



Bureau de l'efficacité et de l'innovation
énergétiques

MOTEURS ÉLECTRIQUES EFFICACES

FICHE DÉTAILLÉE

Cette fiche détaillée fait partie d'une série de 16 fiches présentant des mesures et pratiques en efficacité énergétique applicables au secteur agricole.

Le contenu de cette fiche détaillée est tiré intégralement du document intitulé *Étude de faisabilité technico-économique pour la mise en place d'une ferme modèle écoénergétique au Saguenay–Lac-Saint-Jean, Rapport final*. Cette étude résulte d'un projet réalisé par le Collège d'Alma.

ANALYSE ET RÉDACTION

Sylvain Pigeon, ing., M. Sc., BPR Infrastructure inc.
Charles Fortier, ing., agr., BPR Infrastructure inc.
François Coderre, ing. jr., BPR Infrastructure inc.
Jean-Yves Drolet, agr., M. Sc., BPR Infrastructure inc.

COLLABORATEURS

Diane Gilbert, agroéconomiste, Groupe Ageco
Simon Dostie, analyste, Groupe Ageco
David Crowley, ing., Agrinova, centre collégial de transfert technologique (CCTT) du Collège d'Alma

COMITÉ DE SUIVI

Agrinova, CCTT du Collège d'Alma
Direction générale du Collège d'Alma
Ferme Métro
Ferme Gagné
Agence de l'efficacité énergétique

Cette étude a été réalisée en 2009 et 2010 grâce au soutien financier de l'Agence de l'efficacité énergétique, de la Conférence régionale des élus du Saguenay–Lac-Saint-Jean, de la Ville d'Alma, du Collège d'Alma et de la Coop fédérée.

Au moment de sa rédaction, le contenu de l'étude reflétait au mieux les connaissances des différents rédacteurs et collaborateurs. Certaines conditions peuvent avoir évolué et ne plus correspondre à la situation actuelle. La mise en application des mesures et pratiques énoncées et la rentabilité qui en résultera demeurent sous l'entière responsabilité du lecteur.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES

Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques
5700, 4^e avenue Ouest, B 406
Québec (Québec) G1H 6R1

Téléphone : 418 627-6379 ou 1 877 727-6655
Télécopieur : 418 643-5828
Site Internet : <http://www.efficaciteenergetique.mrn.gouv.qc.ca/>
Courriel : efficaciteenergetique@mrn.gouv.qc.ca

Photos : Éric Labonté et Marc Lajoie, MAPAQ

Décembre 2012
© Gouvernement du Québec

1 DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE

Les moteurs efficaces sont, en apparence, identiques aux moteurs standards. Ils utilisent toutefois moins d'électricité pour produire le même travail que les moteurs standards. Ils s'utilisent de la même manière et s'installent aux mêmes endroits. Théoriquement, l'efficacité d'un moteur idéal est de « 1 », ce qui signifie que 100 % de l'énergie électrique consommée par le moteur serait transmise dans son arbre de sortie. En pratique, il y a des pertes énergétiques dues à la résistance électrique des enroulements du moteur et aux frictions mécaniques des parties mobiles. Ces pertes se diffusent en chaleur. Les moteurs les plus efficaces sont ceux dont le rendement à charge nominal est le plus près de 1.

Une autre variante qui permet d'économiser encore plus d'énergie est l'utilisation de moteur électrique efficace à régime variable. C'est-à-dire que la vitesse de rotation du moteur s'ajuste à la demande de puissance. Cette option permet d'obtenir un rendement optimum en tout temps.

2 DOMAINE D'APPLICATION

Au Québec, l'alimentation électrique dans les régions rurales est effectuée à 75 % avec un courant alternatif monophasé à un voltage de 120 ou de 240 volts. Les moteurs électriques les plus communs sur les fermes sont donc principalement de type monophasé à induction dont la puissance maximale est d'environ 10 HP. Lorsque le courant fourni est triphasé, le voltage est de 347 ou de 600 volts. Dans les deux cas, les moteurs utilisés doivent être adaptés à la fréquence du réseau de 60 hertz.

Dans le domaine de l'agriculture, les moteurs électriques sont largement utilisés pour divers usages. Le tableau 4-19 dresse une liste des principales applications pour les productions animales et végétales.

