

FICHE 2



Lutte contre
les changements
climatiques

BIOMASSE AGRICOLE CHANGEMENTS CLIMATIQUES

La production de chaleur grâce à l'utilisation de la biomasse agricole repose sur une série d'étapes, de la production des cultures jusqu'à l'utilisation de la ressource. Chacune de ces étapes est liée à différents enjeux et impacts sociaux, économiques et environnementaux. L'une des principales préoccupations concernant l'emploi de la biomasse agricole à des fins énergétiques demeure les conséquences sur le climat des rejets atmosphériques. La présente fiche s'attarde donc aux impacts de la filière de la biomasse agricole sur les changements climatiques et propose un éventail de bonnes pratiques qui contribuent à assurer une utilisation de la biomasse inscrite dans la lutte aux changements climatiques.

Les changements climatiques se définissent comme étant des modifications du climat attribuables directement ou indirectement aux activités humaines. Ces dernières altèrent tout particulièrement la composition de l'atmosphère terrestre par l'émission d'importantes quantités de gaz à effet de serre (GES) qui, une fois en haute altitude, absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface de la planète.

Ci-dessous, en pictogrammes, les principales étapes de la filière de production et d'utilisation de la biomasse agricole. Les pictogrammes en noir représentent les étapes concernées par l'enjeu des changements climatiques.



Remise en culture



Implantation



Production



Récolte



Transport



Densification



Conditionnement



Distribution



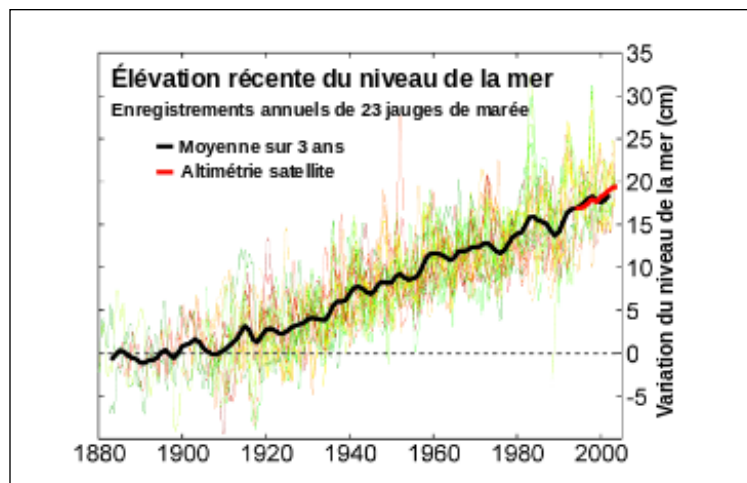
Combustion



Gestion cendres

L'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère est l'un des facteurs qui expliquent le réchauffement climatique actuel. Ce réchauffement climatique se caractérise par l'accroissement des températures moyennes à la surface de la Terre et l'apparition plus fréquente d'événements climatiques extrêmes (fonte des glaces polaires, tempêtes tropicales, catastrophes naturelles, etc.). Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la perturbation des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'atmosphère induite par les émissions anthropiques de GES a engendré une augmentation nette des températures d'environ 0,85 °C à l'échelle de la planète depuis 1880.^[19] Les spécialistes du climat prévoient également que, d'ici une centaine d'années, l'augmentation des températures moyennes à la surface du globe devrait se situer entre 0,3 et 4,8 °C (voir *la figure* ci-contre).^[19]

Cette hausse aura nécessairement un impact important sur l'économie, notamment en affectant la quantité et la qualité des matières premières disponibles. Les bouleversements climatiques anticipés toucheront également les populations, notamment par une augmentation du nombre de décès lors des périodes de froid intense ou de chaleur accablante, ou lors de manifestations naturelles extrêmes.^[29] De plus, la hausse probable du niveau des océans amplifiera le risque d'inondation pour un nombre important de zones côtières et affectera négativement la vie de plusieurs millions d'êtres humains (voir *la figure* ci-dessous).^[26]



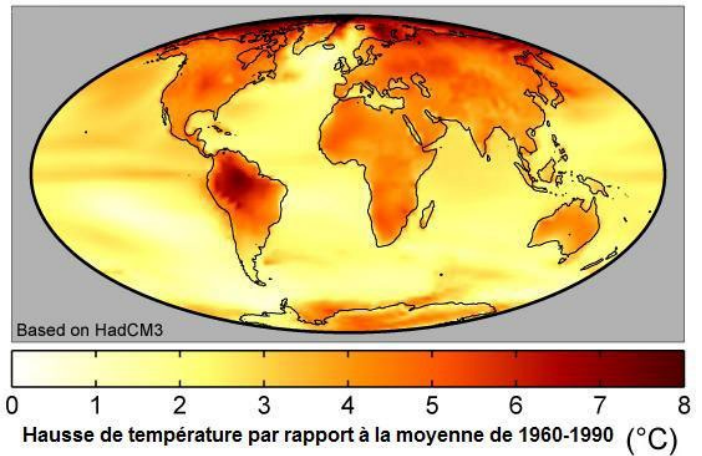
© Wikimedia Commons



Terre agricole en bord de mer

© CCDMD, Le Québec en images, inconnu

Prévisions des hausses de températures pour 2070-2100



© Wikimedia Commons

Définition des types de biomasses

— CULTURES LIGNOCELLULOSIQUES

Cultures de plantes herbacées pérennes dédiées à la production énergétique, implantées sur des terres agricoles marginales (ex. : panic érigé, alpiste roseau, miscanthus, etc.).

— CULTURES LIGNEUSES

Cultures d'arbres se réalisant sur des terres agricoles marginales, dédiées à la combustion (ex. : saule à croissance rapide, peuplier hybride, etc.) et dont la méthode de culture s'apparente plus à l'agriculture qu'à la foresterie (ex. : semées en haute densité, utilisation de machinerie agricole, etc.). Aussi appelées taillis à courte rotation.

— RÉSIDUS DE CULTURE

Résidus végétaux provenant de l'agriculture et constitués de parties de plantes cultivées qui ne sont pas vouées à la consommation alimentaire (ex. : pailles de céréales, tiges de maïs, foin de troisième qualité, etc.).

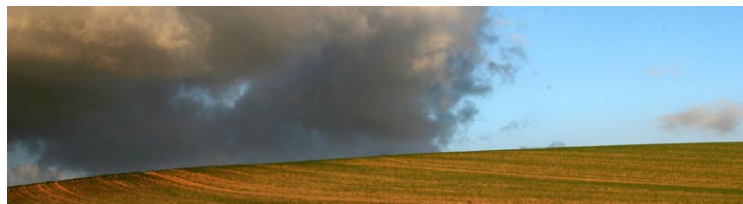


1. LES GAZ À EFFET DE SERRE LIÉS À L'UTILISATION DE BIOMASSE AGRICOLE

L'une des sources anthropiques de GES les plus connues est certainement la combustion d'énergies fossiles, attribuable aux secteurs des transports et de la production d'énergie (chaleur et électricité). Cette combustion libère dans l'atmosphère de grandes quantités de carbone, autrement séquestrées dans le sous-sol terrestre depuis des milliers, voire des millions d'années. D'autres secteurs, comme celui de l'agriculture, sont également source de quantités appréciables de GES. Par exemple, au Canada, en excluant les émissions liées aux activités de transport agricole, le secteur de l'agriculture en général serait responsable de près de 8% des émissions annuelles totales de GES.^[2] Les principaux GES émis par les activités agricoles, mais aussi par l'utilisation de biomasse agricole pour le chauffage (voir l'encadré **Définition des types de biomasses**, page précédente), sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O).

