

Avis sur la sécurité énergétique des québécois à l'égard des approvisionnements électriques et la contribution du projet du Suroît

RAPPORT D'EXPERT : SUJET 4

DÉPOSÉ À LA RÉGIE DE L'ÉNERGIE

Dossier : R-3526-2004

Témoin-expert Louis E. Beaulieu, MBA

Citoyennes et citoyens vers Kyoto (CCVK)

Avril 2004

TABLE DES MATIÈRES

4.1. Éoliennes résidentielles ou municipales de capacité faible à moyenne...	1
4.1.1. Le contexte	1
4.1.2. Marchés et technologie éolienne : état actuel et perspectives	3
4.1.2.1 Les applications.....	4
4.1.3. Un scénario d'éolienne branchée au réseau.....	6
4.1.4. Les coûts.....	8
4.1.5. Conditions clés de l'implantation de petites éoliennes au Québec	10
4.1.6. Les développements technologiques.....	14
4.1.6.1 Le moteur-roue	14
4.1.6.2 Les batteries sèches polymère-lithium-ion	15
4.1.6.3 L'accouplement avec les piles à combustible (hydrogène)	16
4.1.7. Impacts environnementaux et externalités	16
4.1.8. Conclusion et recommandations	16
4.1.9. RECOMMANDATIONS.....	17
4.2. Énergie solaire	18
4.2.1. Le contexte	18
4.2.2. RECOMMANDATIONS.....	19

4.1. Éoliennes résidentielles ou municipales de capacité faible à moyenne

NOTE : Cette section a été écrite par le témoin-expert Louis E. Beaulieu, MBA., dûment mentionné et enregistré à la demande initiale effectuée par le CCVK à la Régie pour l'audience R-3526-2004

4.1.1. Le contexte

La contribution des systèmes éoliens de petite puissance aux réseaux d'électricité est encore aujourd'hui grandement ignorée au Canada et au Québec. Pourtant, ils peuvent jouer un rôle important par un double effet :

- ❑ réduire la pression sur le réseau par le fait que l'électricité produite pour sa propre consommation est autant de Watts qu'on ne tire pas du réseau ;
- ❑ injecter dans le réseau les surplus qui ne sont pas consommés, tels les kWh qui peuvent être produits la nuit alors que la consommation est au plus faible chez le petit consommateur résidentiel, commercial, industriel ou municipal.

Depuis plusieurs années, plus de 25 états des ÉUA achètent l'électricité produite par tout producteur indépendant. L'Europe a maintenant emboîté le pas et le public consommateur est sensibilisé sur les impacts du choix des filières énergétiques alternatives.

Autant il y a 25 ans la filière éolienne dans son ensemble était encore vue comme une filière énergétique non-fiable (le vent est "imprévisible" ...), non rentable et un accessoire presque folklorique, autant aujourd'hui la contribution des grandes éoliennes est bien reconnue et établie par le public et les gouvernements qui ont décidé d'en faire un levier de développement.

On ne peut en dire autant de la petite éolienne : le progrès fulgurant des grands systèmes a certes rejailli sur la crédibilité des petites éoliennes, mais il existe encore plusieurs paradigmes ou "blocages" sur la capacité des petites éoliennes à contribuer au bilan global de l'énergie d'une région ou d'un pays :

- ❑ la recherche des économies d'échelle, par le développement de systèmes de plus en plus puissants a détourné l'attention des systèmes de petite puissance (< 100kW) et de moyenne puissance (de 100 à 500 kW). Notons qu'il n'y a à peu près plus de fabricant d'éolienne de moyenne puissance dans le monde, alors qu'un marché important devrait s'y développer (applications communautaires et exportations) ;
- ❑ le peu de ressources financières et d'investissements dans le secteur des petites éoliennes, handicapant sa capacité de recherche et de développements technologiques selon les caractéristiques propres des petits systèmes ; ainsi que l'incapacité de créer une masse critique intéressante pour motiver les grands fabricants (pour les générateurs, par exemple) à développer des équipements plus performants ;

- ❑ le fait que les marchés institutionnels s'intéressent peu à la petite éolienne : marchés financiers, marchés des compagnies d'électricité, organismes de régulation énergétique, institution de R&D, etc. ;
- ❑ la faiblesse du marketing des petites éoliennes, dû au fait qu'il s'agit encore d'un marché très diffus – vendre une éolienne de 2 MW versus vendre 400 systèmes de 5 kW à près de 400 clients, pour 2 MW ; la méthodologie encore déficiente pour monter des produits complets facilement accessibles aux clients, étant donné que la petite éolienne comporte plusieurs équipements connexes (batteries, contrôleur, convertisseur-onduleur, etc.) ;
- ❑ le développement du marché des petites éoliennes dans les pays industrialisés souffre du fait que le développement a été axé surtout sur l'application à titre de systèmes d'énergie autonomes, d'où la perception erronée que les petites éoliennes ne peuvent servir que là où il n'y a pas de réseau ;
- ❑ certaines contraintes réglementaires : règlements municipaux ou régionaux et normes inadaptées au contexte des petites éoliennes ;
- ❑ et finalement, le manque d'engagement des pouvoirs politiques et économiques pour soutenir, dans un plan intégré, les petites éoliennes et reconnaître les avantages spécifiques de leur contribution au bilan énergétique global.

