Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations agricoles

Un grand nombre d'agriculteurs s'intéressent de plus en plus aux sources d'énergie renouvelables ou de remplacement. Heureusement pour eux, ce ne sont pas les solutions technologiques qui manquent, même s'il est parfois difficile de déterminer la solution énergétique qui convient le mieux à une exploitation agricole particulière.

L'énergie éolienne

Les petites turbines éoliennes (100 kW) sont particulièrement indiquées comme source d'énergie électrique de secours ou d'appoint pour les fermes ou les résidences raccordées au réseau électrique. La viabilité économique d'une petite éolienne varie suivant la quantité d'énergie éolienne potentiellement disponible pour un site donné. En règle générale, une vitesse annuelle moyenne du vent de 4,0 à 4,5 m/s (14,4 à 16,2 km/h ou 9,0 à 10,2 mi/h) est nécessaire pour que l'installation d'une petite éolienne en vaille la peine, économiquement parlant (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, 2003). Un moyen de déterminer le potentiel en énergie éolienne d'un emplacement est de consulter la carte des vents du site en question. La rose des vents et l'histogramme de la vitesse moyenne des vents d'un emplacement fourniront des renseignements très utiles sur ses ressources éoliennes potentielles (figure 1).

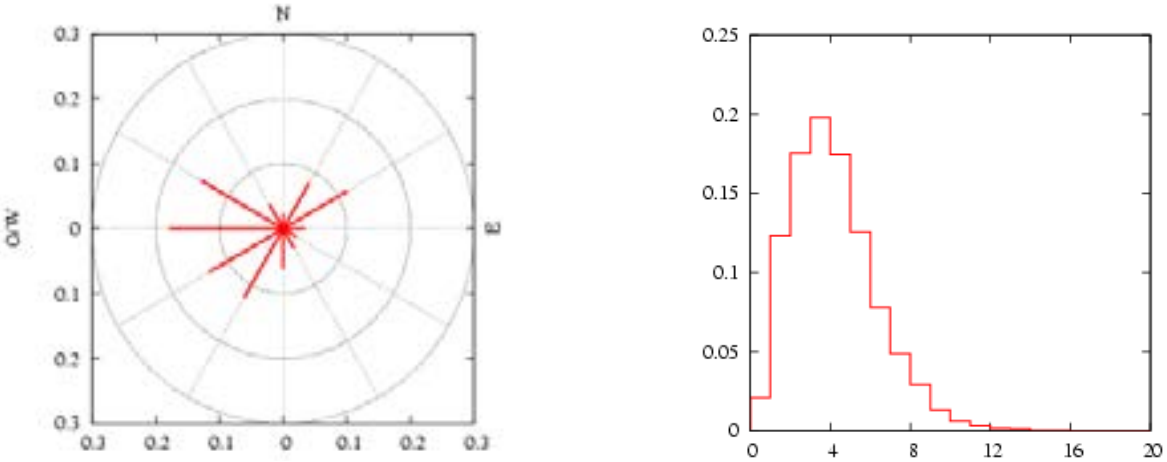

Fig 1. Rose des vents et histogramme de la vitesse du vent pour Fredericton (N.-B.). (Source : Environnement Canada)

Les observations de la station météorologique locale sont aussi une bonne source d'information. Toutefois, ces données doivent être interprétées avec prudence car elles peuvent ne pas refléter pleinement le potentiel éolien de votre emplacement pour la simple raison que l'équipement de telles stations est souvent situé près du sol, ce qui signifie que des facteurs d'emplacement observés à votre station locale, comme la présence d'arbres ou d'édifice à proximité, peuvent influencer la mesure de la vitesse du vent. Il existe des instruments d'analyse qui permettent de mesurer de manière précise le potentiel éolien d'un site, mais ces outils sont généralement assez dispendieux. Cela dit, l'utilisation d'un anémomètre doté d'un dispositif d'enregistrement (odomètre ou enregistreur de données) est une nécessité incontournable. Un anémomètre est un appareil conçu avec des coupelles montées sur des bras courts reliés à un axe vertical rotatif, qui lui permettent de tourner dans le vent. Il est fortement recommandé d'enregistrer des données pour une période d'au moins un an, et de prendre les lectures à la hauteur du moyeu, c'est-à-dire à la hauteur de la tour où sera installée l'éolienne. Il ne faut surtout pas oublier que l'énergie générée par la turbine variera à différents moments de la journée .