1.1. DIOXYDE DE CARBONE (CO_2)

Le CO_2 provient généralement de l'oxydation du carbone, qui se produit notamment lors du processus de respiration des êtres vivants. Il est aussi émis lors de la combustion de ressources dont le contenu en carbone réagit avec l'oxygène de l'air (mazout, gaz, charbon, biomasse, etc.). Le CO_2 peut aussi être produit au cours de certains procédés industriels (réactions chimiques dans les alumineries et cimenteries, etc.) et lors de la décomposition des résidus de culture ou de la matière organique du sol en présence d'oxygène.^[20]



Perturbation atmosphérique.

© www.photo-libre.fr

1.2. MÉTHANE (CH_4)

Le CH_4 est le résultat de la dégradation de la matière organique en absence d'oxygène. Il est produit dans la nature par le processus digestif de différents insectes et animaux (bovins, termites, etc.), par la décomposition des végétaux et des fumiers, ainsi que par les milieux humides. Les activités humaines, telles que l'extraction de combustibles fossiles, l'exploitation des mines de charbon, la décomposition des déchets domestiques et plusieurs procédés industriels, rejettent des quantités importantes de CH_4 dans l'atmosphère.^[24] La combustion incomplète des matières peut également s'avérer responsable d'une partie des émissions de CH_4 . Le potentiel de réchauffement global du CH_4 (donc son impact sur le climat) est de 25 fois supérieur à celui du CO_2 .

1.3. PROTOXYDE D'AZOTE (N_2O)

Le N_2O est un des gaz produits lors de l'oxydation de l'azote. Il est libéré par les océans et les sols. Il peut aussi provenir de certaines productions industrielles (fabrication de nylon ou d'acide nitrique) et de la combustion de matières organiques ou fossiles. La décomposition des déjections animales et l'application d'engrais azotés, organiques ou de synthèse, sur les champs peuvent aussi conduire à des émissions importantes de N_2O , cette fois associées à l'agriculture.^[1] Le N_2O a un potentiel de réchauffement global très substantiel, soit de 298 fois supérieur à celui du CO_2 .



Terres inondées.

© CCDMD, Le Québécois images, Jean-Pierre Goulet

2. L'UTILISATION DE LA BIOMASSE AGRICOLE POUR LE CHAUFFAGE : UN OUTIL DE LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Au Québec, le développement des bioénergies s'inscrit dans une mouvance internationale plus large, visant la réduction de la dépendance des économies nationales à l'utilisation des combustibles fossiles et, par conséquent, la réduction des émissions de GES qui en découlent. Les gouvernements cherchent des alternatives du côté des énergies renouvelables afin de diminuer, entre autres, l'impact de l'importation et de la consommation de produits pétroliers. Dans ce contexte, l'emploi de biomasse pour la production de chaleur, en remplacement des combustibles fossiles, représente une avenue intéressante pour lutter contre les changements climatiques. L'avantage lié à l'utilisation de la biomasse agricole repose principalement sur la capacité des végétaux à capter une bonne partie du carbone émis lors de leur combustion (voir l'encadré **Cycle biologique du carbone**, ci-contre).

La filière de la biomasse agricole n'est toutefois pas tout à fait carboneutre, c'est-à-dire qu'elle ne récupère pas autant de CO₂ qu'elle en émet dans l'atmosphère. Bien que le carbone dégagé lors de la combustion soit éventuellement réabsorbé par les plantes lors de la photosynthèse, une quantité relativement importante de combustibles fossiles est utilisée dans les opérations de culture des biomasses agricoles (fonctionnement de la machinerie, production d'engrais chimiques ou de pesticides, etc.). Les opérations agricoles entraînent des émissions de GES qui ne sont pas prises en compte dans le cycle biologique du carbone des plantes.^{[2][35]} Elles doivent toutefois être comptabilisées dans le bilan total de la filière. Voir le schéma **Carboneutralité**, page suivante).

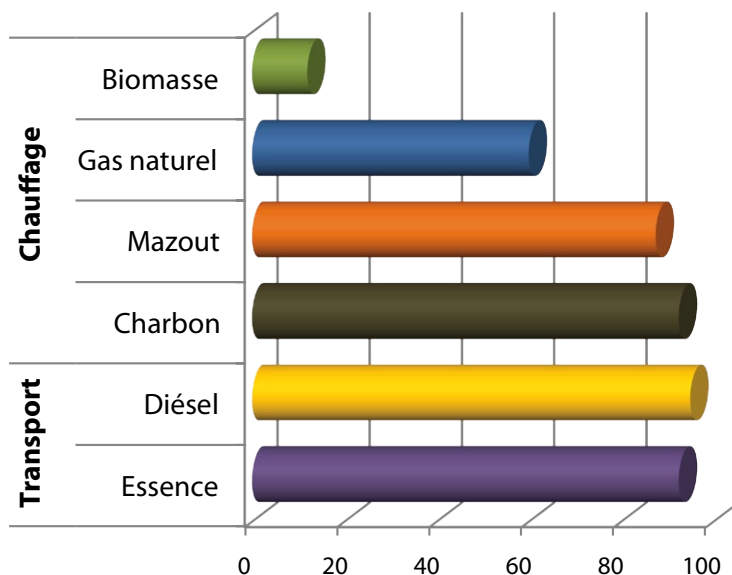
Globalement, les émissions de GES pour l'ensemble du cycle de vie de la filière agricole sont de beaucoup inférieures à celles des sources fossiles d'énergie, puisque, grâce au cycle biologique du carbone, les émissions issues de la combustion de la biomasse sont nulles à long terme. Cet avantage apparaît clairement à la consultation du **Graphique 1** (ci-contre).

