



Lutte contre les changements climatiques

BIOMASSE AGRICOLE

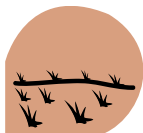
DOCUMENT DE SYNTHÈSE

À l'échelle mondiale, l'important développement du domaine des bioénergies vise à réduire la dépendance de plusieurs économies nationales à l'utilisation des combustibles fossiles et également à diminuer les émissions de gaz à effet de serre (GES) qui en découlent. Dans ce contexte, l'emploi de la biomasse agricole pour la production de chaleur, en remplacement des combustibles fossiles, représente une avenue intéressante. En effet, les émissions de GES de l'ensemble du cycle de vie de la filière agricole sont grandement inférieures à celles des sources fossiles d'énergie, notamment grâce à la capacité des végétaux à capter une bonne partie du carbone émis lors de leur combustion.^[39]

Cette filière alternative de production de chaleur s'appuie sur différentes étapes techniques, de la production des cultures jusqu'à l'utilisation de la ressource. Le présent document synthèse présente les types de cultures qui peuvent être utilisés comme combustibles, ainsi que les étapes techniques de la chaîne d'approvisionnement. Ces étapes sont également reliées aux différents enjeux de développement durable présentés en détail dans les quatre fiches de sensibilisation publiées dans le cadre du projet *Combustion verte et climat: l'agriculture en renfort!* Finalement, un résumé des bonnes pratiques à mettre en place afin de minimiser les impacts environnementaux et sociaux négatifs de la filière, tout en maximisant ses retombées économiques pour les communautés locales, sera présenté.



Remise en culture



Implantation



Production



Récolte



Transport



Densification



Conditionnement



Distribution



Combustion



Gestion cendres

1. LES TYPES DE CULTURES

Différentes espèces végétales ainsi que plusieurs résidus de culture peuvent être utilisés comme combustibles pour produire de la chaleur. Ces biomasses d'origine agricole peuvent être divisées en trois groupes distincts, nécessitant chacun une chaîne d'approvisionnement différente: les cultures ligneuses, les cultures lignocellulosiques et les résidus de culture.

1.1. CULTURES LIGNEUSES

Les cultures ligneuses sont définies ici comme des cultures arbustives se réalisant sur des terres agricoles marginales, dédiées à la combustion et dont la méthode de culture s'apparente plus à l'agriculture qu'à la foresterie. En effet, ces cultures, aussi appelées taillis à courte rotation, sont généralement semées en haute densité et requièrent l'utilisation de machinerie agricole pour leur implantation et leur récolte. Des espèces comme le saule à croissance rapide ou encore le peuplier hybride font partie de cette catégorie.^[15] Les cultures ligneuses sont également intéressantes en ce qui concerne leurs multiples usages possibles, notamment en tant qu'amendement sous forme de bois raméal fragmenté (BRF), pour la confection de haies brise-vent ou de bandes riveraines ou encore pour dépolluer des terrains contaminés (phytoremédiation).^[28]

1.2. CULTURES LIGNOCELLULOSIQUES

Dans le cadre du projet *Combustion verte et climat: l'agriculture en renfort!*, les cultures lignocellulosiques sont définies comme des plantes herbacées pérennes dédiées à la production énergétique et implantées sur des terres agricoles marginales. Des graminées comme le panic érigé, l'alpiste roseau, le miscanthus ou encore le barbon de Gérard sont parmi les espèces les plus connues de ce groupe.^{[15][18]} Leur pérennité, leur adaptabilité aux conditions climatiques québécoises, leur utilisation efficace de l'eau et des nutriments, leur rendement (de moyen à élevé), ainsi que leurs multiples usages potentiels (litière, bande riveraine, etc.) en font des cultures énergétiques intéressantes.

1.3. RÉSIDUS DE CULTURE

Les résidus de culture sont des restes végétaux provenant de l'agriculture et qui sont constitués de parties de plantes cultivées qui ne sont pas vouées à la consommation alimentaire. Cette catégorie regroupe donc les pailles de céréales (blé, avoine, orge), les tiges de maïs, de canola et de soya, le foin de troisième qualité, etc.^[15] La collecte d'une partie des résidus laissés au sol après la récolte permettrait de mettre en valeur cette biomasse.



Haie de saules arbustifs.

© sy3alacampagne.blogspot.com



2. LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT

La chaîne d'approvisionnement de la filière de la biomasse agricole se divise en plusieurs étapes techniques, variant selon le type de culture.

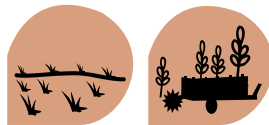
2.1. REMISE EN CULTURE



La remise en culture des terres consiste à effectuer des travaux d'aménagement sur une friche ou un pâturage abandonné afin de pouvoir l'utiliser pour y implanter une culture ligneuse ou lignocellulosique. Des travaux d'épierreage, d'essouchage ou de drainage peuvent être nécessaires si une parcelle est demeurée inutilisée et non entretenue pendant une longue période. Ces travaux de défrichage et de remise en état d'une terre peuvent être plus ou moins longs. Les coûts qui y sont reliés sont très variables, selon l'état de la friche (herbacée, arbustive, arborée).

Afin d'approfondir le sujet, vous pouvez consulter la fiche [Biomasse agricole : vitalité des communautés et acceptabilité des projets.](#)^[45]

2.2. IMPLANTATION



L'implantation consiste à préparer le sol adéquatement, par exemple par le biais d'opérations de labourage ou de désherbage, et à y planter les semences d'une culture lignocellulosique ou les boutures ou plants d'espèces ligneuses. Puisque les cultures utilisées dans la filière de la biomasse agricole pour la production de chaleur sont pérennes, cette étape ne se réalise qu'une seule fois, soit lors du premier cycle de production. La durée de vie de ces cultures énergétiques est variable, mais se situe généralement entre 15 et 25 ans pour les cultures ligneuses et entre 10 à 15 ans pour les cultures lignocellulosiques.^{[15][57]} Des planteuses mécaniques spécialisées doivent être utilisées dans le cas des cultures ligneuses.^[15]

2.3. PRODUCTION



L'étape de production correspond essentiellement à la période de croissance d'une culture, jusqu'au moment de sa récolte. Durant cette période, si cela est jugé nécessaire par un agronome, une application de fertilisants qui respecte les bonnes pratiques de la filière peut être réalisée.

2.4. RÉCOLTE



La récolte des cultures pérennes énergétiques se réalise chaque année tardivement à l'automne (excepté la première année d'un cycle de production).^{[15][57]} La machinerie utilisée diffère d'un type de culture à l'autre. Les cultures ligneuses sont coupées après chaque cycle de croissance, sous forme de tiges entières ou par broyage.^[15] Ce type de biomasse nécessite l'utilisation de machinerie spécialisée. Des équipements dérivés de récolteuses de canne à sucre, d'ensileuses ou de presses à balles rondes peuvent être utilisés (BioBaler™, etc.).^[15] Les cultures lignocellulosiques sont fauchées et ramassées sous forme de balles rondes ou carrées, ou parfois hachées (avec la même machinerie qui est utilisée dans les productions fourragères).^[15] Du côté des résidus de culture, des équipements agricoles conventionnels ou modifiés peuvent être utilisés, selon le format de la biomasse à recueillir (pailles, tiges, etc.). C'est lors de cette étape que la biomasse peut être séchée naturellement en andains (voir l'encadré [Le séchage](#), page suivante).^[74]



Le séchage

Au moment de la coupe, la biomasse agricole contient généralement une quantité importante d'eau. En plus de réduire l'efficacité de combustion du produit, cette humidité fait augmenter le poids de la biomasse, la rendant plus coûteuse à manipuler, entreposer et transporter.^[74] Le séchage du produit est donc fortement recommandé.