Le choix d'un site pour l'installation d'une éolienne est une décision très importante. Voici des facteurs importants à considérer :

- La vitesse du vent est supérieure au sommet d'une colline, sur le bord d'un cours d'eau ou sur le littoral, et dans les endroits exempts d'arbres et d'autres structures;
- les arbres à proximité grandiront avec les années, contrairement à l'éolienne;
- éviter les endroits de turbulence causée par le vent;
- s'informer auprès des autorités locales au sujet des règlements municipaux et le zonage des éoliennes;
- L'éolienne devrait être installée à une distance acceptable, p. ex. de 250 à 300 m des voisins.

La turbine éolienne n'est pas la seule composante d'un système éolien. Il existe deux principaux types d'éoliennes: les éoliennes à **axe horizontal** et les éoliennes à **axe vertical**. Les éoliennes à axe horizontal sont les plus couramment utilisées. Ces éoliennes doivent être dirigées directement vers le vent (à l'aide d'un gouvernail). Les éoliennes à axe vertical fonctionnent quelle que soit la direction du vent, mais leur installation nécessite une grande surface au sol. Les principaux éléments d'un système à axe horizontal comprennent notamment:

- un rotor, composé de pales dont les surfaces sont aérodynamiques;
- une boîte d'engrenage, qui fait correspondre la vitesse du rotor avec celle du générateur ou alternateur;
- un boîtier (ou nacelle) qui protège des intempéries la boîte d'engrenage, le générateur et les autres composantes de l'éolienne;
- un gouvernail (ou système d'orientation) qui aligne la turbine avec le vent.

Les éoliennes à axe horizontal requièrent l'installation d'une tour pour y monter la turbine. Il existe plusieurs types de tours :

- les pylônes haubanés (telles que les tours de radiodiffusion) sont des tours soutenues en permanence par des haubans (fil de fer). Ces tours sont généralement moins dispendieuses mais elles occupent une grande surface au sol;
- les tours inclinables à haubans peuvent être relevées et abaissées, ce qui en facilite l'entretien et la réparation;
- les tours autoportantes ne nécessitent aucun hauban (et sont moins encombrantes au sol). Elles sont toutefois beaucoup plus lourdes et plus dispendieuses que les deux autres types de tours.

La hauteur de la tour est un facteur important parce que l'énergie disponible dans le vent est proportionnelle au cube de sa vitesse. Les tours devraient mesurer entre 24 et 37 mètres (80 à 120 pi) de hauteur. À tout le moins, la turbine devrait être installée à 9 mètres au-dessus de tout obstacle situé dans un rayon de 90 mètres (300 pi).

L'énergie solaire

L'énergie solaire provient des réactions thermonucléaires qui se produisent au cœur du soleil. Cette énergie est émise sous forme de rayonnement de courtes longueurs d'onde dans toutes les directions. Quand le rayonnement rencontre un obstacle, l'énergie est réfléchie, transmise ou bien absorbée (sous forme de chaleur). La quantité d'énergie solaire diminue plus on s'éloigne du soleil, ce qui signifie que la quantité d'énergie disponible varie à différentes époques de l'année (figures 2 et 3).

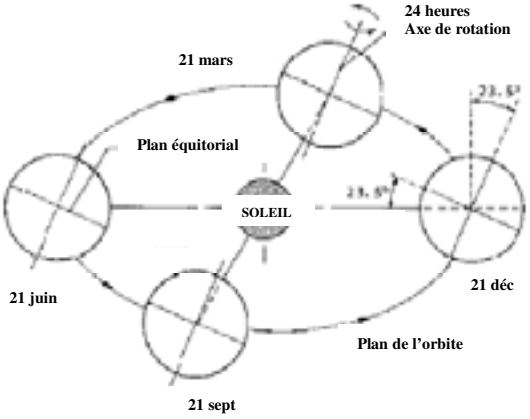

Fig 2. Rotation de la terre.
(Source : MidWest Plan Service)