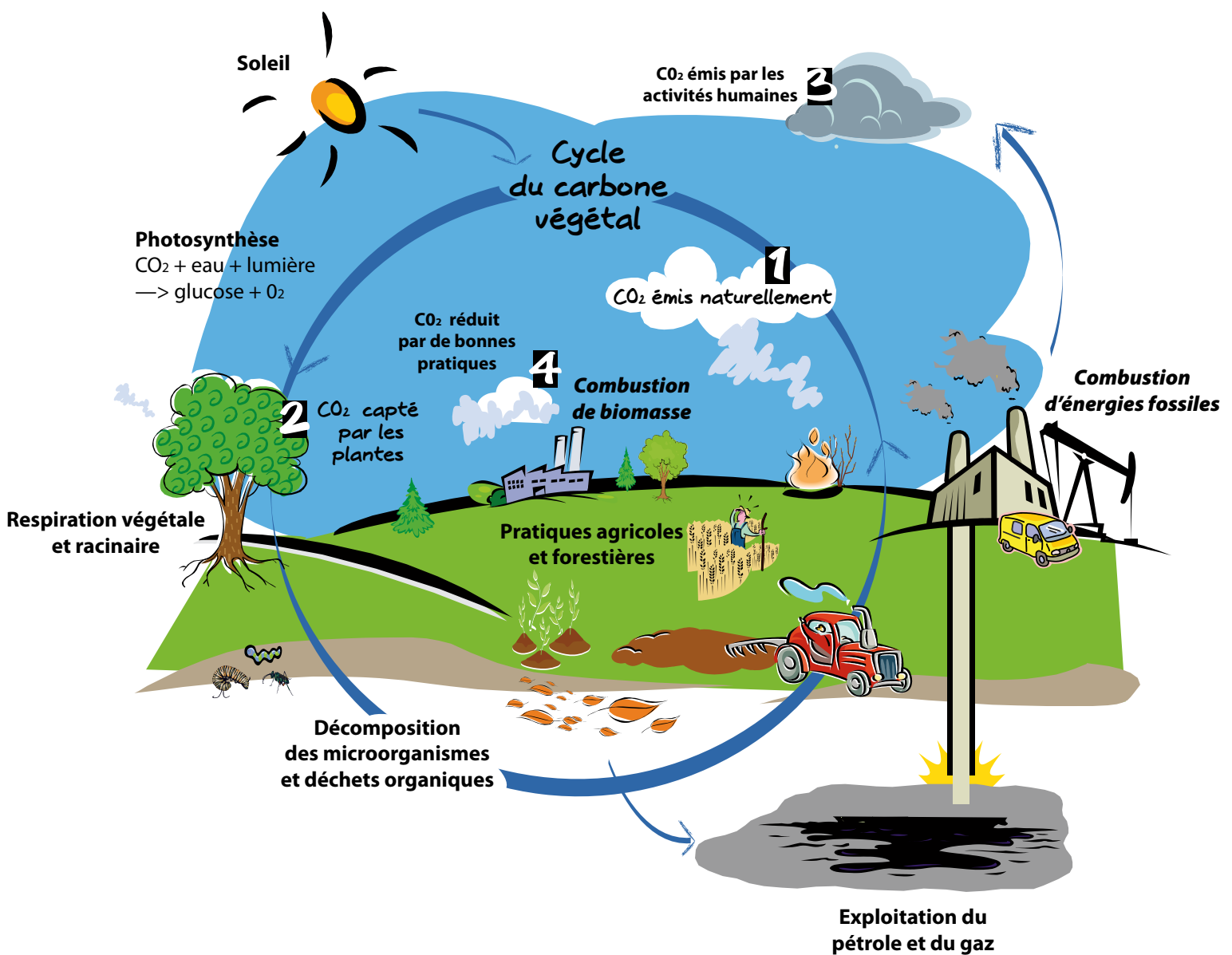
Cycle biologique du carbone

Le carbone est l'élément de base des tiges, des branches, des racines et des feuilles des plantes. Les végétaux ont donc grand besoin de carbone afin de pouvoir croître. Par le processus de la photosynthèse, ils captent le CO₂ présent dans l'air et utilisent le carbone pour synthétiser des molécules de glucose, lesquelles serviront entre autres à la fabrication de leurs cellules. Lors de la combustion des végétaux, ce même carbone retourne à l'atmosphère. Le carbone fait ainsi partie d'un cycle naturel d'échanges entre l'atmosphère et les plantes et il est reconnu que la quantité de carbone émise lors de la combustion de biomasses végétales équivaut celle emmagasinée durant leur croissance.^[23]

En comparaison, les combustibles fossiles, lorsque brûlés, libèrent rapidement le carbone qui a été accumulé dans des gisements souterrains pendant des millions d'années. Il en résulte une accumulation de GES qui ne peut pas être totalement compensée.

Graphique 1. Quantité de GES émise par différents combustibles dans l'ensemble de leur cycle de vie. ^[33]





Carboneutralité

1 CO_2 émis naturellement (respiration animale et végétale, feux de forêt, volcans, etc.) – **2** CO_2 capté par les plantes (photosynthèse) = **équilibre** du CO_2 dans l'atmosphère

Impact des activités humaines

1 CO_2 émis naturellement – **2** CO_2 capté par les plantes + **3** CO_2 émis par les activités humaines (exploitation, combustion, etc.) = **accumulation importante** de CO_2 dans l'atmosphère

Effet des bonnes pratiques

1 CO_2 émis naturellement – **2** CO_2 capté par les plantes + **3** CO_2 émis par les activités humaines (exploitation, combustion, etc.) – **4** CO_2 réduit par de bonnes pratiques = **accumulation réduite** de CO_2 dans l'atmosphère

3. LES PARAMÈTRES INFLUENÇANT LES ÉMISSIONS DE GES DE LA FILIÈRE

Il est primordial d'identifier quels sont les paramètres et les facteurs influençant les émissions de GES pendant tout le cycle de vie de la filière de production de chaleur à partir de la biomasse agricole. Cette démarche permet d'identifier de bonnes pratiques qui contribueront à diminuer les émissions de GES à chaque étape technique de la chaîne d'approvisionnement, donc de maximiser l'utilisation de cette ressource comme outil de lutte aux changements climatiques.

3.1. COMBUSTION

La combustion de la biomasse agricole émet principalement du CO₂ dans l'atmosphère. Elle produit également une certaine quantité de N₂O, ainsi que du CH₄ lorsque la combustion est dite incomplète.^[5] Les paramètres suivants peuvent avoir un effet sur ces GES émis par la combustion de biomasse agricole: la composition chimique de la biomasse, ses caractéristiques physiques, les intrants pour la culture, l'efficacité du système de combustion.

3.1.1. COMPOSITION CHIMIQUE DE LA BIOMASSE

Le type de biomasse agricole utilisé aura une incidence sur les émissions lors du processus de combustion. Comme le démontrent le **Graphique 2** (ci-contre), et le **Tableau 1** (ci-dessous), chaque végétal possède une composition chimique qui lui est propre et relâche des quantités de GES proportionnelles à ses contenus en carbone et en azote. Ce constat est également valable pour les autres types de combustibles utilisés pour le chauffage. À titre comparatif, le mazout émet une quantité beaucoup plus élevée de CO₂ que les cultures énergétiques, car il est composé presque exclusivement de carbone. Le type de biomasse utilisé a donc un impact sur les émissions produites lors de la combustion.



Souche et labours.