Différentes méthodes peuvent être utilisées afin de réduire le taux d'humidité du produit. Tout d'abord, il est possible d'effectuer un séchage en andains directement au champ. Cette méthode, qui s'applique particulièrement aux cultures lignocellulosiques, est peu coûteuse et écologique, car elle utilise l'énergie du soleil. Néanmoins, elle demeure soumise aux aléas de la météo. La biomasse agricole peut également être séchée à l'air libre dans un entrepôt couvert ventilé. Cette méthode nécessite toutefois une bonne gestion des réserves afin de prévenir la formation de moisissures et de champignons ainsi que les risques de combustion spontanée.

Finalement, le processus de densification de la biomasse agricole, bien que coûteux et énergivore, permet de réduire de manière importante le taux d'humidité du produit.



2.5. TRANSPORT

L'étape du transport correspond au déplacement de la biomasse agricole de son site de production vers un site d'entreposage ou de densification. Le produit récolté est généralement transporté sur une remorque tirée par un tracteur ou sur une camionnette, mais peut aussi être transporté par camion si la quantité l'exige et que les conditions du terrain le permettent.^[74] Quant au transport de la biomasse agricole vers une usine de densification, il s'effectue par le biais de remorques tractées par des camions.



2.6. DENSIFICATION

La densification est une étape optionnelle de la chaîne d'approvisionnement de la filière de la biomasse agricole. En effet, la biomasse récoltée peut être utilisée comme combustible sous forme broyée (en vrac), mais également sous forme densifiée (granules, briquettes, etc.). Cette dernière permet de donner une plus grande valeur calorifique au produit, mais implique différentes manipulations (broyage, granulation, etc.) qui font augmenter le coût du combustible.



2.7. ENTREPOSAGE ET CONDITIONNEMENT

L'étape d'entreposage et de conditionnement est la période durant laquelle la biomasse agricole récoltée est stockée et conservée dans le respect de bonnes pratiques afin de lui assurer une bonne qualité avant livraison aux consommateurs. Le produit peut être entreposé de différentes manières, tout dépendant de sa quantité, de sa forme (balles, granules, copeaux, biomasse hachée, etc.) et des installations disponibles pour les producteurs.



La biomasse agricole peut être placée dans des entrepôts extérieurs, préférablement couverts et bien aérés, pour la protéger de la détérioration causée par l'humidité et les moisissures. Ce type d'entreposage est adapté notamment pour les copeaux de cultures ligneuses, mais peut également être utilisé pour les balles de cultures lignocellulosiques ou de résidus de culture. La biomasse agricole peut également être entreposée dans les locaux d'une usine de granulation, après avoir été densifiée.



2.8. DISTRIBUTION

La distribution de la biomasse agricole se réalise à partir d'un site d'entreposage ou, dans quelques rares cas, directement du site de récolte vers le consommateur. Le produit est habituellement transporté par camion sur une remorque plate-forme pour la biomasse en balles ou dans une remorque pour vrac, généralement avec un plancher mobile, pour les granules et les copeaux.^[74] La biomasse agricole est ensuite déchargée sur le site de la chaudière du consommateur et est entreposée dans une réserve qui servira à alimenter la chaudière.



2.9. COMBUSTION

L'étape de combustion de la biomasse agricole consiste à la brûler dans une chaudière spécialisée afin de produire de la chaleur. Le produit est tout d'abord amené de la réserve vers la chambre de combustion par gravité ou au moyen d'un convoyeur à vis sans fin. La biomasse agricole y est ensuite brûlée pour dégager de la chaleur. Les gaz de combustion sont filtrés par le biais de filtres à manche, électrostatiques ou multicyclones avant d'être rejetés dans l'atmosphère.^[82] Quant aux résidus

de combustion, les cendres, elles se déposent sur des grilles fixes ou mobiles dans la chaudière et vont être acheminées et récupérées dans un conteneur.

Ce processus de combustion doit se réaliser, autant que possible, dans des conditions de température constante et avec une quantité d'air spécifique au calibrage de la chaudière afin de réduire au minimum les émissions de polluants.^[82] Les paramètres de ce calibrage sont déterminés par les différentes caractéristiques du produit (composition chimique de la biomasse, taux d'humidité, granulométrie, etc.).



2.10. GESTION DES CENDRES

La gestion des cendres consiste à manipuler et disposer d'une manière sécuritaire et respectueuse de l'environnement les résidus de combustion de la biomasse agricole. Afin de minimiser les risques de blessures pour le personnel affecté à leur manutention, une série de bonnes pratiques peut être mise en place, notamment l'obligation du port de gants, de lunettes de sécurité ainsi que de masques à poussières pour les travailleurs.^[49] Les cendres de combustion peuvent être valorisées de différentes manières, notamment comme amendement calcique dans les champs ou en milieu forestier.^[29] Cependant, en raison de leur composition chimique variable et des spécificités de chaque sol, un agronome devrait toujours être consulté avant tout épandage de cendres.^[32] Bien que plus marginales, d'autres utilisations sont également possibles. Les cendres peuvent ainsi agir comme molluscicide pour les cultures maraîchères, comme matériau de construction pour les routes ou encore comme matériel de terrassement.^[29]

3. LES ENJEUX DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Chaque étape technique de la filière de l'utilisation de la biomasse agricole pour la production de chaleur peut avoir des impacts positifs ou négatifs sur différents enjeux de développement durable tels que la qualité de l'air, les changements climatiques, la qualité des sols, de l'eau et la biodiversité, la vitalité des communautés, l'acceptabilité sociale et la sécurité des travailleurs et de la population. Ces enjeux étant abordés en détail dans les quatre fiches de sensibilisation du projet *Combustion verte et climat: l'agriculture en renfort!*, seuls les éléments les plus pertinents de chacun seront présentés ici.

Le **Résumé des bonnes pratiques de la filière de la combustion de la biomasse agricole pour la production de chaleur** (en pages 12 et 13) détaille les bonnes pratiques suggérées pour chacun de ces enjeux.



3.1. QUALITÉ DE L'AIR

Comme toute filière énergétique basée sur la combustion (mazout, gaz naturel, etc.), l'utilisation de la biomasse agricole pour la production de chaleur génère des polluants atmosphériques qui peuvent avoir des effets néfastes sur la qualité de l'air et la santé des populations locales. Les polluants concernés sont les suivants: particules en suspension (PM: particulate matter), monoxyde de carbone (CO), dioxyde d'azote (NO₂), chlorure d'hydrogène (HCl), dioxyde de soufre (SO₂), métaux lourds (Cu, Pb, Cd, Hg), ammoniac (NH₃), ozone troposphérique (O₃) et des éléments traces comme les dioxines et les furanes (PCCD/F).^[85] Une exposition prolongée à ces polluants associée à une mauvaise utilisation des équipements pourrait entraîner de la toux, l'irritation du nez et de la gorge, une inflammation des poumons, une réduction des fonctions pulmonaires ou des effets cancérigènes.^{[5][9][14][41][60][63][76][86]} Toutefois, le respect du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA; c.Q-2, r.4.1), l'utilisation de technologies de traitement des émissions ainsi que la mise en place de bonnes pratiques permettent de minimiser ces risques.