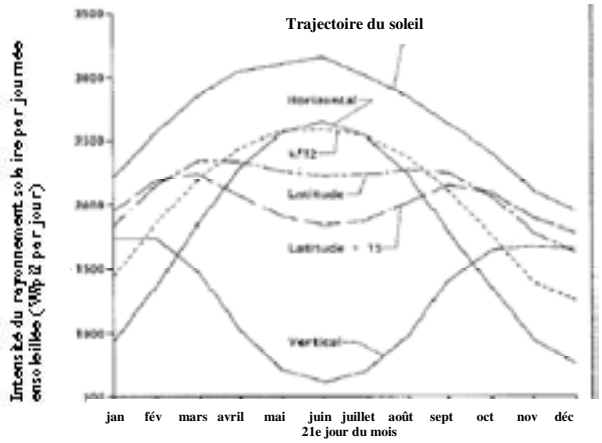

Fig 3. Variabilité de l'intensité du rayonnement solaire par journée ensoleillée selon différents angles d'inclinaison
(Source : MidWest Plan Service)

La quantité d'énergie solaire variera en fonction de la latitude, de l'angle d'inclinaison du collecteur, du temps qu'il fait et du moment de la journée et de l'année. Le rayonnement solaire atteint son maximum au moment où le soleil est au plus haut dans le ciel (à midi) et est à son minimum à l'aube et à la brunante. Les collecteurs solaires fixes doivent être orientés de préférence vers le sud afin de capter le maximum d'énergie solaire (une orientation jusqu'à 20º direction sud-est ou sud-ouest est également acceptable). L'inclinaison idéale des collecteurs variera selon l'époque de l'année où la demande énergétique est la plus forte (tableau 1).

Tableau 1: Angle d'inclinaison idéal selon la demande énergétique à trois différentes époques de l'année

Époque de l'année	Angle d'inclinaison
À longueur d'année	Latitude du lieu
Hiver	Latitude + 15° **ou** vertical*
Été	Horizontal

*réduction d'énergie de 10 %.

L'ÉNERGIE SOLAIRE POUR LE CHAUFFAGE OU L'ÉCLAIRAGE

Il existe deux types de chauffage solaire: passif et actif. Le chauffage solaire passif permet de capter et de distribuer la chaleur sans intervention mécanique (pompe à eau ou ventilateur). La chaleur y est dissipée au moyen de la convection naturelle, de la conduction thermique et du rayonnement thermique. Ce genre de système utilise habituellement des fenêtres placées à des endroits stratégiques qui fonctionnent comme des collecteurs solaires passifs. L'orientation et le choix des fenêtres sont très importants pour réduire au maximum les pertes de chaleur vers l'extérieur. Par ailleurs, il est possible d'optimiser la capacité de chauffage d'un système passif en utilisant une surface absorbante pour capter le rayonnement solaire et stocker de grande quantité de chaleur. Les systèmes de chauffage solaire passif sont simples, faciles d'entretien et peu coûteux à faire fonctionner. En outre, ils offrent l'avantage de fournir un éclairage naturel, souvent préféré à l'éclairage artificiel.

Le chauffage solaire actif comprend l'utilisation d'un fluide qui est circulé dans un système de canalisation par un moyen mécanique comme un ventilateur ou une pompe. Le fluide de réchauffage peut être réutilisé (p. ex. l'eau chaude qui circule dans des tuyaux installés dans le plancher) ou ne servir qu'une fois (p. ex. l'air chaud de ventilation). Le fluide de réchauffage peut servir à réchauffer les planchers, l'air intérieur ou à fournir l'eau chaude utilisée à la ferme. Dans les endroits où il y a un risque de gel, le fluide devrait contenir un produit antigel. L'énergie solaire peut fournir jusqu'à la moitié de la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer l'eau utilisée dans une ferme laitière ou un établissement de transformation animale et alimentaire (ResCAN, 2006). La surface de captage requise pour fournir une telle charge de chauffage varie de 20 à 200 m^2 (ResCAN, 2006).