3 POTENTIEL D'ÉCONOMIE ET/OU DE PRODUCTION D'ÉNERGIE

Il existe actuellement sur le marché une gamme de moteurs électriques efficaces qui offrent des rendements énergétiques supérieurs à ceux des moteurs standards. En tenant compte du fait que près de la moitié de l'électricité sur une ferme sert au fonctionnement des moteurs électriques, l'utilisation de modèles écoénergétiques constitue une option intéressante (Hydro-Québec, 2004).

L'objectif d'utiliser des moteurs efficaces est d'effectuer le même travail qu'avec un moteur traditionnel tout en consommant moins d'énergie. L'agriculture étant un domaine qui sollicite beaucoup l'utilisation de moteurs électriques, le choix de moteurs efficaces présente de bonnes options pour économiser énergie et argent.

Tableau 4-19
Domaines d'applications des moteurs électrique en agriculture (Hydro-Québec, 2004)

Applications visées	Productions animales						Productions végétales							
	Bovins laitiers	Porcs	Volailles et œufs	Bovins de boucherie	Chevaux	Ovins	Apiculture	Céréales, oléagineux, protéagineux	Fourrages	Légumes	Fruits	Cultures abritées	Acériculture	Horticulture ornementale
Ventilation	■	■	■	■	■	■				■	■	■		
Pompage de l'eau	■	■	■	■	■	■		■		■	■	■		■
Préparation et distribution de nourriture	■	■	■	■	■	■								
Séchage								■	■					
Manutention des grains								■						
Conservation										■	■			■
Réfrigération	■													
Centrifugation							■							
Évacuation de fumier et de lisier	■	■	■	■	■	■								
Conditionnement postproduction								■		■	■		■	
Manutention et emballage										■	■		■	

Un des facteurs principaux qui influent sur la consommation énergétique d'un moteur est l'agencement entre la puissance nominale du moteur et la puissance requise pour effectuer le travail. Il est donc très important de choisir le moteur approprié au travail à effectuer. Pour obtenir le rendement optimal, il est recommandé que le niveau de charge du moteur corresponde à environ 75 à 90 % de la puissance nominale du moteur. Si le moteur n'est pas suffisamment puissant, il surchauffera et consommera par le fait même plus d'énergie, la résistance électrique des enroulements du moteur allant en augmentant avec leur température. À l'inverse, un moteur trop puissant gaspillera de l'énergie. En effet, le rendement d'un moteur diminue rapidement lorsqu'il ne travaille pas dans sa plage de rendement optimal. Ainsi, un

moteur de 2 kW qui entraînerait une vis à grain requérant une puissance de 0,8 kW consommerait plus d'électricité qu'un moteur de 1 kW faisant le même travail. La figure 4-15 illustre l'effet du choix d'un moteur adéquat pour le travail à accomplir en comparant le rendement de moteurs de différentes puissances en fonction de leur pourcentage de charge. Par exemple, un moteur de 5 HP utilisé à 25 % de sa charge nominale a un rendement d'environ 60 % comparativement à 80 % lorsqu'il est utilisé à 75 % de cette charge nominale.

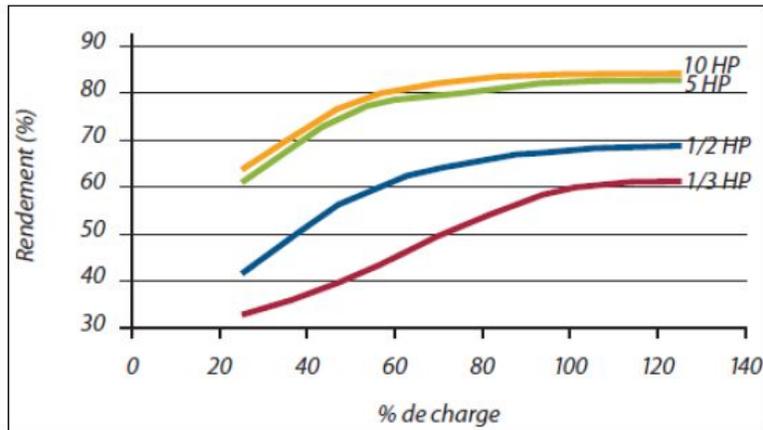


Figure 4-15

Comparaison entre le rendement énergétique de moteurs électriques de diverses puissances en fonction de leur pourcentage de charge (Hydro-Québec, 2004)