Bien que la combustion soit la principale cause des émissions de polluants de la filière, d'autres étapes techniques peuvent avoir un impact négatif sur la qualité de l'air. En effet, l'épandage de fertilisants organiques ou de synthèse lors des étapes d'implantation et de production peut entraîner l'émission d'ammoniac (NH₃), un polluant atmosphérique. Également, une partie des pesticides utilisés pour le contrôle des mauvaises herbes et des parasites peut se retrouver dans l'atmosphère et être diffusée dans l'environnement.^[79] Après vaporisation, les fines gouttelettes de pesticides qui se retrouvent dans l'air, au sol et sur le feuillage des plantes peuvent être transportées par le vent et la pluie et ainsi se déposer dans des endroits non désirés, pouvant affecter négativement la santé humaine.^{[31][82]} Finalement,





l'utilisation de machineries agricoles et de camions à plusieurs étapes techniques de la filière, notamment lors de la récolte, du transport et de la distribution, a un impact important sur la qualité de l'air. Ces véhicules fonctionnent grâce aux combustibles fossiles et rejettent, entre autres, du monoxyde de carbone (CO) et du dioxyde de soufre (SO₂), deux polluants atmosphériques pouvant avoir des effets négatifs sur la santé humaine. Il est toutefois possible de réduire l'impact de ces étapes sur la qualité de l'air en appliquant une série de bonnes pratiques.

Afin d'approfondir le sujet, vous pouvez consulter la fiche **Biomasse agricole : qualité de l'air.** ^[42]



Papillon.

© StockVault, Kathie Hildreth

3.2. CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, comme le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O), est l'un des facteurs qui expliquent le réchauffement climatique actuel. L'utilisation d'énergies fossiles pour la production de chaleur et d'électricité, ainsi que pour le transport, est certainement l'une des sources anthropiques de GES les plus importantes. L'emploi de biomasse agricole pour la production de chaleur, en remplacement de ces énergies fossiles, représente donc une avenue intéressante pour lutter contre les changements climatiques. En effet, alors que le carbone contenu dans les combustibles fossiles provient de réserves séquestrées dans le sous-sol terrestre depuis des millions d'années, celui de la biomasse agricole fait partie d'un cycle naturel d'échange entre l'atmosphère et les plantes. Ainsi, la quantité de carbone émise lors de la combustion de la biomasse est équivalente à celle emmagasinée durant sa croissance.^[39]

Néanmoins, la filière de la biomasse agricole ne peut pas être considérée comme carboneutre, car sur l'ensemble de son cycle de vie, elle ne récupère pas autant de CO₂ qu'elle en émet dans l'atmosphère. En effet, une quantité importante de combustibles fossiles est utilisée à différentes étapes techniques, pour le fonctionnement de la machinerie et des camions, ainsi que pour la production et la livraison de pesticides ou d'engrais chimiques.^{[1][82]} Une fertilisation des cultures ne respectant pas les bonnes pratiques peut également mener à l'émission d'une quantité importante de GES puissants, comme le CH₄ et le N₂O, qui peuvent grandement affecter le bilan carbone de la filière. De plus, la remise en culture des terres, en exposant le sol à l'air libre, produit des GES en libérant une partie du carbone qui s'y est accumulé depuis plusieurs années. Finalement, la décomposition de végétaux, liée notamment aux



3.3. QUALITÉ DES SOLS, EAU ET BIODIVERSITÉ

travaux de désherbage, rejette dans l'atmosphère une partie du carbone et de l'azote qu'ils contiennent. La mise en place de bonnes pratiques, notamment en ce qui concerne les étapes de transport et de livraison, devrait toutefois permettre de limiter les impacts négatifs de la filière sur les changements climatiques.

Afin d'approfondir le sujet, vous pouvez consulter la fiche [Biomasse agricole : changements climatiques](#).^[43]

Comme toute activité agricole, la remise en culture de terres marginales, l'implantation et la production de cultures pérennes spécialisées, de même que le prélèvement de résidus de culture pour le chauffage à la biomasse agricole peuvent avoir des impacts négatifs sur la qualité du sol, de l'eau et sur la biodiversité.^{[25][68][73][75][87]}

De plus, de mauvaises pratiques culturales et une utilisation inadéquate des pesticides et des fertilisants (organiques, de synthèse, cendres de combustion) peuvent les aggraver. Ces impacts peuvent se manifester par un appauvrissement graduel de la matière organique des sols, une augmentation des risques d'érosion et de compaction, une pollution des nappes phréatiques et des cours d'eau, ainsi qu'une diminution de la biodiversité.^{[4][28]} Cependant, l'application d'une série de bonnes pratiques peut permettre de mitiger l'ensemble de ces impacts.

La filière de la biomasse agricole pour la production de chaleur peut également avoir des impacts positifs sur l'environnement.^{[4][15][50][69]} Les cultures pérennes ligneuses et lignocellulosiques, tout en protégeant le sol contre l'érosion, permettent de maintenir une meilleure structure du sol par le biais d'un système racinaire profond.^{[36][56][57]} Ces cultures peuvent également créer un milieu favorable à la présence d'insectes et d'une faune aviaire, agissant ainsi positivement sur la biodiversité.^[72]



Plantes et climat.

© StockVault, Samantha





En ce qui concerne le prélèvement de résidus de culture pour la production de biomasse vouée à la combustion, certaines études tendent à démontrer que cette pratique n'encouragerait pas une agriculture durable, car les résidus sont extraits de systèmes de production intensifs tels que les monocultures annuelles.^[84] Néanmoins, la collecte des résidus de culture peut constituer une avenue envisageable si une proportion appréciable de résidus est laissée au champ et que de bonnes pratiques agricoles, telles que des rotations de cultures, un travail réduit du sol ou l'implantation de cultures intercalaires, sont appliquées. De plus, les services d'un agronome devraient être retenus en tout temps si un prélèvement de résidus de culture est envisagé.

Afin d'approfondir le sujet, vous pouvez consulter la fiche **Biomasse agricole: qualité des sols, de l'eau et biodiversité**.^[44]



Excavatrice.

© StockVault, Tomas Adomaitis

3.4. VITALITÉ DES COMMUNAUTÉS

Le développement de la filière de la biomasse agricole pour la production de chaleur peut générer d'importantes retombées économiques pour les communautés. Elle permet tout d'abord aux collectivités de réduire leur dépendance aux combustibles fossiles.^[81] Elle entraîne également une forte rétention des capitaux, car la plupart des investissements réalisés dans le cadre des projets demeurent à l'intérieur des communautés.^[55] Le développement de la filière de la biomasse agricole stimule aussi le marché de l'emploi local par ses besoins en main-d'œuvre lors des différentes étapes techniques de la chaîne d'approvisionnement.^{[11][24][54][81]} À long terme, selon les exigences du marché, d'autres impacts positifs de la filière sur l'économie locale sont à prévoir, comme la potentielle implantation d'une usine de granulation ou encore la fabrication de produits associés (litière pour animaux, amendement sous forme de bois raméal fragmenté, etc.).^{[15][22][58]} Des emplois dans des domaines aussi variés que la construction, le transport, l'agriculture, l'ingénierie ou encore l'entretien mécanique se retrouvent ainsi consolidés.