Pourtant la conjoncture est favorable aux petites éoliennes :

- ❑ la présence des petites éoliennes dans certains documents de références qui autrefois ne traitaient que des grandes éoliennes¹ ;
- ❑ l'acceptation par le public de la filière éolienne est bien établie ;
- ❑ le fait que plusieurs gouvernements, particulièrement européens, font maintenant la place aux petites éoliennes et ont développé des programmes spécifiques pour les consommateurs qui veulent se doter d'une capacité de génération d'électricité ;
- ❑ une capacité d'adaptation technologique rapide à différents contextes d'application ;
- ❑ une sensibilité accrue de la population du Québec aux enjeux énergétiques et l'aspiration non négligeable d'une portion de la population à se doter d'une certaine autonomie ;
- ❑ l'assurance d'une sécurité énergétique par un apport de sources diversifiées ;
- ❑ de nombreuses normes maintenant définies selon différents standards électriques ;

1 AWEA. Small wind systems. URL: <http://www.awea.org/smallwind.html> page consultée le 20 avril 2004. (il est intéressant de noter que cette section des petites éoliennes "small wind systems" est récente comme présentation propre aux petites éoliennes).

- et des technologies disponibles pour le branchement qui ont fait leurs preuves depuis plusieurs années.

Nous ne pouvons, de façon pragmatique, prétendre ici et à ce moment que la filière des petites éoliennes représente à elle seule la solution aux problèmes soulevés par le mandat de la Régie de l'énergie dans le cadre de la demande *d'Avis sur la sécurité énergétique des Québécois à l'égard des approvisionnements électriques et la contribution du projet du Suroît* (R-3526-2004).

En soi, la filière de la petite éolienne peut raisonnablement être une alternative à la centrale du Suroît, nous le verrons, mais nous sommes conscients qu'aujourd'hui, la mise en œuvre d'une approche planifiant l'implantation des petites éoliennes dans le réseau de Hydro-Québec va demander beaucoup d'efforts d'adaptation à une culture organisationnelle axée sur les grands projets et encore peu sensibilisé au potentiel éolien énorme du Québec. **C'est ce temps de réaction qui justifie que nous demandions à la Régie de l'énergie de mettre en place dès maintenant les instructions pour que la filière des petites éoliennes soit intégrée dans la planification de développement des filières énergétiques.**

Nous allons cependant démontrer, avec toute la force possible, que la petite éolienne représente une alternative valable au développement de la filière thermique et une assurance solide pour garantir l'approvisionnement futur du Québec en énergie.

4.1.2. Marchés et technologie éolienne : état actuel et perspectives

Le marché des petites éoliennes, étant diffus, est plus difficile à quantifier. La grande majorité des documents et études (voir Annexe Coûts et Annexe Technologie) qui démontrent la croissance importante de l'éolien depuis les 10 premières années est axée sur les grandes éoliennes et ne comptabilise pas les petites éoliennes.

On peut cependant avancer qu'il existerait une soixantaine de manufacturiers de petites éoliennes, selon la base de données de Energy Source Guide, "Small Wind Turbine Manufacturers in the World by Business Name". Il s'agit d'inscriptions volontaires, donc le nombre réel est probablement supérieur².

On ne connaît pas précisément leur capacité de fabrication ni le nombre total d'unités vendues en un an ou depuis 5 ans, mais on peut identifier dans cette base au moins 25 manufacturiers connus et établis depuis plusieurs années. L'American Wind Energy Association évalue qu'il y a 150 000 petites éoliennes installées au ÉUA.

Les technologies des petites éoliennes offertes sur le marchés sont assez semblables : systèmes à hélices, généralement de 3 pales. Certaines approches plus originales démontrent la vitalité de l'innovation très présente dans ce domaine.

2 Small Wind Turbine Manufacturers in the World by Business Name.

URL: <http://energy.sourceguides.com/businesses/byP/wRP/swindturbine/byB/mfg/byN/byName.shtml> page consultée le 20 avril 2004. (Répertoire mondial des manufacturiers de petits systèmes d'éoliennes)

Les puissances offertes sur le marché varient de 100W à 30 kW, ce qui permet une gamme très variée d'applications.

4.1.2.1 Les applications

En excluant ici les "micros" (en bas de 1kW) qui permettent des applications dédiées, on peut distinguer 3 grandes catégories pour l'utilisation de petites éoliennes :

- les applications résidentielles ;
- les applications agricoles, commerciales et industrielles ;
- les applications communautaires et municipales.

Il faut dès le départ que nous favorisions comme approche générale pour les installations autonomes les systèmes hybrides, qui dans la grande majorité des cas sont exploités en combinaison avec le solaire, et quelquefois fois avec des génératrices (essence ou diesel). Pour les besoins de notre preuve, nous considérerons que, pour le consommateur, le branchement au réseau est en soi une approche hybride et que les applications présentées ici sont toutes reliées au réseau.

Un avantage indéniable qu'il faut souligner est que nous tirons profit du principe de rapprocher la source d'énergie de la consommation : cela génère une économie de transport et évite les pertes, ce qui fait partie des avantages et des coûts évités qui devront être calculés et pris en compte. La dissémination des petites éoliennes branchées sur le réseau évite d'avoir à bâtir une capacité de transport supplémentaire spécifique à l'éolien.

Applications résidentielles

Les applications résidentielles urbaines et rurales permettent de couvrir partiellement ou totalement l'alimentation des équipements électriques de la résidence. Souvent, on va exclure les éléments chauffants (chauffage, cuisine, eau chaude, etc.) qui consomment beaucoup d'électricité et qui peuvent trouver des alternatives plus performantes, mais en soi rien n'empêche la petite éolienne de les fournir. Le consommateur, en utilisant un convertisseur-onduleur adéquat, n'aura aucun changement à faire sur son installation électrique. Le branchement au réseau, grâce aux équipements électroniques disponibles, sera transparent et n'aura pas besoin de surveillance. En cas de panne, les batteries fourniront de l'électricité pour leur temps de réserve prévu, ce qui représente une valeur ajoutée pour le consommateur.

