitation selon les règles de l'art des usines de traitement de la biomasse et des centrales de cogénération à la biomasse.

RÉFÉRENCES

1. EurObserv'ER. 2010. **Baromètre biogaz – Biogaz Barometer. Le journal des énergies renouvelables**, vol. 200. p. 104-119.
2. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. **Sources d'énergie renouvelable et atténuation du changement climatique**. (En ligne). 2011. http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_fr.pdf. Document consulté le 10 novembre 2014.
3. Lefebvre, J.-F., Moreau, N., Théorêt, J. 2010. **Énergies renouvelables – Mythes et obstacles**. Montréal : Coédition Multimondes et GRAME. 190 p.
4. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. (En ligne). 2008. **Évaluation du potentiel de la filière des granules combustibles fabriqués à partir de cultures pérennes**. 40 p. et annexes. <https://www.agrareseau.net/documents/75894/>. Document consulté le 21 janvier 2021.
5. Observ'ER. **Worldwide Electricity Production from Renewable Energy Sources**. (En ligne). 2013. <http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/inventaire/Eng/methode.asp>. Site consulté le 10 novembre 2014.
6. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. **L'utilisation de la biomasse forestière à des fins énergétiques au Québec : analyse et constats**. (En ligne). 2012. http://www.oifq.com/pdf/communiques/2012/rapport-oifq_analyse_constats_biomasse_mars_2012.pdf. Document consulté le 10 novembre 2014.
7. Parent, B. (En ligne). 2009. **Ressources et industries forestières. Portrait statistique – Édition 2010**. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 498 p. https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/stat_edition_complete/preface.pdf. Document consulté le 21 janvier 2021.
8. Ressources naturelles Canada. **À propos de l'énergie renouvelable**. (En ligne). <http://www.rncan.gc.ca/energie/renouvelable-electricite/7296>. Site consulté le 10 novembre 2014.
9. Roche Ingénieurs-conseils. (En ligne). 2008. **Étude de préfaisabilité – Chaufferies institutionnelles à la biomasse forestière**. Rapport présenté au Quebec Wood Export Bureau. 102 p. <https://www.agrareseau.net/energie/documents/76327/etude-de-prefaisabilite-chaufferies-institutionnelles-a-la-biomasse-forestiere?sort=2>. Document consulté le 21 janvier 2021.
10. Baril, F. 2017. **État de la filière énergétique de la biomasse au Québec**. (En ligne). Colloque Industrie forestière gaspésienne, New Richmond, 6 décembre 2017. http://gimxport.org/wp-content/uploads/2017/12/5-Francois_Baril_PPTpresentation-New-Richmond_FB.pdf. Document consulté le 9 décembre 2020.
11. Delisle, J.-F. 2019. **Ressources et industries forestières du Québec – Portrait statistique 2018**. (En ligne). Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 154 p. https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/PortraitStatistique_2018.pdf. Document consulté le 9 décembre 2020.
12. Whitmore, J., et P.-O. Pineau. 2020. **État de l'énergie au Québec 2020**. (En ligne). Rapport préparé pour Transition énergétique Québec. Montréal, HEC, 64 p. <https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2020/03/EEQ2020-WEB.pdf>. Document consulté le 9 décembre 2020.
13. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF). 2009. **Vers la valorisation de la biomasse forestière : un plan d'action**. (En ligne). Québec, MRNF, 28 p. <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/plan-action-biomasse.pdf>. Document consulté le 9 décembre 2020.