Compte tenu du fait qu'un moteur est adapté au travail qui lui est demandé, il devient intéressant de choisir les moteurs les plus efficaces d'un point de vue énergétique. L'efficacité d'un moteur correspond au ratio entre la puissance mécanique à l'arbre du moteur et la puissance électrique consommée. Plus le ratio est élevé plus le moteur est considéré comme efficace à convertir l'électricité en puissance utile. La figure 4-16 compare le rendement énergétique de moteurs standards et de moteurs plus efficaces. Il est à noter que pour des puissances inférieures à 1 HP, l'augmentation absolue de rendement peut aller jusqu'à 20 % pour les moteurs électriques efficaces (Hydro-Québec, 2004).

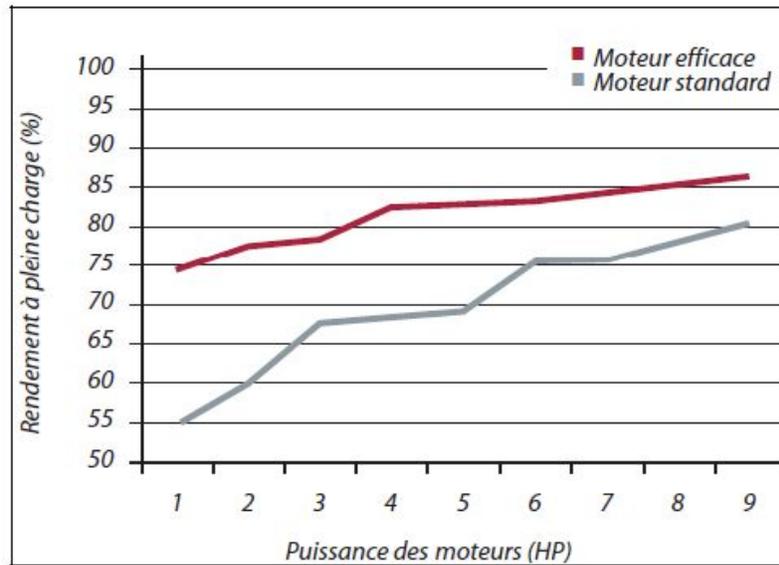


Figure 4-16

Comparaison entre le rendement énergétique de moteurs standards et de moteurs efficaces en fonction de leur puissance (Hydro-Québec, 2004)

Le meilleur rendement énergétique des moteurs électriques efficaces se traduit en définitive par une économie d'argent. L'équation ci-dessous permet d'évaluer le coût de la consommation énergétique en fonction du rendement du moteur et de faire des comparaisons entre divers modèles (ASAE, 2004).

$$C = (0,746 P FC T_c h) / \eta$$

avec

$$FC = 100 \times \text{Puissance requise pour faire le travail (kW)} / (\text{HP du moteur} \times 0,746)$$

où :

C : Coût annuel de fonctionnement (\$/an);

P : Puissance nominale du moteur (HP);

0,746 : Facteur de conversion de HP à kW;

FC : Facteur de charge (%);

T_c : Tarif de l'électricité (\$/ kWh);

h : Nombre d'heures annuelles de fonctionnement (h);

η : Rendement énergétique du moteur (rendement à pleine charge tiré de la plaque signalétique du moteur).

Il existe également une gamme de moteurs d'efficacité encore plus élevée que les moteurs dits « efficaces », soit les moteurs NEMA Premium™ (U.S. DOE, 2008). Le tableau 4-20 démontre les différences pour ces deux types de moteur sur le plan énergétique et économique.