Il faut reconnaître certaines contraintes en zones urbaines où l'espace est limité. Mais il existe des solutions pour les structures ou pour des installations directement sur des toits.

Applications agricoles, commerciales et industrielles

Il y a un marché pour les applications pour de petites puissances aux fins d'alimenter des équipements de fermes, de commerces ou de petites industries. Tous les besoins généraux (éclairage, fonctionnement des petits appareils comme les systèmes informatiques, etc.) peuvent être

couverts. Pour certaines industries ou certains commerces sensibles à l'approvisionnement électrique, tels les piscicultures ou les services informatiques, la continuité d'alimentation en cas de panne prendra une importante valeur ajoutée.

Applications communautaires et municipales

On connaît les exemples de communautés qui se sont regroupés pour se doter de systèmes d'énergie alternatives, particulièrement avec des petites éoliennes. Le cas souvent cité en exemple est cette coopérative d'Allemagne où des voisins se sont organisés entre eux pour l'achat d'une éolienne; 10 plus tard, ce groupe en est venu à gérer des parcs d'éoliennes !

Des municipalités se sont aussi intéressées à la possibilité d'alimenter certains de leurs équipements ou de fournir l'électricité aux résidences, se dotant d'une assurance de sécurité d'approvisionnement surtout pour des municipalités isolées³.

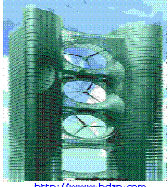
3 Voir dans "Wind Power Outlook 2004", p. 3 Small Wind Systems At Work in U.S. and Overseas sur le site <http://www.awea.org/pubs/documents/Outlook2004.pdf> , page consultée le 20 avril 2004

4.1.3. Un scénario d'éolienne branchée au réseau

Un système à petite éolienne comprend en général des équipements accessoires, qui dérivent de son utilisation comme système autonome, soit :

- ❑ l'éolienne elle-même
- ❑ des batteries
- ❑ un contrôleur pour la charge des batteries
- ❑ un convertisseur-onduleur pour faire fonctionner les équipements en 100V ou 220V (24V-240V).

C'est ce dernier équipement qui peut inclure une fonction supplémentaire : le branchement au réseau, géré électroniquement et permettant de synchroniser le courant envoyé par le consommateur avec le courant du réseau et comportant plusieurs fonctions de sécurité.



On doit prévoir l'installation généralement faite sur un poteau comportant des haubans. Nous pouvons, cependant, envisager aussi l'installation dans un contexte d'intégration du système éolien (ou solaire) dans une structure de bâtiment⁴: plusieurs plans ont déjà été faits par des architectes, mais la plus simple à ce moment est l'installation sur un toit. Cette dernière approche est particulièrement importante pour le contexte urbain.

Les batteries, qui doivent être de type "décharge profonde" (deep cycle), sont un enjeu car ce sont elles qui fournissent l'autonomie au consommateur en cas de panne ou de coupure du réseau. En fait, les batteries servent à deux fonctions:

- permettre une autonomie quand il n'y a plus assez de vent ou d'autres sources d'énergie (p.ex. accumuler de l'énergie la nuit s'il vente, alors que la consommation est à son plus bas pour faire face à un déficit ou à une pointe de consommation le jour suivant ;
- stabiliser le courant fourni (output) au circuit électrique : le vent est un flux variable et les batteries peuvent être adéquatement chargées par un courant variable (ex. en automobile) ; elles fournissent une sortie dont la tension est stable.

On peut voir plus loin un exemple type de ce combiné d'équipement.

4 Voir le système Westtech, conçu pour être installé sur un toit. URL : <http://www.westtechenergy.com/> page consultée le 20 avril 2004.

Voir la photo du prototype de la compagnie Sambrabec inc., dont l'installation a été conçue par Hubert Chamberland, architecte, et mis en démonstration au Salon de l'habitation à Montréal 1991, aussi le site de Sambrabec URL : http://pages.infinit.net/sambrab/presentation_cat_franc.htm , page consultée le 20 avril 2004.

Voir la photo du système Bergery, déposés en preuve en annexe. URL : <http://www.wind-works.org/articles/RoofTopMounting.html> , page consultée le 20 avril 2004

Voir « Urban Wind », sur le site de l'University of Strathclyde, Energy Systems Research Unit, à Glasgow Écosse.

URL : http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/01-02/RE_info/Urban%20wind.htm page consultée le 20 avril 2004.

Le scénario que nous proposons ici d'adopter pour étayer la faisabilité de l'intégration de petites éoliennes au réseau est le suivant :

- ❑ éolienne de 10 kW de puissance
- ❑ une capacité installée de batteries adaptée à 10kW
- ❑ un convertisseur-onduleur de 10kW avec branchement au réseau
- ❑ une installation sur poteau avec haubans

Certains paramètres du scénario sont fixés sur une base généraliste, car ils dépendent des régimes de vent que l'on trouve sur le site précis. Ils sont raisonnables dans le cadre de notre preuve.

Le choix de 10kW découle du fait que 20 ans d'expérience nous ont permis d'établir que cette puissance fournit l'essentiel des besoins d'énergie d'une résidence estimée ici à 30 000kWh par année, excluant le chauffage et les applications lourdes.

Nous avons établi un tableau selon le nombre d'installations de systèmes de 10kW et leur apport en énergie. Dans une étude de faisabilité, nous pourrions distinguer l'énergie totale, l'énergie utilisée par le consommateur et l'énergie transmise sur le réseau.

Pour les fins de notre preuve, nous ne considérerons que l'énergie totale (100% de l'énergie transmise au réseau), étant pris en considération que l'énergie que le consommateur produit et consomme fait partie de l'effet total que les petites éoliennes peuvent apporter dans la gestion de la consommation (le double effet mentionné plus haut).