Cependant, les dépenses que nécessite l'installation d'un système de chauffage à la biomasse agricole peuvent freiner le développement de la filière. En effet, les sommes à déboursier pour se procurer la chaudière, pour l'excavation et la tuyauterie, ainsi que pour la mise à niveau des bâtiments, sont souvent importantes. Ainsi, pour plusieurs communautés en milieu rural, ce type



de projet peut être difficile à mettre en place sans aide financière. Pour cette raison, la recherche de partenaires financiers ainsi qu'une planification budgétaire rigoureuse doivent être réalisées en amont de tout projet de chauffage à la biomasse agricole. Outre les programmes gouvernementaux d'aide financière, la mise sur pied d'un partenariat stratégique avec une institution d'enseignement pourrait être, dans ces conditions, une piste à explorer.

Afin d'approfondir le sujet, vous pouvez consulter la fiche **Biomasse agricole : vitalité des communautés et acceptabilité sociale**.^[45]



Un pays habité.

© CCDMD, Le Québec en images, Jo-Annie Major

3.5. ACCEPTABILITÉ SOCIALE

Les projets développés dans le cadre de la filière de la biomasse agricole pour la production de chaleur peuvent soulever des questionnements légitimes au sujet de leur acceptabilité sociale. Certaines études avancent que l'utilisation de terres agricoles à des fins énergétiques pourrait nuire à la production alimentaire et éventuellement entraîner une hausse du prix des denrées alimentaires.^{[29][62]} Ces risques potentiels associés à la filière peuvent toutefois être minimisés lorsque l'implantation des cultures se réalise sur des terres marginales ou en friches.^{[48][57][58]} Ces terres permettent de produire des cultures ligneuses et lignocellulosiques sans entrer en concurrence avec les terres de bonne qualité.^[29] La collecte de résidus de culture n'entre également pas en compétition avec les productions alimentaires, puisqu'il est question de recueillir les résidus de grandes cultures laissés aux champs après avoir récolté la partie qui est destinée à l'alimentation humaine.

Des inquiétudes peuvent également être soulevées par les populations au sujet des impacts potentiels des projets sur leur milieu de vie.^{[33][53]} Tout d'abord, certains citoyens pourraient avoir des appréhensions face à une potentielle dégradation du paysage causée par l'implantation de cultures énergétiques.^[58] Toutefois, puisque les cultures lignocellulosiques sont visuellement similaires à plusieurs cultures céréalières, elles s'intègrent facilement dans les paysages agricoles. Quant aux cultures ligneuses, elles auraient peu ou pas d'impact et pourraient même, dans certains cas, dynamiser le territoire.^{[8][10][57]} Certains citoyens pourraient également se questionner sur les possibilités d'émissions d'odeurs provenant de l'entreposage et de la combustion de la biomasse agricole. Une étude menée par l'IRDA a démontré qu'une biomasse manipulée selon de bonnes pratiques ne générerait pas d'inconforts olfactifs plus





3.6. SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS

Comme pour toute filière énergétique, l'utilisation de la biomasse agricole pour la production de chaleur peut avoir des impacts négatifs sur la santé et la sécurité des travailleurs à plusieurs étapes de la chaîne d'approvisionnement. En plus des risques potentiels associés à la conduite de machinerie agricole et de camions (encadrés par le *Règlement sur la santé et sécurité au travail* (RSST), le *Règlement sur les normes minimales de premiers secours et de premiers soins* (RPSPS)^[19] et le *Règlement sur les heures de conduite et de repos des conducteurs de véhicules lourds*.^[78] des blessures peuvent résulter de la manutention de la biomasse et des cendres de combustion. Une mauvaise gestion des réserves de biomasse agricole peut engendrer la formation de champignons et de moisissures.^[80] Ceux-ci, tout comme les poussières de cendres de combustion, peuvent irriter le système respiratoire, le nez et les yeux des travailleurs.^{[71][32][77]} Également, l'activité métabolique des champignons et des moisissures produit de la chaleur et peut amener des risques de combustion spontanée dans les piles de biomasses.^[7] Quant à la manipulation des cendres de combustion, elle peut engendrer des brûlures lorsque les cendres ne sont pas assez refroidies.^[32] L'adoption d'une série de bonnes pratiques, comme l'obligation de porter des lunettes de sécurité, gants et des masques à poussières par exemple^[49], devrait permettre de minimiser les risques pour les travailleurs.

Afin d'approfondir le sujet, vous pouvez consulter la fiche ***Biomasse agricole : vitalité des communautés et acceptabilité sociale***.^[45]

importants que ceux du bois.^[64] Finalement, certains citoyens pourraient avoir des réticences concernant le bruit et les désagréments potentiels occasionnés par les étapes de transport et de distribution de la biomasse. En effet, une augmentation de l'achalandage routier ainsi que des déchargements de biomasse effectués en soirée ou tôt le matin pourraient avoir des impacts négatifs sur la qualité de vie de certains citoyens.^[74] Afin de limiter les potentiels désagréments, une série de bonnes pratiques peut être mise en place.

Le succès des projets de biomasse agricole passe également par l'établissement d'un climat de confiance et de transparence entre les promoteurs et les communautés. Les citoyens devraient être tenus informés et impliqués à chaque étape du processus afin de réduire les risques de conflits.^{[54][58][71]} La tenue de séances d'informations régulières est d'ailleurs un moyen efficace pour permettre à une collectivité de suivre le développement d'un projet.

Afin d'approfondir le sujet, vous pouvez consulter la fiche ***Biomasse agricole : vitalité des communautés et acceptabilité sociale***.^[45]



Kamouraska.

© Wikimedia Commons, Nicolas Gagnon

4. LES BONNES PRATIQUES

Afin de minimiser les impacts négatifs de la filière sur l'environnement et les populations locales, tout en maximisant ses retombées économiques pour les communautés, plusieurs bonnes pratiques peuvent être mises en place. En effet, différents gestes peuvent être posés à chaque étape technique de la chaîne d'approvisionnement afin de réduire l'incidence sur la qualité de l'air, les changements climatiques, la qualité des sols et de l'eau, la biodiversité et la qualité de vie des citoyens.

Décrites plus en détail dans les fiches de sensibilisation sur les enjeux de développement durable du projet *Combustion verte et climat: l'agriculture en renfort!*,^{[42][43][44][45]} les bonnes pratiques seront ici regroupées à l'intérieur du tableau récapitulatif et classées par étape technique.