© www.photo-libre.fr

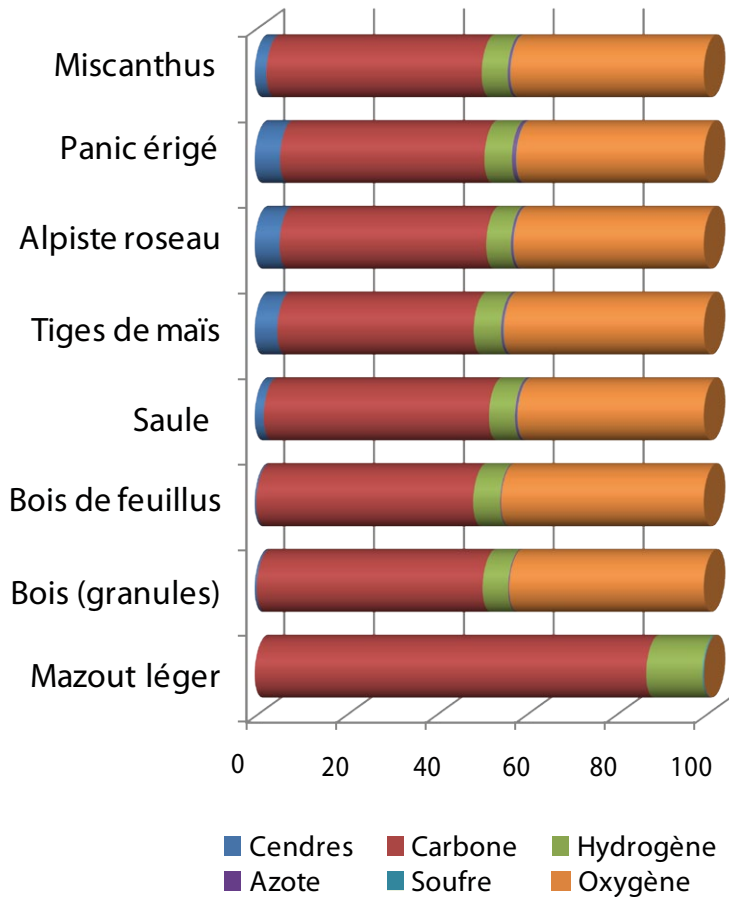
Tableau 1. Émissions moyennes de combustion de trois types de biomasses et du mazout (en grammes de GES par kilogramme de biomasse ou de combustible, selon le cas).^[17]

| Type de biomasse | Gaz à effet de serre (GES) | | | |
|------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| | CO ₂ | N ₂ O | CH ₄ | CO ₂ éq.* |
| Bois | 1135 | traces | 0,095 | 1137 |
| Panic érigé | 1142 | 0,003 | 0,021 | 1143 |
| Saule | 1079 | 0,015 | 0,241 | 1089 |
| Mazout léger ^[36] | 2871 | traces | traces | 2871 |

* Le N₂O et le CH₄ sont des GES ayant respectivement un potentiel de réchauffement global de 298 et 25 fois supérieur à celui du CO₂. On leur attribue donc une valeur de 298 et 25 « équivalents CO₂ » (298 et 25 CO₂éq).^[14]



Graphique 2. Composition élémentaire de divers combustibles. [4][6][7][10][28][36]



3.1.2. CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DE LA BIOMASSE

Le taux d'humidité, la granulométrie et la forme de la biomasse agricole utilisée peuvent avoir un effet sur la quantité et le type de GES émis lors de la combustion. Bien qu'il soit actuellement difficile de quantifier précisément l'impact de ces caractéristiques physiques sur les émissions de GES, certaines grandes lignes peuvent tout de même être tracées.

Tout d'abord, une teneur en eau trop élevée dans la biomasse rend difficile l'atteinte de la température de combustion optimale^[35], puisque la matière humide demande une plus grande quantité d'énergie pour être brûlée, ce qui engendre une combustion incomplète menant à la production de méthane (CH₄). Cette conséquence est aussi valable en présence d'un combustible non homogène: dans la chambre, les particules de différentes grosseurs ne brûleront pas à la même vitesse. Puisque les chaudières sont calibrées en fonction du type de biomasse agricole choisi (panic érigé, alpiste roseau, etc.) et d'une forme physique précise (vrac, granules, etc.), toute modification de ces paramètres nuira à la conservation de l'état optimal de combustion, rendant celle-ci incomplète.

3.1.3. LES INTRANTS POUR LA CULTURE DE LA BIOMASSE

L'utilisation d'engrais a un impact sur la quantité de GES émise lors de la combustion de la biomasse agricole. En effet, une culture énergétique exposée à des sols enrichis de fertilisants absorbera partiellement les éléments chimiques de ces derniers (azote, phosphore, potassium, etc.) et les emmagasinerà dans sa structure lors de la croissance. Une partie de ces éléments sera ensuite relâchée dans l'atmosphère lors du processus de combustion, sous forme de GES.

3.1.4. RÉGLAGES ET CONDITIONS D'OPÉRATION

Les émissions de GES sont finalement dépendantes des conditions et des paramètres d'opération de la chaudière. En effet, une chaudière mal réglée, ne fonctionnant pas de façon optimale, conduira fort probablement à une combustion incomplète, ce qui entraînera la production de méthane (CH₄), ainsi que d'autres polluants. Cette situation peut se produire lorsqu'il n'y a pas assez d'oxygène dans la chambre pour assurer une combustion complète, c'est-à-dire lorsque la biomasse n'y demeure pas assez longtemps ou encore lorsque la température de combustion est trop basse.^[35]

3.2 TRANSPORT, LIVRAISON ET RÉCOLTE

Dans l'ensemble de la filière de la biomasse agricole, le transport et la livraison font partie des étapes ayant le plus grand impact sur les émissions de GES. En effet, la machinerie mécanisée, les tracteurs et les camions utilisés pour le transport et la livraison, ainsi que pour certaines autres étapes de la chaîne d'approvisionnement (remise en culture, implantation, production et récolte), émettent une quantité importante de GES par l'entremise de l'utilisation de combustibles fossiles liquides.

Par exemple, pour le transport, il est estimé qu'environ 2,7kg de CO₂éq sont rejetés dans l'atmosphère pour chaque litre de diésel consommé comme carburant dans des véhicules lourds comme les fardiers.^[12] Ainsi, plus la distance à parcourir pour le transport et la livraison est grande, plus la quantité de GES émise sera élevée. Aux États-Unis, une étude a d'ailleurs analysé l'impact que peut avoir l'utilisation du diésel et de l'essence pour le transport du soya utilisé en tant que biomasse. Il y est évalué qu'environ 25 % des GES émis sur l'ensemble du cycle de vie de cette culture sont liés uniquement à son transport entre les champs et la bioraffinerie.^[21] Une attention particulière doit donc être portée à ces deux étapes de la filière afin de produire la biomasse agricole de manière durable.