PROJECTIONS DES APPORTS DES PETITS SYSTÈMES ÉOLIENS DANS LE RÉSEAU DE HYDRO-QUÉBEC							
	Puissance kW	Énergie annuelle kWh	Nombre foyers	Puissance foyers kW	Énergie annuelle foyers kWh	Énergie annuelle foyers TWh	Prévisions HQc TWh
Facteur utilisation		33%					2004
Nombre d'heures		8 760					167,1
% de l'énergie transmise au réseau		100%					
	10	29 197	100 000	1 000 000	2 919 708 000	2,9	1,7%
	10	29 197	223 000	2 230 000	6 510 948 840	6,5	3,9%
	10	29 197	500 000	5 000 000	14 598 540 000	14,6	8,7%
	10	29 197	1 000 000	10 000 000	29 197 080 000	29,2	17,5%
	10	29 197	3 000 000	30 000 000	87 591 240 000	87,6	52,4%

Tableau 1 Paramètres techniques

Nous avons retenu comme hypothèse un facteur d'utilisation⁵ de 33% (il s'agit d'un niveau largement accepté par les experts qui pourrait aller jusqu'à 40%⁶) : nous devrions atteindre plus mais pour tenir

⁵ Le facteur d'utilisation est la portion produite effectivement par un système éolien sur sa puissance nominale.

compte des performances variables, en terme de technologie et de vents spécifiques des sites, nous préférons rester conservateurs. Nous déposons d'ailleurs en preuve en annexe le document International Renewables Review, Black & Veatch, printemps 2004, N° 2, qui démontre que ce facteur d'utilisation varie selon les régions et en donne une illustration pour les États-Unis d'Amérique.

On peut, par ce tableau, déjà constater qu'avec 80 000 petites éoliennes installées et disséminées sur l'ensemble du territoire du Québec, nous pourrions remplacer la centrale du Suroît (836MW), en terme de puissance installée. Pour l'aspect consommation (6,5TWh), cela prendrait près de 223 000 petites éoliennes sur l'ensemble du territoire, à 33% de facteur d'utilisation, pour produire le 6,5TWh d'énergie prévue par le Suroît. En appliquant le même taux que pour les grandes éoliennes, l'amélioration des technologies permettrait de réduire ce ratio de moitié.

À ce stade, 223 000 systèmes de petites éoliennes coûteraient, en dollars de 2004, 4 milliards de dollars, selon les hypothèses de coût fournies plus bas. Nous n'avons pas toutes les données pour le faire en preuve ici, mais le calcul financier, incluant les déboursés annuels de carburant et les dépenses d'opérations, sur 10 ans, que nous avons fait sur les coûts du Suroît nous permet de conclure que le coût se révélera équivalent, alors que les éoliennes dureront au moins 20 ans (durée de vie projetée de 30 ans).

Par ailleurs, le tableau 1 nous montre l'importance que les petites éoliennes pourraient prendre pour répondre aux besoins de consommation établis par Hydro-Québec.

4.1.4. Les coûts

Les coûts impliqués par notre système de référence sont de l'ordre de 35 000\$, installation incluse : nous retenons la soumission de la compagnie Bergey, parce que cette compagnie est une référence, étant établie depuis longtemps et ayant plusieurs installations au Québec (l'UQAR a choisi un modèle de 10kW pour ses démonstrations).

On trouvera ci-bas un tableau en fonction des soumissions que nous avons obtenues. Comme on le voit, les prix peuvent varier sensiblement, mais en fait nous pourrions diminuer et stabiliser les coûts unitaires par une réduction d'échelle.

6 Nous avons choisi le niveau de 33% comme moyenne tel qu'établi et reconnu par l'IEPF (Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie). Voir aussi l'article de Black & Veatch, printemps 2004, N° 2 déposé en preuve.

Fabricants Pays	Bergey OK USA	Westtech BC CA	jacobs WITC MN USA	Proven Écosse	Proven Écosse
<i>modèles</i>	BWCEXCELS60	6000 Pro	model 23-10	WT6000	WT15000
<i>puissance</i>	10kW	2*3kW	10kW	6KW	15 kW
<i>Prix USD ou Euro</i>	36 610,00 \$	10 249,00 \$	37 490,00 \$	18 143,00 \$	42 214,00 \$
<i>configuration</i>	battery charging, grid-connected	grid-tie	grid inertie system	domestic AC, heating,	id + grid connect
<i>Annual output KWH low</i>	9600 KWh		10mph: 10486 KWH	4,5m/s: 900KWH	4,5m/s: 2300 KWH
<i>Annual output KWH high</i>	24000KWh		18mph: 38073KWH	6,5m/s: 3300KWH	6,5m/s: 7400 KWH

Tableau 2 - Soumissions obtenues (avril 2004)

Pour les fins de comparables, nous excluons du prix de 35 000\$ les éléments "autonomie" du système, tels les batteries et son système de contrôle ; nous maintenons le coût du convertisseur-onduleur pour sa composante gestion du raccordement au réseau et nous minimisons le coût de l'installation, qui est un coût très sensible à la fois de par sa localisation et de la technique employée (la grande majorité des éoliennes pourraient être installées sur un poteau avec des haubans ou certaines directement sur un bâtiment).

Nous en arrivons à un coût comparable de 18 000\$US, soit 23 400\$CAN. Ce coût représente 1 800\$US / kW installé, ce qui est, dans le contexte, un coût tout à fait acceptable pour le niveau d'avancement de cette technologie. Il est évident que ce coût baisserait substantiellement si une demande soutenue permettait de justifier des investissements accrus en développement et en capacité de production. Le coût au kWh des petites éoliennes varie évidemment selon les manufacturiers : Bergey, qui fabrique une éolienne de 10kW, estime que son coût au kWh est de 19¢CAN⁷ (pour un coût total de 38 000\$US d'une installation complète), ce qui est cohérent avec la méthode de calcul de l'IEPF (Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie).