L'ÉNERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

On peut utiliser l'énergie solaire photovoltaïque comme source d'appoint pour alimenter en électricité des fermes déjà raccordées au réseau électricité. Un système solaire photovoltaïque peut couvrir entre 10 et 40 % des besoins en électricité d'un particulier (BP Solar, 2008). Selon les affirmations de plusieurs fabricants de panneaux photovoltaïques, les panneaux produisent entre 54 et 160 W/m^2 (5 à 15 W/pi^2) (Koycera Solar Inc., 2008 et BP Solar, 2008). Les systèmes photovoltaïques conviennent particulièrement pour les applications peu énergivores dans des endroits éloignés (comme les clôtures électriques ou les abreuvoirs de bétail). L'autre avantage est qu'une clôture ou un abreuvoir alimenté par un système photovoltaïque continuera de fonctionner même en cas de panne d'électricité.

La digestion anaérobie

Les systèmes de digestion anaérobie (ou systèmes de biogaz) utilisent un processus par lequel les matières organiques sont décomposées par des micro-organismes dans un milieu clos dépourvu d'oxygène. Ces systèmes comportent de nombreux avantages pour les fermiers, car ils permettent :

- la réduction des odeurs et de la charge pathogène du fumier;
- la réduction des émissions de gaz à effet de serre;
- la production d'énergie renouvelable;
- l'amélioration du pouvoir fertilisant du fumier;
- l'utilisation de sous-produits de l'industrie alimentaire et d'autres matières organiques.

Le processus de digestion anaérobie produit du biogaz (constitué principalement de méthane et de dioxyde de carbone) et un effluent liquide appelé digestat. Le biogaz peut être utilisé de plusieurs façons: a) il peut servir à alimenter un générateur afin de produire de l'électricité et de la chaleur; b) il peut servir de combustible pour alimenter une chaudière; c) il peut être nettoyé pour remplacer le gaz naturel. Le digestat contient la totalité de l'eau et des minéraux des matières premières, et environ la moitié du carbone contenu dans ces dernières.

Il existe deux types de digesteurs anaérobies: ce sont les digesteurs **infiniment mélangés** et les digesteurs **à écoulement piston**. Les digesteurs infiniment mélangés nécessitent un gros réservoir dans lequel le substrat frais est mélangé à d'autres matières partiellement digérées (figure 4). Ce type de système requiert une matière première qui a une faible teneur en matière sèche (de 4 à 12 %). Pour utiliser les matières qui ont une teneur plus élevée en matière sèche, on fait recirculer les effluents liquides. Les digesteurs à écoulement piston sont constitués de longs canaux dans lesquels la matière première s'écoule sous forme de bouchons de gaz et de liquide (figure 5). Ce type de digesteurs convient à des matières plus épaisses qui contiennent de 11 % à 13 % ou plus de matière sèche.

Fig 4. Digesteur anaérobie infiniment mélangé
(Source : MAAARO)

Fig 5. Digesteur anaérobie à écoulement piston
(Source : MAAARO)

De plus, il existe trois régimes de température pour l'exploitation des systèmes de traitement anaérobie: ce sont les systèmes thermophiles, mésophiles et psychrophiles.

Les systèmes **thermophiles** opèrent à une température élevée (50 à 60 ºC), ce qui accélère la décomposition des matières organiques et conduit à la production de gros volume de biogaz. Ces systèmes comportent plusieurs avantages par rapport aux autres digesteurs, notamment: ils nécessitent une moins grande capacité d'entreposage; ils éliminent plus efficacement les organismes pathogènes et le temps de séjour est moins long (3 à 5 jours). Par contre, ils doivent être mieux isolés et ils consomment plus d'énergie pour maintenir la température de fonctionnement requise. On utilise habituellement les procédés thermophiles dans les systèmes centralisés de grande envergure.

Les systèmes **mésophile**s opèrent à une température moins élevée (35 à 40 ºC). Ces systèmes ont un temps de séjour plus long (15 à 20 jours ou plus) parce que les micro-organismes sont plus lents à décomposer la matière organique. Les systèmes mésophiles résistent mieux aux variations de température. Ces systèmes conviennent bien aux exploitations agricoles de petite et moyenne tailles.