3.3 IMPLANTATION ET PRODUCTION

L'utilisation de fertilisants et de pesticides pour l'implantation et la production de biomasse agricole a un impact sur la quantité de GES émise pendant l'ensemble du cycle de vie de la filière de production de chaleur.

3.3.1. UTILISATION DE FERTILISANTS

Quelques études ont pu déterminer qu'entre 1 et 5% de l'azote apporté dans les sols par le biais d'engrais est transformé en N₂O par les bactéries et rejeté dans l'atmosphère.^[11] Ainsi, l'utilisation de fertilisants azotés peut avoir un très grand impact sur le bilan des émissions de GES d'une culture agricole. Le relâchement de N₂O, dont le potentiel de réchauffement sur 100 ans est 298 fois plus grand que celui du CO₂^[14], peut faire augmenter drastiquement les émissions de GES de la filière.^[35]

En ce qui concerne l'utilisation de fertilisants organiques, comme les lisiers ou les boues usées municipales, il est reconnu que leur épandage fait augmenter l'activité biologique du sol et stimule par le fait même la production de N₂O.^[31] Une certaine quantité de CH₄ est également émise lorsque la décomposition de la matière organique du fertilisant se fait en absence d'oxygène.^[18] L'impact de ce type d'engrais sur les émissions de GES de la filière est pour le moment difficilement quantifiable, peu de recherches approfondies ayant été menées sur ce sujet précis.

3.3.2. UTILISATION DE PESTICIDES

L'utilisation de pesticides n'entraîne pas l'émission directe de GES dans l'atmosphère. Il est toutefois important de prendre en compte l'énergie utilisée pour produire et transporter ces pesticides. En effet, la fabrication d'un kilogramme de pesticide nécessite près de 440 mégajoules, soit l'équivalent de la teneur énergétique de 10 litres de mazout.^[21] La production de pesticides peut ainsi contribuer à l'émission de quantités importantes de GES lorsque l'énergie utilisée dans le processus provient de centrales thermiques fonctionnant à partir de combustibles fossiles, sans compter les émissions lors du transport entre l'usine et la ferme.

3.4. REMISE EN CULTURE DES TERRES

Dans le cas où la biomasse agricole est implantée sur des terres en friche ou des lots abandonnés, la remise en culture de ces superficies générera une quantité importante de GES. En effet, lors du travail du sol lié à la remise en culture, la matière organique qui y est accumulée depuis plusieurs années par l'entremise du processus de minéralisation se retrouve soudainement exposée à l'air libre.^{[16][25]} Une partie de la matière organique subit alors une oxydation et se transforme en CO₂, lequel retourne ainsi à l'atmosphère.^[27] De plus, le désherbage de ces parcelles et le travail du sol entraînent la décomposition d'une masse non négligeable de végétaux, lesquels rejettent dans l'atmosphère une partie du carbone et de l'azote qu'ils contenaient.



4. LES BONNES PRATIQUES À METTRE EN ŒUVRE AFIN DE RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GES DE LA FILIÈRE

Les sections précédentes permettent de comprendre que l'utilisation de la biomasse agricole comme combustible, en comparaison avec l'utilisation de combustibles fossiles, comporte des avantages pour la lutte aux changements climatiques. En effet, le captage du carbone par la biomasse végétale demeure une des principales forces de la filière, la quantité nette de GES émise sur l'ensemble de son cycle de vie étant inférieure à celle du mazout. Néanmoins, plusieurs étapes de la filière émettent du CO₂, du N₂O et du CH₄. De bonnes pratiques doivent être implantées afin de réduire ces émissions et d'en minimiser les impacts sur l'environnement.

4.1. COMBUSTION

4.1.1. CHOISIR LE BON COMBUSTIBLE

Dans l'état actuel des connaissances, il est difficile de recommander une culture plutôt qu'une autre du point de vue de l'impact de leur composition chimique sur le climat. Toutefois, des recherches approfondies sont en cours et devraient permettre, au cours des prochaines années, de cibler les cultures à privilégier.

4.1.2. FAVORISER L'HOMOGENÉITÉ DE LA BIOMASSE

Plus le combustible est variable, moindre est la qualité de la combustion, entraînant l'émission d'une plus grande quantité de polluants atmosphériques et de GES, dont le CH₄.^[15] Afin d'améliorer le processus de combustion, il est impératif que les responsables d'un projet de chaufferie **s'assurent d'un approvisionnement constant en biomasse agricole et que les caractéristiques de cette dernière soient fidèles à celles déterminées au départ, lors du calibrage de la chaudière.** Un changement de biomasse ou une variation dans les propriétés du combustible utilisé feraient augmenter les émissions de polluants et de GES.^[30] L'étape

de l'entreposage est également cruciale puisqu'une **biomasse détériorée verrait ses caractéristiques altérées et empêcherait la fournaise d'atteindre le point de combustion optimal.**

4.1.3. OPTIMISER LE PROCESSUS DE COMBUSTION ET LES INSTALLATIONS

L'installation, le calibrage et l'entretien d'une chaudière à la biomasse agricole constituent des étapes déterminantes dans le bon fonctionnement d'un réseau de chaleur. Ces étapes devraient toujours être réalisées par un professionnel habilité. En effet, ce type d'équipement est complexe et de mauvais réglages peuvent mener à l'émission d'une quantité importante de polluants atmosphériques et de GES, ainsi qu'à la dégradation rapide des composantes de l'appareil. La puissance de la **chaudière devrait toujours être adaptée aux besoins.** Si elle est trop puissante, elle fonctionnera à bas régime, donc en dehors des conditions optimales d'opération. Une combustion incomplète sera alors engendrée, causant du coup des émissions de CH₄. De même, pour les raisons décrites à la section précédente (**4.1.2. Favoriser l'homogénéité de la biomasse**), une **chaudière à la biomasse agricole doit toujours être calibrée en fonction du type de combustible brûlé et de ses caractéristiques physico-chimiques.**

4.2. TRANSPORT, LIVRAISON ET RÉCOLTE

Différentes bonnes pratiques peuvent être mises en œuvre afin de réduire les quantités de CO₂ et de N₂O liées à l'utilisation de machinerie et de camions.