Coût du kWh selon l'IEPF

7 Voir Michael Bergey. « A primer on small turbines ». ©2002 (précédemment publié dans le magazine « Home Power and Backwoods Home magazines »).

URL : <http://www.bergey.com/School/Primer.html> , page consultée le 20 avril 2004.

CGA		Coût global actualisé			
N	nombre d'année du projet			10	ans
P	puissance nominale installée			10	kW
Ea	énergie annuelle moyenne		kWh / an	29 197	kWh
I	dépenses d'investissement initial			23 400	\$
Iup	ratio de coût unitaire d'investissement	=	I/P	2 340	\$ \$/kW installé
Dem	dépenses moyennes d'exploitation par année et d'entretien-maintenance			120	\$
Kem	pourcentage moyen des dépenses d'investissement initial = I/P			0,5%	
t	Taux d'actualisation			8,0%	
FC	Facteur de charge annuel moyen			33,33%	
Ka	$= t(1+t)^n / ((1+t)^n - 1)$		capital actualisé	14,90%	
Heures/an	8760				
CGA = (I+Dem/Ka)/(Ea/Ka)				0,124 \$/kWh	
Iup	I/P				
FC	Ea/(8760.P)		33,33%		
alors					
CGA = Iup.(Ka+Kem)/(8760.FC)				0,124 \$	\$/kWh CDN
				0,095 \$	\$/kWh US
				Taux	0,7692

Tableau 3 – Coût du kWh selon le modèle IEPF

Le coût de 12,4¢/kWh ne tient pas compte dans avancées de marché et de développement technologique qu'une situation de demande soutenue créerait nécessairement. Nous faisons le parallèle cependant avec le fait que tous les sondages⁸ démontrent qu'une forte majorité de consommateurs seraient prêts à payer une prime pour une énergie acceptable pour l'environnement. Il est de plus déjà acceptable dans le contexte d'une prime à la sécurité énergétique pour le consommateur.

4.1.5. Conditions clés de l'implantation de petites éoliennes au Québec

Nous acceptons les éléments présentés en preuve dans la section 4.3.1 *Centrales éoliennes de grande puissance* quant aux *Conditions clés du développement de nouveaux marchés éoliens tels le Québec*. Pour les mettre au niveau de la petite éolienne, nous rajouterons les éléments suivants :

8 Voir document déposé : La situation et les progrès de l'éolien dans le monde, Le cas de l'Europe, Madame Annabelle Jacquet, secrétaire-générale Eudora, colloque AQPER sur l'énergie éolienne au Québec, 16 mars 2004, p. 23,23 et 24. pour le Québec voir aussi <http://www.axor.com/comm/com-4.htm> et <http://users.swing.be/compagnons-eole/eolienne/articles/art40.htm>

- mettre en place, comme dans plusieurs états des ÉUA et en Europe des programmes incitatifs et de soutien aux consommateurs pour l'achat et l'installation de petites éoliennes ;
- que la Régie de l'énergie émette une directive à Hydro-Québec afin que celle-ci mette en place sans délai un politique de facturation nette ou de facturation inverse (net metering).

Plus de 25 états des États-Unis d'Amérique⁹ ainsi que l'Union Européenne (France, Allemagne, Espagne, Pays-Bas, Suède, Danemark, etc.) ont adopté des mesures incitatives pour soutenir l'achat et l'installation de petits systèmes éoliens. Ces incitatifs prennent la forme de subventions directes, de crédits de taxes et d'incitatifs fiscaux. Déjà en Ontario et en Colombie-Britannique existent des programmes de facturation inverse.

La portion qui représente le coût au kW installé équivalent à la grande éolienne, soit près de 1 000\$ du kW, pourrait être assumée par les fonds publics au même titre que l'investissement dans des capacités de production d'énergie, ce qui réduirait le coût d'installation du consommateur à 800\$ par kW installé.

La clé quant à la facturation inverse est aussi cruciale : le consommateur qui actuellement recherche l'installation d'une petite éolienne le fait "contre" Hydro-Québec. L'associer, par sa contribution au réseau, au bilan global de Hydro-Québec en ferait une démarche positive et plus intéressante à la fois pour le consommateur (qui se dote aussi d'une marge d'autonomie) et pour Hydro-Québec qui se dote de capacité de production à des coûts partagés.

En juin 1997, la Commission de l'économie et du travail de l'Assemblée nationale, dans le cadre de son mandat d'*Examen des orientations de la société Hydro-Québec*, citait dans son rapport final¹⁰ *Examen des orientations de la société Hydro-Québec* :

"La Commission est heureuse de constater, à la suite des échanges avec Hydro-Québec, que la société d'État est ouverte à l'application d'un tel programme [de facturation inverse]."

et faisait la recommandation R-18 :

" La Commission recommande que la Régie mette sur pied un programme de facturation inverse destiné aux petits consommateurs produisant de l'énergie renouvelable."

Or en 2004, à la question posée par le CCVK à HQP et à HQD:

" 24. À quel taux se fait le rachat d'électricité pour l'électricité produite par des petits systèmes d'énergie telle des éoliennes ou des panneaux solaires de moins de 100 kW, si cela se fait ; sinon, dans le scénario d'une politique de facturation inverse, à quel taux HQD sera-t-elle disposée à acheter l'électricité produite ?"