Tableau 4-20
Comparaison de l'efficacité énergétique et économique entre les moteurs efficaces standards
et les moteurs NEMA Premium™ (U.S. DOE, 2008)

Puissance (hp)	Efficacité à pleine charge (%)		Économies réalisés avec un moteur NEMA Premium™	
	Moteur efficace	Moteur NEMA Premium™	Énergie (kWh/année)	Argent (\$/année)
10	89,5	91,7	274	19,38 \$
25	92,4	93,6	354	25,08 \$
50	93,0	94,5	871	61,69 \$
100	94,5	95,4	1 019	72,17 \$
200	95,0	96,2	2 681	189,85 \$

Note: Économies estimées pour un moteur fonctionnant à une charge nominale de 75 % avec un tarif d'électricité de 0,0708 \$/kWh et un temps de fonctionnement de 5 h/jour.

4 DISPONIBILITÉ DE LA TECHNIQUE

Les moteurs efficaces sont disponibles chez tous les commerçants de moteurs. Il s'agit d'un produit largement répandu et utilisé dans tous les types d'industries.

Pour vérifier ou s'assurer qu'un moteur est à haut rendement énergétique, il existe une certification d'efficacité des moteurs établie par la *National Electrical Manufacturers Association (NEMA)*. Les moteurs certifiés NEMA Premium™ sont plus efficaces et ont un rendement optimisé par rapport aux moteurs à efficacité énergétique normal.

Le tableau 4-21 présente l'ensemble des marques de moteurs efficaces qui sont admissibles au programme sur les moteurs efficaces d'Hydro-Québec.

Tableau 4-21
Liste des compagnies fabriquant des moteurs qui offrent des produits admissibles au programme moteur efficace d'Hydro-Québec

Entreprise	Site internet
A.O. Smith Electrical Products	www.aosmithmotors.com
Baldor Electric Co.	www.baldor.com
Emerson Motors	www.emersonmotors.com
GE Motors	www.geindustrial.com
Leeson Electric	www.leeson.com
Lincoln Motors	www.lincolnmotors.com
Marathon Electric	www.marathonelectric.com
RAM Industries	www.ramusa.com
Siemens	www.sea.siemens.com/motors
Sterling Electric	www.sterlingelectric.com
Tatung Electric Motors	www.tatung.com
TECO-Westinghouse	www.tecowestinghouse.com
Toshiba International	www.tic.toshiba.com
WEG Electric	www.wegelectric.com

5 ESTIMATION DE LA RENTABILITÉ

5.1 Sensibilité au coût de l'énergie (électricité et/ou hydrocarbure)

L'utilisation de moteurs plus efficaces ne sert pas à remplacer une source d'énergie par une autre, mais ne fait que diminuer la consommation électrique tout en accomplissant la même tâche. L'estimation de sa rentabilité en est donc simplifiée, car dans tous les cas, les bases de calcul sont les mêmes. Plus le coût de l'électricité augmente, plus le bénéfice lié à l'utilisation de moteurs écoénergétiques augmente.

5.2 Type d'élevage et taille de la ferme

Les moteurs électriques sont nécessaires et couramment utilisés sur toutes les fermes au Québec. Indépendamment de la taille de l'entreprise et du type d'élevage, lors de l'achat d'un moteur, il est toujours souhaitable d'envisager l'achat d'un moteur certifié NEMA même si le coût d'achat peut être légèrement plus élevé. Il faut alors faire le calcul présenté à la section 5.10.3 pour prendre une décision éclairée.

5.3 Remplacement d'un équipement usagé

Au moment du remplacement d'un moteur usagé qui ne fonctionne plus, il est habituellement plus économique, à moyen terme, de choisir un moteur plus efficace même si le coût d'achat est plus élevé. Considérons, à titre d'exemple, un producteur laitier qui doit remplacer un moteur de pompe à vide sur son système de traite. Le moteur, d'une puissance de 5 HP, fonctionne 6 heures par jour à 80 % de sa charge nominale : cela comprend les deux traites et le temps de lavage et de rinçage du lactoduc. Son fournisseur lui offre le choix entre deux moteurs pour cette application dont les caractéristiques sont présentées au tableau 4-22. Le coût d'achat du moteur efficace est de 85 \$ de plus, par contre l'économie sur le coût énergétique est de 43,46 \$ par an. La période de récupération de l'investissement est donc de moins de 2 ans. Par la suite, l'agriculteur économisera 43,46 \$ par an et cette économie s'accroîtra à mesure que le tarif électrique augmentera.