L'ensemble de la littérature scientifique utilisée est disponible dans le document *Biomasse agricole: revue de littérature*.^[46]

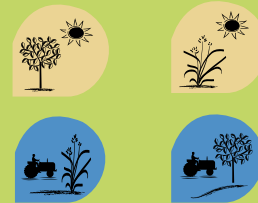
ENSEMBLE DE LA FILIÈRE	
■	Entreprendre la recherche de partenaires financiers très tôt dans la démarche. ^[54]
■	Mettre sur pied des partenariats stratégiques avec des institutions d'enseignement. ^[55]
■	Profiter de l'engouement des initiatives de lutte contre les changements climatiques. ^[55]
■	Assurer une étroite collaboration et un partage de l'information entre les différents acteurs. ^[54]
■	Impliquer et informer la population à toutes les étapes de la démarche. ^{[54][58][71][74]}
■	S'assurer que les installations s'harmonisent au milieu visuel local. ^[20]
■	Embaucher du personnel qualifié. ^[82]

RÉSUMÉ DES BONNES PRATIQUES DE LA FILIÈRE

REMISE EN CULTURE



IMPLANTATION, PRODUCTION ET RÉCOLTE



TRANSPORT



CONDITIONNEMENT



DISTRIBUTION



COMBUSTION



GESTION DES CENDRES



DE LA COMBUSTION DE LA BIOMASSE AGRICOLE POUR LA PRODUCTION DE CHALEUR

- Implanter les cultures sur des terres marginales et prioriser les terres marginales qui en sont à un stade de revégétalisation peu avancé.^{[12][37][83]}
- Sélectionner une biomasse qui est adaptée au climat québécois et qui laisse une quantité importante de résidus au sol.^[28]
- Limiter ou abolir l'usage de pesticides.^[26]
- Si un épandage est vraiment nécessaire, respecter les directives du *Code de gestion des pesticides* du Québec.
- N'utiliser des engrais de synthèse et organiques que sur avis d'un agronome.
- Épandre les engrais organiques le plus près possible du sol.^[66]
- Appliquer les fertilisants uniquement lorsque les conditions du sol et la température sont adéquates.^[17]
- Solliciter l'avis d'un agronome lorsque le prélèvement de résidus est envisagé.^[28]
- Favoriser de bonnes rotations des cultures dans chacun des champs (résidus de culture).^{[27][30]}
- Encourager le travail réduit du sol pour des cultures annuelles (résidus de culture).^[61]
- Favoriser l'implantation d'une culture intercalaire ou d'un engrais vert (résidus de culture).^{[27][28][30][52]}
- Retourner suffisamment de résidus vers le sol pour le renouvellement de la MOS.^[38]
- Laisser un minimum de résidus au sol. Ceux-ci devraient couvrir au minimum 30 % de la surface du sol.^[28]
- Établir un suivi de la qualité des sols avec un professionnel.^[28]
- Limiter les déplacements aux champs.^[28]
- Être prudent lors des déplacements de machinerie sur des sols mal drainés ou ayant une structure fine.^[28]
- Implanter les cultures ligneuses à une distance minimale de 9 mètres des drains agricoles.^[67]
- Réduire le potentiel invasif des cultures en sélectionnant une plante qui n'a pas de rhizomes rampants, n'est pas adaptée aux milieux humides ou zones forestières, ne croît pas hâtivement ou trop rapidement, est indigène à l'Amérique du Nord et qui est non modifiée génétiquement.^{[28][34]}
- Planter différentes variétés de la même espèce, lorsque possible.^{[16][23][52]}
- Implanter les cultures en tant que bandes riveraines, lorsque possible.^{[13][36][47][51][65][70]}
- Optimiser les déplacements sur et entre les parcelles exploitées et la ferme.^[28]
- Construire un site d'entreposage de manière à limiter les déplacements.^[74]
- Favoriser le séchage naturel en andains dans les champs ou encore dans un site d'entreposage extérieur.^[74]
- Gérer adéquatement la biomasse entreposée.
- Entériner des ententes à long terme avec les fournisseurs de biomasse.^[22]
- Utiliser la biomasse agricole localement (à 75 km et moins de son lieu de récolte).^{[16][40]}
- Maximiser l'espace de chargement dans chaque camion.^[74]
- Planifier soigneusement les trajets et les horaires de transport.^[74]
- Effectuer le déchargement du combustible uniquement durant le jour.^[74]
- Assurer un entretien mécanique régulier des véhicules et de la machinerie.
- Investir dans des équipements (chaudières, filtres, etc.) fiables et de bonne qualité.^[82]
- Choisir une chaudière ayant une dimension adéquate pour les besoins prévus, et calibrée en fonction des caractéristiques du combustible utilisé.^[82]
- Assurer un approvisionnement constant en biomasse et qui respecte les caractéristiques établies lors du calibrage de la chaudière.
- Effectuer un entretien et un calibrage réguliers de la machinerie et engager un professionnel habileté pour le faire.^[82]
- S'assurer que les cendres soient refroidies avant de les manipuler.^[32]
- Porter des lunettes de sécurité, des gants et un masque à poussières pour la manipulation des cendres.^[49]
- Éviter d'utiliser des cendres de grille comme amendement.^[32]

CONCLUSION

La filière de la combustion de la biomasse agricole pour la production de chaleur pourrait avantageusement se substituer aux énergies fossiles dans une perspective de lutte aux changements climatiques. Différents types de végétaux peuvent être utilisés, tels que des cultures ligneuses et lignocellulosiques spécialisées cultivées sur des terres marginales, ou encore des résidus de culture.

La filière de la biomasse agricole est composée d'une série d'étapes techniques qui forment sa chaîne d'approvisionnement: remise en culture, implantation, production, récolte, transport, conditionnement, distribution, combustion et gestion des cendres. Ces étapes peuvent avoir des effets négatifs sur différents enjeux de développement durable tels que la qualité de l'air, des sols et de l'eau, les changements climatiques, la biodiversité, l'acceptabilité sociale et la sécurité des travailleurs. Le respect des normes et règlements en place ainsi que l'application d'une série de bonnes pratiques devraient toutefois permettre de minimiser ces impacts. La filière peut également être considérée comme étant un vecteur de vitalité des communautés grâce à son impact positif sur le marché de l'emploi, ainsi que sur le sentiment d'appartenance des citoyens et résidents des collectivités rurales. Elle représente ainsi un choix intéressant, dans une perspective d'occupation de l'espace et de dynamisation des territoires.



En bonne main : vitalité des communautés.

© StockVault, Dan Lavric

La Coop
fédérée

UPA L'Union des
producteurs
agricoles

Biopierre
L'association pour
la promotion 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

BIOÉNERGIE
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

Ce document de synthèse résume les quatre fiches publiées 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

Illustration de page couverture (haut) : Corsaire Design
Édition, graphisme et autres illustrations : Marie-Claude Chagnon
ISBN 978-2-89725-076-8 (imprimé) et 978-2-89725-077-5 (PDF)

© Nature Québec, juillet 2014

RÉFÉRENCES



Lutte contre
les changements
climatiques

BIOMASSE AGRICOLE DOCUMENT DE SYNTHÈSE

[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] Anderson, G.Q.A., and M.J. Fergusson, 2006. Energy from Biomass in the UK: Sources, Processes and Biodiversity Implications. *Ibis* 148: 180-183. [En ligne] <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1474-919X.2006.00535.x/abstract>

[3] Anderson-Teixeira, K.J., S.C. Davis, M.D. Masters *et al.*, 2009. Changes in Soil Organic Carbon under Biofuel Crops. *Bionenergy* 1 (1): 75-96. [En ligne.] <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1757-1707.2008.01001.x/full>

[4] Andersson, R., 1990. *Biofuels from Agriculture. An Analysis of the Environmental Impact*. Stockholm, National Swedish Environmental Protection Board.