Hydro-Québec nous répond¹¹ :

9 voir SMALL WIND STATE-BY-STATE, sur le site de l'AWEA voir AWEA. « Small wind state-by-state », URL : <http://www.awea.org/smallwind/index.html> , page consultée le 20 avril 2004 , le site de la Database of State incentives for Renewable Energy Voir DSIRE. « Database of State incentives for Renewable Energy » URL : <http://www.dsireusa.org/index.cfm> , page consultée le 20 avril 2004 , et aussi Voir Assemblée nationale du Québec, Commission de l'économie et du travail, mandat de surveillance d'organisme. « Examen des orientations de la société Hydro-Québec rapport final ». Juin 1997 <http://www.spsi.qc.ca/commparl/conv97/rapport/rapport.htm> , page consultée le 20 avril 2004

10 voir Voir Assemblée nationale du Québec, Commission de l'économie et du travail, mandat de surveillance d'organisme. « Examen des orientations de la société Hydro-Québec rapport final ». Juin 1997 <http://www.spsi.qc.ca/commparl/conv97/rapport/rapport.htm> , page consultée le 20 avril 2004

« Comme il l'a indiqué dans ses réponses à la Régie, le Distributeur prévoit **amorcer sous peu une réflexion** sur la problématique de la production d'électricité par et chez les clients, au moyen de petites unités éoliennes ou photovoltaïques. Il sera entre autres nécessaire d'identifier les solutions techniques qui permettront d'assurer la protection des personnes et des installations et s'interroger sur le respect de l'équité entre les clients participants et non participants. » .

Il est surprenant de constater que de si bonnes intentions d'il y a **sept ans** soient encore au stade de l'amorce d'une réflexion sur la problématique ... ! Alors que Hydro-One¹² offre sur son site Internet un contrat de facturation nette que tout consommateur peut remplir et envoyer pour s'inscrire à un tel programme.

Il est impérieux que la Régie "fouette les ardeurs" et la réflexion de Hydro-Québec en émettant une directive et un échéancier à court terme pour l'établissement d'une telle politique au Québec. Nous accusons un retard absolument injustifié.

D'ailleurs, Hydro-Québec semble oublier ses propres projets quand à une autre question, nous trouvons :

«26. Pouvez-vous fournir la liste "dénominalisée" des ententes pour l'achat d'électricité produite par des petits systèmes d'énergie telle des éoliennes ou des panneaux solaires de moins de 100 kW, tel le site de démonstration au Parc de Pointe-aux-Prairies de Montréal ?

Réponse:

Réponse d'Hydro-Québec Distribution¹³ :

Il n'en existe aucune.»

Or le projet est installé et fonctionne !¹⁴ : une éolienne de 1 kW ainsi que 1,5kW de panneaux solaires ont été installés par la compagnie Énergie Matrix à un pavillon de ce parc à Rivière-des-Prairies et sont branchés sur le réseau !

11 site de la Régie de l'énergie http://www.regie-energie.qc.ca/audiences/3526-04/RepDemRensPart3526/HQ-3-Doc-CCVK_3526_RepDemRens1_corr_13avril04.pdf

12 voir site de Hydro One, Renewable Technologies, Net Metering, Connection Agreement, URL: http://www.hydroone.com/en/electricity_industry/renewable_tech/ page consultée le 20 avril 2004

13 idem 71

14 Voir Énergie Matrix Inc. « Une première à Montréal - Panneaux solaires et éolienne alimentent le nouvel éco-centre Rivière-des-Prairies ». Montréal, le 9 octobre 2003

URL : http://www.matrixenergy.ca/press_room/eco_centre_fre.htm , page consultée le 20 avril 2004



Source: site Internet de Énergie Matrix¹⁵

Nous invitons les membres de la Régie à visiter ce projet où toutes les installations dont nous parlons sont en démonstration (éolienne, batteries, système de raccordement au réseau, etc.).



Tableau 4- Source: site Internet de Énergie Matrix

15 Photos tirées de Énergie Matrix Inc. « Le réseau des éco-centres de la Ville de Montréal »
http://www.matrixenergy.ca/press_room/eco-centre_photos_2.htm ,page consultée le 20 avril 2004.

Il y a différentes approches de facturation inverse mais, en Amérique du Nord, peu de compagnies d'électricité remboursent au consommateur le vrai coût évité par la compagnie. Il faut que Hydro-Québec accepte que son "rachat" d'électricité soit équitable dans la mesure où ce service public, qui appartient à la population du Québec, doit se monnayer en fonction du vrai coût évité.

4.1.6. Les développements technologiques

Outre les paramètres de performance qu'elles partagent avec les grandes éoliennes – tels l'inventaire des vents, sous une forme micro-localisation – les petites éoliennes ont comme particularité encore des enjeux majeurs en terme de développement.

Des pistes existent et démontrent le potentiel des petits systèmes éoliens de connaître une grande croissance technologique. Commençons par signaler que plusieurs améliorations pour les grandes éoliennes sont utilisables pour les petites éoliennes : contrôle de l'emballement, profil des pales, réduction du bruit, etc. L'argument complémentaire à ce principe est qu'il est évidemment plus facile, comme nous l'avons vu pour la mise en marché, d'investir des sommes importantes en R&D sur une grande éolienne qui coûte plusieurs millions que sur une petite éolienne même si le développement du marché qui s'en suivra totalisera une somme équivalente compte tenu du nombre d'unités.

Pour les fins de la preuve, nous ne retiendrons que 3 éléments, qui sont sous notre contrôle, et qui viennent démontrer le potentiel d'amélioration de performance des petits systèmes éoliens :

- le moteur-roue développé par l'IREQ ;
- les batteries sèches polymère-lithium-ion développées aussi par l'IREQ ;
- l'accouplement avec les piles à combustible (hydrogène).