Les systèmes **psychrophiles** opèrent à des températures encore plus basses (15 à 25ºC) et sont surtout utilisés au Québec et au Manitoba. Ces systèmes sont très stables et faciles d'entretien. Leur principal inconvénient est le temps de séjour beaucoup plus long pour obtenir la production de gaz requise et l'élimination des pathogènes.

Autres sources d'énergie renouvelables

En plus des sources d'énergie susmentionnées, il existe plusieurs autres sources d'énergie renouvelables qui peuvent être envisagées pour les exploitations agricoles. Parmi celles-ci figurent notamment l'énergie hydroélectrique, le bélier hydraulique, la force de gravité (énergie potentielle), l'écoulement fluvial (énergie cinétique), la force animale (moyen de traction), l'énergie géothermique (chauffage et conditionnement d'air par pompe de chaleur), le biodiesel ou l'éthanol, et la combustion du bois ou de la biomasse. Bon nombre de ces sources d'énergie renouvelables conviennent parfaitement aux applications de pompage de l'eau. Selon les particularités de l'exploitation agricole, l'utilisation d'une ou plusieurs de ces sources d'énergie non conventionnelles pourrait s'avérer économiquement avantageuse.

L'efficacité énergétique et l'économie d'énergie

Bien que les mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique d'une exploitation agricole puissent sembler moins palpitantes à priori, face à l'attrait des nouvelles sources d'énergie renouvelables, cette approche s'avère souvent plus rentable, du moins à court terme. De nombreux adeptes de l'énergie renouvelable recommandent de considérer d'abord toutes les mesures d'économie d'énergie possibles, avant d'investir dans les technologies d'énergie renouvelable. Cela est particulièrement vrai pour la production d'électricité, qui bien souvent nécessite l'engagement d'investissements considérables. Les exploitations agricoles peuvent réduire leur consommation d'énergie de plusieurs façons, notamment par la mise au point des systèmes d'éclairage, de ventilation, de réfrigération (des fruits et légumes, du lait, des œufs, etc.) ou d'irrigation, des moteurs électriques, des pompes ou de la machinerie. Certaines solutions éconergétiques sont simples et peu coûteuses. Dans certains cas, il suffit de remplacer le matériel ancien ou périmé (p. ex. l'éclairage ou les ventilateurs inefficaces) ou bien de modifier les pratiques de gestion (p. ex. en adoptant des habitudes de conduite plus éconergétiques, et en prenant soin d'apparier correctement l'équipement agricole, etc.). D'autres solutions peuvent s'avérer plus dispendieuses ou plus difficiles à appliquer. Dans de tels cas, il est souhaitable d'effectuer une analyse plus approfondie pour déterminer la période de recouvrement du projet ou ses coûts-avantages avant d'aller de l'avant avec les changements proposés.

Renseignements supplémentaires

Réseau canadien des énergies renouvelables – Ressources naturelles Canada. **ResCAN**. http://www.canren.gc.ca/

Direction des ressources en électricité de Ressources naturelles Canada. **Énergie renouvelable et électrique**. http://www.nrcan.gc.ca/eneene/renren/index-fra.php

Environnement Canada. **Atlas canadien de l'énergie éolienne.** http://www.windatlas.ca/fr/index.php

Association canadienne de l'énergie éolienne. **L'énergie éolienne**.
http://www.smallwindenergy.ca

The Canadian Solar Industries Association. **Solar Energy: Powerful, Proven, Practical**.
http://cansia.ca/ (en anglais seulement)

Ressources naturelles Canada. **Énergie**.
http://www.nrcan-rncan.gc.ca/com/eneene/index-fra.php

Service canadien des forêts (SCF) – Ressources naturelles Canada. **Cartes d'ensoleillement et du potentiel d'énergie solaire photovoltaïque du Canada**.
https://glfc.cfsnet.nfis.org/mapserver/pv/index.php?&NEK=f

Ressources naturelles Canada. **Office de l'efficacité énergétique (OEE)**.
http://oee.nrcan.gc.ca/

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. 2007. ***Rudiments de la digestion anaérobie***.
http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/07-058.htm

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. 2003. ***Production d'électricité à domicile ou à la ferme au moyen de petites éoliennes***.
http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/03-048.htm