[5] Anzola, M., 2012. *Biomass Boiler Emissions and Chimney Height. A Review of Practice in the UK and other EU countries*. Master Thesis, Sustainable Engineering: Renewable Energy Systems and the

Environment. Glasgow (United Kingdom), University of Strathclyde. 94 p. [En ligne.] http://www.esru.strath.ac.uk/Documents/MSc_2012/Anzola.pdf

[6] Ashton, S., B. Jackson and R. Schroeder, 2007. Storing Woody Biomass. In: Hubbard, W., L. Biles, C. Mayfield and S. Ashton (Eds.). *Sustainable Forestry for Bioenergy and Bio-based Products: Trainers Curriculum Notebook*. Athens (GA), Southern Forest Research Partnership, Inc. FactSheet 4.6, pp. 147-150. [En ligne.] <http://www.forestbioenergy.net/training-materials/fact-sheets/module-4-fact-sheets/fact-sheet-4-6-storing-woody-biomass/>

[7] Ashton, S., L. McDonnell and K. Barnes, 2009. Woody Biomass Desk Guide & Toolkit. National Association of Conservation Districts (NACD), 188 p. [En ligne.] <http://www.forestbioenergy.net/training-materials/woody-biomass-desk-guide-and-toolkit/WoodyBiomassToolkit.pdf>

[8] Association d'initiatives locales pour l'énergie et l'environnement (AILE), 2007. *Étude d'impact ex-post des taillis à très courte rotation de saules*. Rapport final. Wilwater, programme européen. 120 p. [En ligne.] <http://www.aile.asso.fr/wp-content/uploads/2008/01/impact-environnement-rapport-final.pdf>

[9] Association pulmonaire du Canada (APC) 2013. « Pollution et qualité de l'air ». Section Protégez vos poumons. [En ligne.] http://www.poumon.ca/protect-protegez/pollution-pollution/outdoor-exterior/pollutants-polluants_f.php

[10] Baumgartner, J., 2006. *Promouvoir une agriculture multifonctionnelle pour renouer les liens des paysages agroforestiers dans la MRC du Rocher-Percé*. Université du Québec à Montréal. 14 p. [En ligne.] http://www.vrm.ca/documents/Paysage_Baumgartner.pdf

[11] Berndes, G., and J. Hansson, 2007. Bioenergy Expansion in the EU: Cost-effective Climate Change Mitigation, Employment Creation and Reduced Dependency on Imported Fuels. *Energy Policy* 35 (12): 5965-5979.

[12] Bhardwaj, A.K., T. Zenone, P. Jasrotia *et al.*, 2011. Water and Energy Footprints of Bioenergy Crop Production on Marginal Lands. *GCB Bioenergy* 3 (3): 208-222. [En ligne.] http://www.kbs.msu.edu/images/stories/docs/robertson/Bhardwaj_et_al._2011_GCBB.pdf

[13] Brandle, J.R., L. Hodges and X.H. Zhou, 2004. Windbreaks in North American Agriculture Systems. *Agroforestry Systems* 61 (1-3): 65-78. [En ligne.] <http://digitalCommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1389&context=agronomyfacpub>

[14] Brassard, P., 2012. *Étude des émissions gazeuses et particulaires 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>

[15] 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>

[16] 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.

[17] 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 65e congrès de l'Ordre des agronomes du Québec. 8 p. [En ligne.] <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/chantigny.pdf>

[18] 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>



Fenaison.

© CCDMD, Le Québec en images, Yvan Gingras



- [19] Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST), 2011. *Principales dispositions du RSST et du RSPS applicables aux entreprises agricoles*. Brochure d'information. 4 p. [En ligne.] http://www.csst.qc.ca/publications/100/Documents/DC100_1619_web1.pdf
- [20] Conseil québécois de la coopération et de la mutualité (CQCM), 2007. *Coopératives en énergies renouvelables. Guide de développement durable*. 61 p.
- [21] Coopérative agricole de biomasse de la Côte-du-Sud, 2013. *Rapport annuel 2012-2013*. Saint-Jean-Port-Joli (Québec, Canada).
- [22] Domac, J., K. Richards and S. Risovic, 2005. Socio-Economic Drivers in Implementing Bioenergy Projects. *Biomass and Bioenergy* 28 (2): 97-106.
- [23] 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>
- [24] Faaij, A., and J. Domac, 2006. Emerging International Bio-energy Markets and Opportunities for Socio-economic Development. *Energy for Sustainable Development* 10 (1): 7-19.
- [25] Fargione, J.E., T.R. Cooper, D.J. Flaspohler *et al.*, 2009. Bioenergy and Wildlife: Threats and Opportunities for Grassland Conservation. *BioScience* 59 (9): 767-777. [En ligne.] <http://oberhauserlab.cfans.umn.edu/files/2012/10/Fargione-et-al-2009-BioScience-Bioenergy-and-grassland-wildlife.pdf>
- [26] Fletcher, R.J. Jr., B.A. Robertson, J. Evans *et al.*, 2010. Biodiversity Conservation in the Era of Biofuels: Risks and Opportunities. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9 (3): 161-168. [En ligne.] <http://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/24366/090091.pdf?sequence=1>
- [27] Gardiner, M.M., D.A. Landis, C. Gratton *et al.*, 2009. Landscape Diversity Enhances Biological Control of an Introduced Crop Pest in the North-central USA. *Ecological Applications* 19 (1): 143-154. [En ligne.] <http://www.esajournals.org/doi/pdf/10.1890/07-1265.1>
- [28] 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>
- [29] Godbout S., J.H. Palacios et P. Brassard, 2012. *Avenues pour la valorisation des cendres de combustion de la biomasse agricole*. Fiche synthèse. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). 2 p. [En ligne.] http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Fiche_valo_cendres_biomasse_agr.pdf
- [30] Hajjar, R., D.I. Jarvis and B. Gemmill-Herren, 2008. The Utility of Crop Diversity in Maintaining Ecosystem Services. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 123 (4): 261-270. [En ligne.] http://www.ecology.ethz.ch/education/Resilience_Stuff/Hajjar_et_al_2008.pdf
- [31] Hapeman, C.J., C.P. McConnell, A.M. Rice *et al.*, 2003. Current United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service research on Understanding Agrochemical Fate and Transport to Prevent and Mitigate Adverse Environmental Impacts. *Pest Management Science* 59: 681-690. [En ligne.] <http://naldc.nal.usda.gov/download/11048/PDF>
- [32] Hébert, M., et B. Breton, 2008. Recyclage agricole des cendres de bois au Québec. État de la situation, impacts et bonnes pratiques agro-environnementales. *Agrosolutions* 19(2): 18-33. [En ligne.] http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Recyclage_cendres.pdf
- [33] Herbillon, C., 2010. Cohabitation de projets énergie biomasse à l'échelle d'un territoire. La parole des acteurs sur le terrain. Étude réalisée par le Réseau rural national dans le cadre du groupe «Valorisation des ressources locales», sous-groupe «Biomasse énergie». Paris, France. 20 p. [En ligne.] http://www.reseaurural.fr/files/plaquette_etude_cohabitation__rr_18-03-2011_0.pdf
- [34] Ho Lem, C., R. Samson et S. Bailey-Stamler, 2008. *Commercial Energy Grass Production and Implications for Invasive Species in Canada*. Final Report. Canadian Food Inspection Agency. 74 p. [En ligne.] http://www.reap-canada.com/online_library/grass_pellets/33%20Commercial%20Energy%20grass%20production%20&%20implication-Ho%20Lem%20et%20al%202009.pdf
- [35] Kort, J., M. Collins and D. Ditsch, 1998. A Review of Soil Erosion Potential Associated with Biomass Crops. *Biomass and Energy* 14: 351-360.
- [36] 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
- [37] Lal, R., 2009. Soil Quality Impacts of Residue Removal for Bioethanol Production. *Soil and Tillage Research* 102 (2): 233-241.
- [38] Lal, R., 2008. Soils and Sustainable Agriculture: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28 (1): 57-64. [En ligne.] <http://link.springer.com/article/10.1051%2Fagro%3A2007025#page-1>