4.1.6.1 Le moteur-roue

Comme tout moteur électrique, le moteur-roue est aussi un générateur. Le moteur-roue développé par l'IREQ dans le cadre de la recherche sur le développement d'une voiture électrique présente des caractéristiques qui répondent à des enjeux majeurs de performance pour les éoliennes, particulièrement pour les petites éoliennes.

Lors d'une réunion avec Monsieur Pierre Couture en 1996, celui-ci nous a déjà confirmé que, dès le début, il était lui-même convaincu de l'application de son moteur-roue au domaine éolien.

Rappelons au départ que la performance des moteurs et des générateurs actuellement sur le marché est souvent déficiente, l'industrie n'étant pas soumise à des normes rigoureuses. Il arrive que nous ayons des générateurs fournis par la même compagnie qui présentent, d'une unité à l'autre, des variations non-négligeables ; de plus les générateurs ne sont performants que dans une tranche souvent limitée vitesses de rotations.

Le moteur-roue, comme générateur, présente une performance presque optimale à des vitesses de rotations variables, il est compact et peut même comprendre un système de contrôle et de convertisseur-onduleur miniaturisé très efficace¹⁶.

Malgré les engagements de l'Assemblée nationale¹⁷ et les déclarations faites par le président de Hydro-Québec dès sa nomination selon lesquels il faisait du développement du moteur-roue une de ses priorités, nous ne voyons pas que les énergies nécessaires ont été mis en place pour exploiter ce "trésor". Il s'agit pourtant d'une richesse collective (plus de 40M\$ y ont été investis) qui est actuellement négligée pour des raisons obscures¹⁸.

Technologies M4 (TM4), une entreprise de Hydro-Québec créée en 1998 dans le but de compléter et de commercialiser la technologie du moteur-roue, n'a pas eu les ressources nécessaires pour aboutir aux résultats auxquels on devrait s'attendre. Et l'équipe de recherche de l'IREQ a été démembrée en 1995.

Il est impérieux que des actions concrètes soient prises. Nous demandons donc à la Régie d'émettre une directive claire à Hydro-Québec afin qu'elle mette les ressources suffisantes pour rendre la technologie du moteur-roue accessible aux petites éoliennes.

4.1.6.2 Les batteries sèches polymère-lithium-ion

Les caractéristiques de ces batteries son leur performance accrue, leur flexibilité d'utilisation et leur compacité. L'amélioration de la capacité d'accumuler de l'énergie vient augmenter la valeur du système.

L'IREQ, qui a développé cette technologie, ne prévoit encore que des applications à très petite échelle (montres, etc.) qui ne conviennent pas pour l'application en énergies alternatives. Il est à souhaiter que les efforts soient mis pour ce genre d'application car elle est stratégique et donnerait au Québec une avance importante, ainsi qu'une ouverture déterminante sur les marchés d'exportation.

Nous demandons donc à la Régie d'émettre une directive claire à l'effet que le développement permettant l'application des batteries sèches polymère-lithium-ion aux systèmes éoliens et solaires soit accéléré.

16 Voir Hydro-Québec/TM4 « Historique. Les principaux jalons de l'histoire de TM4 ». 2002

URL : <http://www.tech-m4.com/fra/entreprise/historique> , page consultée le 20 avril 2004.

Voir Hydro-Québec/TM4. « Générateurs ». URL : <http://www.tech-m4.com/fra/tm4energie/generateur> page consultée le 20 avril 2004.

17 Voir Assemblée nationale du Québec. « Débats de l'Assemblée nationale le mercredi 27 mai 1998 ».

« Débats sur les rapports de commissions, Prise en considération du rapport de la commission qui a entendu à huis clos le Dr Pierre Couture, chercheur à l'IREQ, sur le projet de moteur-roue électrique »,

URL : [http://www.assnat.qc.ca/archives-](http://www.assnat.qc.ca/archives-35leg2se/fra/Publications/debats/JOURNAL/CH/980527.htm#980527033)

35leg2se/fra/Publications/debats/JOURNAL/CH/980527.htm#980527033

page consultée le 20 avril 2004.

18 Ibid.

4.1.6.3 L'accouplement avec les piles à combustible (hydrogène)

Depuis le début de la recherche pour l'utilisation de l'hydrogène comme énergie, la complémentarité avec l'éolien était une perspective bien établie. Le cycle de l'hydrogène comme énergie implique une source électrique pour la production de l'hydrogène par catalyse et, à ce titre, l'éolien est une source idéale, puisqu'elle ne crée pas de pression supplémentaire sur l'environnement (dont l'électricité n'est pas souvent propre).

Nous avons laissé à d'autres le développement de cette filière technologique mais l'Université du Québec à Trois-Rivières travaille sur les techniques d'utilisation de cette énergie avec peu de ressources et de soutien de la part de Hydro-Québec.

Nous demandons à la Régie d'émettre une directive claire afin d'incorporer les piles à combustible et le développement d'applications pour les systèmes de petites éoliennes dans les priorités de Hydro-Québec.

4.1.7. Impacts environnementaux et externalités

Sur ce sujet, nous nous référons à l'analyse qui est faite sur les grandes éoliennes et sur l'ample documentation qui établit les impacts minimes de l'éolien sur l'environnement. Les impacts de la petite éolienne sont encore plus négligeables, sinon inexistants (impact sur la faune aviaire par exemple), du fait de leur faible taille, et moins concentrés du fait de la dissémination géographique des petits systèmes.