Tableau 4-22
Remplacement d'un moteur électrique actionnant les pompe à vide sur une entreprise laitière

Paramètre	Moteur standard	Moteur efficace
Puissance (HP)	5	5
Rendement (%)	80,0	86,5
Utilisation (h/an)	2190	2190
Facteur de charge	0,8	0,8
Coût (\$/kWh)	0,0708	0,0708
Coût d'achat (\$)	435	520
Énergie consommé (KWh/an)	8169	7555
Coût de fonctionnement (\$/an)	578,34	534,88

Par contre, pour un moteur usagé qui fonctionne encore bien et qui risque de bien fonctionner pendant encore quelques années, il n'est généralement pas économique de le remplacer immédiatement par un moteur plus efficace. Par exemple, dans le cas précédent, si le producteur n'a pas besoin de remplacer son moteur de pompe à vide, mais qu'il veut vérifier s'il serait avantageux de le changer par un moteur plus efficace, il doit tenir compte du coût total de l'achat pour calculer la période de retour sur son

investissement. Ainsi, pour un moteur qui coûte 520 \$, il lui faudra plus de 12 ans pour rembourser son achat.

Il ne fait aucun doute que lors du remplacement d'un moteur standard défectueux par un nouveau moteur électrique, il est économiquement avantageux d'opter pour un moteur plus efficace. Par contre, il n'est pas souhaitable de remplacer systématiquement tous les moteurs d'une entreprise par des moteurs plus efficaces. Le calcul doit s'effectuer au cas par cas. Plus la période d'utilisation annuelle d'un moteur est longue, plus l'option peut devenir intéressante, car le retour sur l'investissement arrive plus rapidement.

6 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Les moteurs certifiés NEMA ont de nombreux avantages en comparaison des autres moteurs (Hydro-Québec, 2009). À titre d'exemples, ils ont :

- un rendement supérieur allant de 1,5 à 5 %, et même jusqu'à 10 % dans certains cas;
- un facteur de surcharge plus élevé;
- une plus grande fiabilité et une plus longue durée de vie;
- une garantie prolongée.

Par contre leur coût d'achat est légèrement plus élevé.

7 RECOMMANDATIONS

Au moment de l'installation d'un nouveau moteur ou du remplacement d'un moteur défectueux, il est toujours recommandé d'étudier l'option d'un moteur plus efficace dont la puissance est bien ajustée en fonction du travail à accomplir. Par contre, il est rarement économique de remplacer un moteur en bon état par un moteur plus efficace.

8 RÉFÉRENCES

SOCIETY FOR ENGINEERING IN AGRICULTURAL, FOOD AND BIOLOGICAL SYSTEMS (ASAE), 2004. *Methodology for matching electric motors to agricultural processes*. Society for engineering in agricultural, food and biological systems, Ottawa, Canada, 18 p.

HYDRO-QUÉBEC, 2004. *Guide pratique : Sélection et utilisation des moteurs électriques efficaces à la ferme*. Hydro-Québec, Québec, 36 p.

HYDRO-QUÉBEC, 2009. *Programme produits efficaces-moteurs : Avantages du moteur superécoénergétique NEMA Premium^{MC}*, [En ligne] [<http://www.hydroquebec.com/produitsefficaces/moteurs/description.html>].

GUSTAFSON, Robert J. et Mark T. MORGAN, 2004. « Electric Motors », chapitre 8 dans *Fundamentals electricity for agriculture*, 4^e édition, Michigan, American society of agricultural engineers (ASAE), p 205-248.

OFFICE DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DU CANADA (OEE), 2009. *Énergie consommée à des fins commerciales : secteur industriel (Moteurs électriques)*, tiré du site de l'Office de l'efficacité énergétique du Canada, [En ligne] [<http://oee.nrcan.gc.ca/industriel/equipement/moteurs/>]

SOCIETY FOR ENGINEERING IN AGRICULTURAL, FOOD, AND BIOLOGICAL SYSTEMS, 2004. *Methodology for matching electric motors to agricultural processes*. Society for engineering in agricultural, food, and biological systems, St-Joseph, Michigan, 18 p.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2008. *Improving motor and drive system performance: a source book for industry*. U.S. Department of energy (Energy efficiency and renewable energy), 116 p.