Tout d'abord, **des efforts doivent être consentis afin de rendre la logistique des transports plus efficace, principalement en réduisant la distance totale parcourue par l'équipement mécanisé et les fardiers. Dans le cas d'une production destinée à être utilisée directement sur la ferme, la construction d'un site d'entreposage près de la chaudière est à envisager.** De cette manière, le producteur est en mesure de mieux gérer la quantité et la qualité de sa biomasse. Il évite également de nombreux déplacements par rapport à l'utilisation de stocks de biomasses laissés en bordure de champs ou dans un site

secondaire éloigné de la ferme.^[32] **De plus, les grandes parcelles de forme rectangulaire sont à prioriser**, lorsque possible, car elles réduisent le nombre de manœuvres à effectuer par les tracteurs ou par les récolteuses.^[22]

Dans le cas d'une production de biomasse agricole destinée à être transformée en granules, **il est recommandé d'exploiter ou de construire un site d'entreposage en bordure des axes routiers principaux menant à l'usine de transformation. Si les parcelles cultivées sont près les unes des autres, il est recommandé d'implanter un site d'entreposage intermédiaire le plus centralisé possible et le plus près possible des axes routiers.** Cette initiative permettra de réduire les déplacements des camions qui sont requis pour le transport entre les sites de production et l'usine de transformation.^[32]

De surcroît, **chaque camion doit être chargé au maximum.** En plus de contribuer à réduire les impacts sur les changements climatiques, cette bonne pratique permet aux producteurs d'économiser sur les coûts totaux de transport. Afin d'y parvenir, **il est important de réduire le taux d'humidité de la biomasse transportée.**^[32] En effet, le contenu en eau fait augmenter la masse totale d'un chargement et réduit la quantité utile de biomasse transportable. Le séchage et la densification sont des solutions intéressantes pour remédier à ce problème. Ces procédés permettent de réduire considérablement le taux d'humidité de la biomasse, tout en augmentant la densité de celle-ci. Il est toutefois important de prendre en considération l'énergie qui sera utilisée pour sécher ou condenser la biomasse. L'utilisation d'électricité provenant de combustibles fossiles ou encore d'équipements fonctionnant aux hydrocarbures pourrait annuler les réductions attendues de GES. **Un séchage naturel en andains dans les champs ou encore dans un site d'entreposage extérieur est à privilégier autant que possible.**

Parmi les autres mesures envisageables, **l'entretien mécanique régulier des véhicules et de la machinerie est à favoriser afin de maintenir les moteurs dans le meilleur état de marche possible.** Cette bonne pratique permettra d'éviter des émissions supplémentaires de polluants et de GES, en plus de faire augmenter la durée de vie de ces équipements.

4.3. IMPLANTATION ET PRODUCTION

4.3.1. UTILISATION DE FERTILISANTS

Les cultures énergétiques ligneuses et lignocellulosiques nécessitent moins de fertilisants que les cultures de plantes annuelles.^[6] Selon certaines études, le panic érigé nécessiterait de 25 à 50% moins d'azote qu'une culture de maïs-grain traditionnelle^[16], générant par le fait même des émissions moindres de N₂O.

Néanmoins, des réductions supplémentaires de GES peuvent être réalisées en utilisant un minimum de fertilisants azotés. En effet, le recyclage d'éléments nutritifs provenant de la biomasse foliaire et racinaire non récoltée et enfouie dans le sol peut combler une très grande partie des besoins en nutriments de la biomasse agricole.^[16] **Il est recommandé d'utiliser un minimum de fertilisants azotés, et de ne les appliquer qu'au moment où la plante en a le plus besoin**, afin d'éviter les excès d'azote dans le sol. **Il est aussi recommandé de favoriser de bonnes conditions de sol** (sol bien drainé, peu compacté, bon taux de matière organique) **afin que le cycle des éléments nutritifs soit optimisé.**

Si des lisiers ou des fumiers sont utilisés comme fertilisants, il est recommandé d'éviter de le faire sur des sols détrempés ou lorsque des précipitations sont prévues à court terme^[9], car cela entraînerait une plus grande émission de N₂O et de CH₄.



Pulvérisateur.

© Wikimedia Commons



4.3.2. UTILISATION DE PESTICIDES

Les cultures pérennes énergétiques utilisent généralement beaucoup moins de pesticides que les cultures annuelles. L'épandage d'herbicides peut être nécessaire durant la phase d'implantation, mais, une fois que la biomasse est bien établie, ils ne sont utilisés que très rarement (voir **Utilisation des pesticides**, ci-dessous).^[16] *Il est possible de limiter encore plus l'utilisation des pesticides en plantant dans le même champ des variétés différentes de la même espèce végétale*, notamment pour les cultures ligneuses.^{[8][13][25]} Cette technique permet de réduire les effets néfastes des infections, des insectes ravageurs et des parasites sur les cultures en renforçant leur résistance grâce à une plus grande diversité biologique et génétique. Ainsi, en utilisant moins de pesticides, moins de GES (liés à leur production en usine et à leur transport jusqu'aux champs) sont émis dans l'atmosphère.

Utilisation des pesticides

L'utilisation de pesticides devrait toujours suivre les directives du *Code de gestion des pesticides du Québec*, permettant de réduire au minimum les dangers potentiels à la santé humaine et à l'environnement.

4.4. REMISE EN CULTURE DES TERRES

Afin de réduire la quantité de GES émise lors de cette étape, la littérature scientifique préconise, dans la mesure du possible, *la sélection de terres qui ont tendance à moins emmagasiner de carbone organique, mais qui offrent tout de même des rendements intéressants pour la biomasse agricole*.^[34]









CONCLUSION

Dans une perspective de lutte aux changements climatiques, l'utilisation de la biomasse agricole comme combustible comporte plusieurs avantages par rapport à l'utilisation de combustibles fossiles. Le meilleur atout de cette filière est sans contredit la capacité des cultures de biomasse agricole à capter le carbone. De plus, le processus d'approvisionnement de la biomasse, sauf exception, consomme moins d'énergie que celui des hydrocarbures.^[35]

La filière dans son ensemble ne peut toutefois pas être considérée comme carboneutre. Plusieurs étapes, notamment le transport et la livraison, entraînent le rejet de quantités importantes de GES dans l'atmosphère en raison d'une consommation de mazout et d'essence. Ces émissions doivent être prises en compte si l'on veut dresser un portrait réaliste de l'impact de la filière sur les changements climatiques.

L'implantation de bonnes pratiques permet de réduire la quantité de CO₂, de CH₄ et de N₂O émise par l'ensemble de la filière. La remise en culture de terres emmagasinant moins de carbone organique, une réduction du nombre de déplacements et une utilisation restreinte de fertilisants et de pesticides figurent parmi les principaux comportements à adopter pour produire une biomasse agricole ayant un impact moindre sur les changements climatiques. Voir le **Résumé des bonnes pratiques à adopter dans la filière de la biomasse agricole afin de diminuer son impact sur les changements climatiques**, page suivante.