Au niveau des coûts évités des externalités spécifiques aux petites éoliennes, il faut mentionner:

- le fait de rapprocher la source de production du point de consommation qui minimise les pertes de transport sur le réseau ;
- le raccordement au réseau se fait sur les lignes basse tension, qui, selon les réponses de Hydro-Québec à nos questions, offrent une capacité excédentaire permettant l'absorption de l'énergie produite par les petites éoliennes sans avoir à construire de nouvelles lignes de transmission ;
- le démantèlement facile des installations, qui ne laissent aucun résidu, est un avantage important des installations de parcs d'éolienne. Cela offre un avantage particulier aux petites éoliennes ; celles-ci peuvent être démantelées ou peuvent devenir un actif inclus dans la valeur de la propriété.

4.1.8. Conclusion et recommandations

Nos conclusions rejoignent celles tirées de la preuve faite pour les parcs d'éoliennes, étant donné les similitudes dans les principes de fonctionnement. On nous permettra cependant de mettre toute l'emphase sur le fait que :

- toute politique énergétique du Québec devra intégrer les petites éoliennes comme contribution à plein titre au bilan énergétique du Québec ;
- des efforts devront être mis pour favoriser le développement d'une industrie des petites éoliennes et en soutenir adéquatement la recherche et développement pour profiter des percées qui s'annoncent dans cette industrie et fournir des équipements performants à la population du Québec, ouvrant une opportunité d'exportation très importante.

4.1.9. RECOMMANDATIONS

- **Nous demandons à la Régie de l'énergie de mettre en place dès maintenant les instructions pour que la filière des petites éoliennes soit intégrée dans la planification de développement des filières énergétiques ;**
- **Nous demandons à la Régie d'émettre une directive claire et un échéancier à court terme pour l'établissement d'une politique de facturation inverse au Québec ;**
- **Nous demandons à la Régie d'émettre une directive claire à Hydro-Québec afin qu'elle mette les ressources suffisantes pour rendre la technologie du moteur-roue accessible pour les petites éoliennes ;**
- **Nous demandons à la Régie d'émettre une directive claire à l'effet que le développement permettant l'application des batteries sèches polymère-lithium-ion aux systèmes éoliens et solaires soit accéléré.**

4.2. Énergie solaire

Afin d'éviter les dédoublements dans les sujets présentés par les mémoires des participants, le CCVK ne compte pas développer toute la preuve en ce qui concerne l'énergie solaire. Ce domaine nous semble toutefois une alternative qui ne devrait pas être mise de côté si le développement durable s'avère une valeur significative pour la société québécoise.

4.2.1. Le contexte

Dans une approche hybride où les sources d'énergie devraient être diversifiées et où l'on exploite chaque source d'énergie là où elle est la plus performante, l'énergie solaire n'est pas à négliger.

Distinguons le solaire passif, qui recueille la chaleur du soleil sans élément actif ou transformateur, du solaire photovoltaïque lequel converti l'énergie solaire en électricité. Les deux approches sont pertinentes puisque dans notre climat le solaire passif est un atout pour chauffer de l'eau, par exemple, qui est une dépense d'énergie qui occupe une place non-négligeable dans la consommation : un chauffe-eau de 60 gallons consommera 5 475 kWh par année par foyer. (Source : HQc, Tableau de la Consommation des appareils http://www.hydroquebec.com/residentiel/mieuxconsommer/calcul_consom.html) et coûtera 354\$ par année en moyenne.

On peut aisément voir que pour l'ensemble des foyers au Québec, un chauffe-eau solaire représente un atout considérable, d'une valeur bien inférieure au coût de la consommation cumulée, lorsque l'équipement est amorti sur 5 ans (Source : Enerteck).

Le document sur le site de Hydro-Québec "Tableau de la consommation des appareils" (http://www.hydroquebec.com/residentiel/mieuxconsommer/calcul_consom.html) nous indique que le chauffage des bâtiments représente 22,4% de l'utilisation de l'électricité au Québec, ce qui, cumulé avec le chauffage de l'eau (3,2%), nous mène à 25,6% de l'électricité résidentielle que le solaire peut permettre d'économiser sur la production d'électricité.

Le solaire photovoltaïque est une source d'énergie qui se prête à plusieurs applications qui restent cependant spécifiques. Il n'offre pas de solution de puissance mais une flexibilité pour des applications dédiées (tels des lampadaires de rue solaires) ou de petite consommation.

Contrairement à un préjugé relativement ancré, le Québec jouit d'un degré d'ensoleillement tout à fait comparable, sinon légèrement plus élevé, que celui de l'Europe.

Il s'agit donc d'une source d'énergie tout à fait compatible avec des objectifs de développement durable, et qui vient adéquatement compléter le portefeuille des énergies alternatives et propres. C'est un complément à l'énergie des petites éoliennes qui s'intègre parfaitement dans les programmes de soutien que l'on retrouve en Europe et aux États-Unis d'Amérique. La spécificité du solaire, c'est que les panneaux peuvent généralement s'intégrer directement dans les structures de bâtiments et qu'il s'adapte de façon flexible à plusieurs applications dédiées.

Ce qu'il y a de particulier dans l'industrie solaire, c'est que de grands groupes industriels ont investi des sommes importantes dans le solaire : Shell et BP. Malgré cela, l'industrie du solaire se retrouve dans la même problématique que les petites éoliennes : pas assez de ventes pour justifier des baisses de coûts de production et des percés technologiques

En fait, l'industrie solaire vit une dynamique semblable à celle des petites éoliennes et à ce titre nous pensons que des incitatifs semblables devraient s'appliquer.

4.2.2. RECOMMANDATIONS

- **Nous demandons à la Régie de l'énergie de mettre en place dès maintenant les instructions pour que la filière de l'énergie solaire soit intégrée dans la planification de développement des filières énergétiques ;**
- **Nous demandons à la Régie d'émettre une directive claire et un échéancier à court terme pour l'établissement d'une politique sur l'énergie solaire au Québec.**