- [39] Lavric, E.D., A.Konnov and J.DeRuyck, 2004. Dioxin Levels in Wood Combustion. A Review. *Biomass and Bioenergy* 26 (2): 115-145.
- [40] Lease, N., G. Goyette, G. Hayart et coll., 2009. *Évaluation du potentiel de la filière des granules combustibles fabriqués à partir des cultures pérennes*. Direction de l'agroenvironnement et du développement durable. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ). 54 p. [En ligne.] http://www.agrireseau.qc.ca/energie/documents/Evaluation_granules.pdf
- [41] Lebel, G., D. Busque, M. Therrien et coll., 2012. *Bilan de la qualité de l'air au Québec en lien avec la santé, 1975-2009*. Rapport final. Québec (Québec, Canada), Institut national de santé publique (INSPQ). 43 p. [En ligne.] http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1432_BilanQualiteAirQcLienSante1975-2009.pdf
- [42] Lévesque, J., et A. St-Laurent Samuel, 2014. *Biomasse agricole : qualité de l'air*. Fiche n° 1 (2^e édition). Projet Combustion verte et climat : l'agriculture en renfort! Québec (Québec, Canada), Nature Québec. 16 p. [En ligne.] http://www.naturequebec.org/fichiers/Energie_climat/Biomasse/FI14-07_BioAgri_1_QualiteAir_web.pdf
- [43] Lévesque, J., et A. St-Laurent Samuel, 2014. *Biomasse agricole : changements climatiques*. Fiche n° 2 (2^e édition). Projet Combustion verte et climat : l'agriculture en renfort! Québec (Québec, Canada), Nature Québec. 16 p. [En ligne.] http://www.naturequebec.org/fichiers/Energie_climat/Biomasse/FI14-07_BioAgri_2_ChangClim_web.pdf
- [44] Lévesque, J., et A. St-Laurent Samuel, 2014. *Biomasse agricole : qualité des sols, de l'eau et biodiversité*. Fiche n° 3. Projet Combustion verte et climat : l'agriculture en renfort! Québec (Québec, Canada), Nature Québec. 20 p. [En ligne.] http://www.naturequebec.org/fichiers/Energie_climat/Biomasse/FI14-07_BioAgri_3_SolsEauBiod_web.pdf
- [45] Lévesque, J., et A. St-Laurent Samuel, 2014. *Biomasse agricole : vitalité des communautés et acceptabilité des projets*. Fiche n° 4. Projet Combustion verte et climat : l'agriculture en renfort! Québec (Québec, Canada), Nature Québec. 20 p. [En ligne.] http://www.naturequebec.org/fichiers/Energie_climat/Biomasse/FI14-07_BioAgri_4_Vitalite_web.pdf
- [46] Lévesque, J., et A. St-Laurent Samuel, 2014. *Biomasse agricole : revue de littérature*. Projet Combustion verte et climat : l'agriculture en renfort! Québec (Québec, Canada), Nature Québec. 12 p. [En ligne.] http://www.naturequebec.org/fichiers/Energie_climat/Biomasse/FI14-07_BioAgri_RevLitt_web.pdf
- [47] Limoges, B., 2009. Biodiversité, services écologiques et bien-être humain. *Le Naturaliste canadien* 133 (2): 15-19. [En ligne.] http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Services_ecologiques.pdf
- [48] Maier, J., 2007. Opinion d'un invité : l'énergie de la biomasse fait-elle concurrence à la sécurité alimentaire? *Agriculture et développement rural* 14 (2): 28-29. [En ligne.] http://www.rural21.com/uploads/media/ELR_L_energie_de_la_biomasse..._0207.pdf
- [49] Majeau, J.A., M. Hébert et J. Desforges, 2013. Les cendres de poêles à bois. Que peut-on en faire? *Vecteur environnement* 47 (3): 43-49. [En ligne.] <http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/cendre-poele-bois-201305.pdf>
- [50] Makeschin, F., 1994. Effects of Energy Forestry on Soils. *Biomass and Bioenergy* 6 (1-2): 63-79.
- [51] Marshall, E.J.P., 2005. Field Margins in Northern Europe: Integrating Agricultural, Environmental and Biodiversity Functions. In: *Field Boundary Habitats: Implications for Weed, Insect and Disease Management*. Topics in Canadian Weed Science, vol. 1 (A.G. Thomas, ed.). Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec, Canada), Canadian Weed Science Society (Société canadienne de malherbologie). p. 39-67.
- [52] 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
- [53] Martineau, A. et L. Bouthillier, 2007. Repères sur l'acceptabilité sociale de la ligniculture de peuplier hybride en Estrie. *Info RLQ* 4 (1): 4p. [En ligne.] <http://www.rlq.uqam.ca/cartable/inforlq/pdf/Info-RLQvol4no1janvier2007.pdf>
- [54] Mayfield, C.A., C.D. Foster, C.T. Smith *et al.*, 2007. Opportunities, Barriers and Strategies for Forest Bioenergy and Bio-based Product Development in the Southern United States. *Biomass and Bioenergy* 31 (9): 631-637.
- [55] McCormick, K., and T. Kåberger, 2007. Key Barriers for Bioenergy in Europe: Economic Conditions, Know-how and Institutional Capacity, and Supply Chain Coordination. *Biomass and Bioenergy* 31 (7): 443-452.
- [56] Mehuys, G.R., 1981. *L'érosion par l'eau*. Conseils des productions végétales du Québec. Agdesx 572. 15 p.
- [57] Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), 2009. *Évaluation du potentiel de la filière des granules combustibles fabriqués à partir des cultures pérennes*, Direction de l'agroenvironnement et du développement durable. 54 p. [En ligne.] http://www.agrireseau.qc.ca/energie/documents/Evaluation_granules.pdf
- [58] Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), 2011. *L'énergie renouvelable : source naturelle de succès pour le développement rural*. Rapport



du groupe de travail sur le milieu rural comme producteur d'énergie. 63 p. [En ligne.] http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/developpement_regional/ruralite/groupe_travail/rapport_groupe_prod_energie.pdf

[59] Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), 2011. *Synthèse des leviers et barrières au développement d'initiatives énergétiques en milieu rural québécois*. Rapport du groupe de travail sur le milieu rural comme producteur d'énergie. 24 p. [En ligne.] http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/developpement_regional/ruralite/groupe_travail/synthese_leviers_barrieres_developpement.pdf

[60] Ministère du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social (MTEFPDS), 2012. « Acide chlorhydrique ou Chlorure d'hydrogène. Travailler mieux ». Section Dangers et Risques. [En ligne.] <http://www.travailler-mieux.gouv.fr/Acide-chlorhydrique-ou-Chlorure-d.html>

[61] N'Dayegamiye, A., et A. Vanasse, 2005. Impacts des régions 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

[62] Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 2008. *La hausse des prix alimentaires : causes, conséquences et solutions*, Paris (France). 8 p. [En ligne.] <http://78.41.128.130/dataoecd/17/51/41403444.pdf>

[63] Organisation mondiale de la santé (OMS), 2006. *Ligne directrice OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre*. Mise à jour mondiale 2005. Synthèse de l'évaluation des risques. Genève (Suisse). 21 p. [En ligne.] http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_fre.pdf

[64] Palacios, J.H., S. Godbout, R.F. El Cadhi et coll., 2012. *Comparaison des odeurs générées par la combustion et l'entreposage de différentes biomasses agricoles*. 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/Fiche_odeurs_biomasse_agr.pdf

[65] Paquet, B., et C. Maisonneuve, 2004. Fréquentation de la bande riveraine par la faune en milieu agricole : mythes et réalités. *Vecteur environnement* 37 (2) : 73-77.