RÉSUMÉ DES BONNES PRATIQUES À ADOPTER DANS LA FILIÈRE DE LA BIOMASSE AGRICOLE AFIN DE DIMINUER SON IMPACT SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

| | | |
|---|--|---|
| COMBUSTION  | Favoriser l'homogénéité de la biomasse. | <ul style="list-style-type: none"> Assurer un approvisionnement constant en biomasse, qui respecte les caractéristiques établies lors du calibrage de la chaudière. Utiliser une biomasse non détériorée. |
| | Optimiser le processus de combustion et les installations. | <ul style="list-style-type: none"> Effectuer un entretien et un calibrage réguliers de la machinerie. Engager un professionnel habilité pour le faire. Choisir une chaudière adaptée aux besoins et calibrée en fonction des caractéristiques de la biomasse agricole utilisée. |
| TRANSPORT ET LIVRAISON   | [Pour l'ensemble de la filière.] | <ul style="list-style-type: none"> Réduire au maximum la distance totale parcourue par la machinerie et les camions. Construire un site d'entreposage de manière à limiter les déplacements. Charger le camion au maximum selon la réglementation en vigueur. Favoriser le séchage naturel en andains dans les champs ou encore dans un site d'entreposage extérieur. Assurer un entretien mécanique régulier des véhicules et de la machinerie. Prioriser l'utilisation de grandes parcelles de forme rectangulaire. |
| | Intrants pour la culture : fertilisants. | <ul style="list-style-type: none"> Utiliser un minimum de fertilisants. Favoriser de bonnes conditions de sol pour optimiser le cycle des éléments nutritifs. Épandre des lisiers seulement si les conditions au champ sont favorables. |
| IMPLANTATION ET PRODUCTION    | Intrants pour la culture : pesticides. | <ul style="list-style-type: none"> Planter différentes variétés de la même espèce. |
| | Sélectionner les terres. | <ul style="list-style-type: none"> Sélectionner des terres pauvres en carbone organique, mais avec un bon potentiel de croissance pour la biomasse agricole. |

La Coop
fédérée

UPA L'Union des producteurs agricoles

Biopierre
L'Institut de la biomasse agricole

irda Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

CDR Coopérative de Développement Régional
Bas-Saint-Laurent/Côte-Nord
Coopérative de solidarité

BIÉNERGIE
MÉGANTIC

Coopérative agricole de biomasse de la Côte-du-Sud

AGRO ÉNERGIE

Partenaire financier principal



FONDS D'ACTION QUÉBÉCOIS POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Partenaire financier

Québec



Nature Québec
sensible à tous les milieux

Cette fiche fait partie d'une série de quatre fiches publiés dans le cadre du projet *Combustion verte et climat : l'agriculture en renfort!* [en ligne : <http://www.naturequebec.org/combustion-verte-et-climat>], portant sur la réduction de l'utilisation des combustibles fossiles pour le chauffage dans le domaine institutionnel, municipal, commercial, agricole et industriel, ainsi que sur les différents enjeux qui y sont reliés.

Rédaction : Jérôme Lévesque et Amélie St-Laurent Samuel
Collaborateurs : Sébastien Fournel et Marie-Noëlle Thivierge
Illustration de page couverture (haut) : Corsaire Design
Édition, graphisme et autres illustrations : Marie-Claude Chagnon
ISBN 978-2-89725-052-2 (imprimé) et 978-2-89725-053-9 (PDF)
© Nature Québec, juillet 2014 (2^e édition)

RÉFÉRENCES

FICHE 2



Lutte contre
les changements
climatiques

BIOMASSE AGRICOLE ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES

[1] Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), 2013. «Protoxyde d'azote. Données générales. Chiffres clés». Section Domaines d'intervention. Air. Émissions dans l'industrie et l'agriculture. À chaque polluant une fiche pratique. [En ligne.] <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=16003>

[2] Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), 2007. *Les émissions atmosphériques de la combustion de biomasse*. Paris (France). 10 p. [En ligne.] http://www.ofme.org/bois-energie/documents/Environnement/etude_ademe_emission_atmo6_07_2007.pdf

[3] Agriculture and Agri-Food Canada (AAC), 2008. *Better Farming, Better Air: A Scientific Analysis of Farming Practice and Greenhouse Gases in Canada*. Ottawa (Ontario, Canada). 146 p. [En ligne.] http://publications.gc.ca/collections/collection_2009/agr/A52-83-2008E.pdf

[4] Agrinova, groupe AGÉCO, 2009. *Cultures énergétiques*. Fiche synthèse n° 2 préparée par le groupe de travail sur le milieu rural comme producteur d'énergie. Québec (Québec, Canada). 8 p. [En ligne.] http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/developpement_regional/ruralite/groupes_travail/Cultures_energetiques.pdf

[5] Brassard, P., 2012. *Étude des émissions gazeuses et particulières de la combustion de biomasses agricoles et forestières*. Mémoire de maîtrise en génie agroalimentaire. Québec (Québec, Canada), Université Laval. 97 p. [En ligne.] <http://www.theses.ulaval.ca/2012/29173/29173.pdf>

[6] Brodeur, C., J. Cloutier, D. Crowley et coll., 2008. *La production de biocombustibles solides à partir de biomasse résiduelle ou de cultures énergétiques*. Québec (Québec, Canada), Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 16 p. [En ligne.] <http://www.craaq.qc.ca/data/DOCUMENTS/EVC032.pdf>

- [7] Burvall, J., 1997. Influence of Harvest Time and Soil Type on Fuel Quality in Reed Canary Grass (*Phalaris arundinacea* L.). *Biomass and Bioenergy* 12 (3): 149-154.
- [8] Caslin, B., J. Finnan and A. McCracken (eds), 2010. *Short Rotation Coppice Willow Best Practice Guidelines*. The Irish Agriculture and Food Development Authority (Teagasc) and Agri-Food and Bioscience Institute (AFBI). Carlow and Belfast (Ireland). 66 p.
- [9] Chantigny, M., 2002. Émissions de protoxyde d'azote (N₂O) en agriculture, contribution des amendements organiques, des fertilisants minéraux et du labour. Extrait d'une conférence présentée au 65^e congrès de l'Ordre des agronomes du Québec. 8 p. [En ligne.] <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/chantigny.pdf>
- [10] Clarke, S., et F. Preto, 2011. *Caractéristiques de combustion de la biomasse*. Fiche technique. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO). 7 p. [En ligne.] <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/11-034.pdf>
- [11] Crutzen, P.J., A.R. Mosier, K.A. Smith and W. Winivarter, 2008. N₂O Release from Agro-biofuel Production Negates Global Warming Reduction by Replacing Fossil Fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8: 389-395. [En ligne.] <http://www.atmos-chem-phys.net/8/389/2008/acp-8-389-2008.pdf>
- [12] Environnement Canada, 2008. *Rapport d'inventaire national 1990-2006: sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*. 689 p. [En ligne.] http://publications.gc.ca/collections/collection_2009/ec/En81-4-2006F.pdf
- [13] Evers, A., A. Bambrick, S. Lacombe *et al.*, 2010. Potential Greenhouse Gas Mitigation through Temperate Tree-Based Intercropping Systems. *The Open Agriculture Journal* 4: 49-57. [En ligne.] <http://www.benthamscience.com/open/toasj/articles/V004/SI0047TOASJ/49TOASJ.pdf>
- [14] Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo *et al.*, 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning *et al.* (eds.)]. Cambridge (UK) and New-York (New York, USA), Cambridge University Press. [En ligne.] <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf>
- [15] Fournel, S., S. Godbout et J.H. Palacios, 2012. *Combustion de biomasses agricoles: prédire les émissions atmosphériques et l'influence des caractéristiques physico-chimiques*. Fiche synthèse. Québec (Québec, Canada). Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). 2 p. [En ligne.] <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/combustion%20biomasse%20agricole.pdf>
- [16] Gasser, M.-O., M. Bolinder, S. Martel et coll., 2010. *Impacts agroenvironnementaux associés à la culture et au prélèvement de biomasses végétales agricoles pour la production de bioproduits industriels*. Rapport final. Québec (Québec, Canada), Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). 200 p. [En ligne.] <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/IRDAimpactBiomassefev2012.pdf>
- [17] Godbout, S., J.H. Palacios, J.P. Larouche et coll., 2012. *Bilan énergétique, émissions gazeuses et particulières de la combustion de la biomasse agricole à la ferme*. Rapport final. Québec (Québec, Canada), Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire. 239 p. [En ligne.] http://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/godbout-et-al-2012_rapport_combustion_biomasse.pdf
- [18] Gregorich, E.G., P. Rochette, A.J. Van den Bygaart and D.A. Angers, 2005. Greenhouse gas Contributions of Agricultural Soils and Potential Mitigation Practices in Eastern Canada. *Soil and Till Research* 83 (1): 53-72. [En ligne.] <http://naldc.nal.usda.gov/download/7687/PDF>
- [19] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013. *Climate change 2013: The Physical Science Basis*. Summary for Policymakers. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. 36 p. [En ligne.] http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGI_AR5_SPM_brochure.pdf
- [20] Janzen, H.H., D.A. Angers, M. Boehm *et al.*, 2006. A Proposed Approach to Estimate and Reduce Net Greenhouse Gas Emissions from Whole Farm. *Canadian Journal of Soil Science* 86 (3): 401-418. [En ligne.]