[66] Pigeon, S., 2005. *Rampes d'épandage*. Plan des interventions agroenvironnementales de la Fédération des producteurs de porc du Québec (FFPQ), Fiche technique no 5. [En ligne.] http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/6-2-4_Fiche_Rampe.pdf

[67] Plante, P.-M., 2012. *Distribution racinaire de trois espèces d'arbres implantées en haies brise-vent selon deux types de sol contrastants*. Mémoire de maîtrise en agroforesterie. Québec (Québec, Canada), Université Laval. 80 p.

[68] Reinhardt, C.H., and S.M. Galatowitsch, 2005. *Phalaris arundinacea* L. (reed canarygrass): Rapid Growth and Growth Pattern in Conditions Approximating Newly Restored Wetlands. *Ecoscience* 12 (4): 569-573.

[69] Rijtema, P., and W. de Vries, 1994. Differences in Precipitation Excess and Nitrogen Leaching from Agricultural Lands and Forest Plantations. *Biomass and Bioenergy* 6 (1-2): 103-115.

[70] Robertson, G.P., V.H. Dale, O.C. Doergin et al., 2008. Sustainable Biofuels Redux. *Science* 322: 49-50. [En ligne.] http://www.esd.ornl.gov/eess/esd_fact_sheets/Sustainable%20Biofuels%20Redux.pdf



Printemps agricole.

© CCDMD, Le Québec en images, Lucille Gagnon

[71] Roos, A., R.L. Graham, B. Hektor *et al.*, 1999. Critical Factors to Bioenergy Implementation. *Biomass and Bioenergy* 17 (2): 113-126.

[72] Sage, R.B., 1998. Short Rotation Coppice for Energy: Towards Ecological Guidelines. *Biomass and Bioenergy* 15 (1): 39-47.

[73] Sala, O.E., D. Sax and H. Leslie, 2009. Biodiversity Consequences of Biofuel Production, p. 127-137. In: R.W. Howarth and S. Bringezu (eds). *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use*. Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) International Biofuels Project Rapid Assessment, 22-25 September 2008, Gummertsbach (Allemagne). Ithaca (New York, United States), Cornell University. [En ligne.] <http://sala.lab.asu.edu/wordpress/wp-content/uploads/158-Biofuels-and-biodiversity-Sala-et-al.pdf>

[74] Sampson, C., J. Agnew and J. Wassermann, 2012. *Logistics of Agricultural-Based Biomass Feedstock for Saskatchewan*. Research Report prepared by PAMI for ABC Steering Committee, SaskPower and NRCan. Humboldt. 231 p. [En ligne.] <http://pami.ca/wp-content/uploads/2012/06/Research-Report-Logistics-of-Agricultural-Biomass-Feedstock-for-Saskatchewan.pdf>

[75] Samson, R., P. Girouard, C. Zan *et al.*, 1999. *The Implications of Growing Short-Rotation Tree Species for Carbon Sequestration in Canada*. Final Report prepared for the Joint Forest Sector Table/Sinks Table, Afforestation 5, National Climate Change Process, Solicitation 23103-0253/N. Sainte-Anne de Bellevue (Québec, Canada), Ressource Efficient Agricultural Production (REAP). 91 p. [En ligne.] http://www.reap-canada.com/online_library/ghg_offsets_policy/20%20The%20Implications.pdf

[76] Santé Canada, 2012. « L'ozone ». Section Santé de l'environnement et du milieu du travail. Qualité de l'air. Air intérieur. Les polluants de l'air intérieur. [En ligne.] <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/air/in/poll/ozone/index-fra.php>

[77] Sebastian, A., A.M. Madsen, L. Martensson *et al.*, 2006. Assessment of microbial exposure risks from handling of biofuel wood chips and straw-effect of outdoor storage. *Annals of agricultural and environmental medicine* 13 (1): 139-145. [En ligne.] <http://www.aem.pl/pdf/13139.pdf>

[78] Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ), 2011. *Heures de conduite et de repos des conducteurs de véhicules lourds*. Brochure d'information. 63 p. [En ligne.] http://www.saaq.gouv.qc.ca/publications/lourds/heures_conduite.pdf

[79] Tellier, S., 2006. *Les pesticides en milieu agricole : état de la situation environnementale et initiatives prometteuses*. Rapport. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, Service des pesticides. 90 p. [En ligne.] <http://www.mddefp.gouv.qc.ca/pesticides/etat-env/etat-env.pdf>

[80] Thörnqvist, T., 1985. Drying and Storage of Forest Residues for Energy Production. *Biomass* 7 (2): 125-134. [En ligne.] http://www.researchgate.net/publication/222488222_Storage_and_drying_of_wood_fuel/file/9c96052a6ebcee7044.pdf

[81] Trink, T., C. Schmid, T.Schinko *et al.*, 2010. Regional Economic Impacts of Biomass based Energy Service Use: A Comparison across Crops and Technologies for East Styria, Austria. *Energy Policy* 38 (10): 5912-5926.

[82] Van Loo, S., and J. Koppejan, 2008. *The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing*. Sterling (VA, United States), S. Van Loo et Jaap Koppejan, eds. 442 p.

[83] Voulligny, C., et S. Gariépy, 2008. *Les friches agricoles au Québec : état des lieux et approches de valorisation*. Rapport rédigé pour Agriculture et Agroalimentaire Canada. 66 p. [En ligne.] http://www.agrireseau.qc.ca/Agroforesterie/documents/Rapport_friches_agricoles_QC_2007_Fr_Final.pdf

[84] Wilhelm W.W., J.M.F. Johnson, J.L. Hatfield and W.B. Voorhees, 2004. Crop and Soil Productivity Response to Corn Residue Removal: A Literature Review. *Agronomy Journal* 96 (1): 1-17. [En ligne.] <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1022&context=agronomyfacpub>

[85] Williams, A., J.M. Jones, L. M. et M. Pourkashanian, 2011. Pollutants from the Combustion of Solid Biomass Fuels. *Progress in Energy and Combustion Science* 38 (2): 113-137.

[86] World Health Organization, 2006. *Air Quality Guidelines: Global Update 2005*. Copenhague (Danemark). 484 p. [En ligne.] http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf

[87] Zedler, J.B., and S. Kecher, 2004. Causes and Consequences of Invasive Plants in Wetlands: Opportunities, Opportunists and Outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23 (5): 431-452. [En ligne.] http://globalrestorationnetwork.org/uploads/files/LiteratureAttachments/60_causes-and-consequences-of-invasive-plants-in-wetlands.pdf



ISBN 978-2-89725-076-8 (imprimé)

ISBN 978-2-89725-077-5 (PDF)

Nature Québec
sensible à tous les milieux