ftp://s173-183-201-52.ab.hsia.telus.net/lnetpub/wwwroot/DairyWeb/Resources/Research/CJSS86/CJSS8603_401.pdf

[21] Kim, S., and B.E. Dale, 2004. Cumulative Energy and Global Warming Impact from the Production of Biomass for Biobased Products. *Journal of Industrial Ecology* 7 (3): 147-163. [En ligne.] <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1162/108819803323059442/pdf>

[22] Labrecque, M., et T.I. Teodorescu, 2004. *La culture intensive de saules en courtes rotations (CICR)*. Institut de recherche en biologie végétale (IRBV). Jardin botanique de Montréal et Université de Montréal. 4 p. [En ligne.] http://agroenergie.ca/pdf/Culture_du_saule/Culture_intensive_saules_%20courtes_rotations.pdf

[23] Lavric, E.D., A. Konnov et J. De Ruyck, 2004. Dioxin Levels in Wood Combustion. A Review. *Biomass and Bioenergy* 26 (2): 115-145.

[24] Lee, C.M., P. Erickson, M. Lazarus et al., 2011. *Greenhouse Gas and Air Pollutant Emissions of Alternatives for Woody Biomass Residues*. Final Report. Seattle (United States), Stockholm Environment Institute (SEI). 89 p. [En ligne.] http://data.orcaa.org/files/7913/0927/5799/SEI_WoodyBiomassEmissions_final_v2.pdf

[25] Martel, S., S. Seydoux, A. Michaud et coll., 2006. *Évaluation des effets combinés des principales pratiques de gestion bénéfiques (PGB)*. Revue de littérature et schéma décisionnel pour la mise en œuvre de PGB. Québec (Québec, Canada), Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). 118 p. + annexes.

[En ligne.] http://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/martel-et-al-2006_rapport_interactions_pgb.pdf

[26] McGranahan, G., D. Balk and B. Anderson, 2007. The Rising Tide: Assessing the Risks of Climate Change and Human Settlements in Low Elevation Coastal Zones. *Environment and Urbanization* 19 (1): 17-37. [En ligne.] <http://eau.sagepub.com/content/19/1/17.full.pdf>

[27] N'Dayegamiye, A., et A. Vanasse, 2005. Impacts des régies agricoles sur la séquestration du carbone et de l'azote dans les sols pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (CO₂, N₂O). *Vecteur environnement* 38 (6): 37-39. [En ligne] http://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/ndaye-2005_article_regies_agricoles_vs_ges.pdf

[28] Obernberger, I., and G. Thek, 2004. Physical Characterisation and Chemical Composition of Densified Biomass Fuels with Regard to their Combustion Behaviour. *Biomass and Bioenergy* 27 (6): 653-669.

[29] Organisation mondiale de la santé (OMS), 2013. « Changement climatique et santé ». Aide mémoire n° 266. [En ligne.] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/fr/>

[30] Press-Kristensen, K., 2013. Small Chimneys, Big emissions. *Acid News* 1: 1-5. [En ligne] http://www.airclim.org/sites/default/files/acidnews_pdf/AN1-2013.pdf



Nuages et lumière.

© www.photo-libre.fr

[31] Rochette, P., E. van Bochove, D. Prévost *et al.*, 2000. Soil Carbon and Nitrogen Dynamics Following Application of Pig Slurry for the 19th Consecutive Year II. Nitrous Oxide Fluxes and Mineral Nitrogen. *Soil Science Society of America Journal* 64 (4): 1396-1403.

[32] Sampson, C., J. Agnew and J. Wassermann, 2012. *Logistics of Agricultural Biomass Feedstock for Saskatchewan*. Research Report. Humboldt (Canada), Prairie Agricultural Machinery Institute (PAMI). 231 p. [En ligne.] <http://pami.ca/wp-content/uploads/2012/06/Research-Report-Logistics-of-Agricultural-Biomass-Feedstock-for-Saskatchewan.pdf>

[33] Samson, R., and S. Bailey Stamler, 2009. *Going Green for Less: Cost-Effective Alternative Energy Sources*. C.D. Howe Institute Commentary 282. Toronto (Ontario, Canada). 25 p. [En ligne.] http://www.cdhowe.org/pdf/commentary_282.pdf

[34] Tilman, D., R. Socolow, J. Foley *et al.*, 2009. Beneficial Biofuels. The Food, Energy and Environment Trilemma. *Science* 325: 270-271. [En ligne.] <http://www.usclimatenetwork.org/resource-database/Tilman%20et%20al%202009.pdf>

[35] Van Loo, S., and J. Koppejan, 2008. *The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing*. Sterling (Virginia, United States). 442 p.

[36] Weston, K., 1992. Chapter 3: Fuels and Combustion, pp. 85-132. *In: Energy Conversion*. West Publishing Company, College & School Division. 650 p. [En ligne.] <http://www.personal.utulsa.edu/~kenneth-weston/chapter3.pdf>



Grands vents d'automne.

© CCDMD, Le Québec en images, Hélène S. Dubois

ISBN 978-2-89725-052-2 (imprimé)

ISBN 978-2-89725-053-9 (PDF)

Nature Québec
sensible à tous les milieux