

CANADA

PROVINCE DE QUÉBEC
DISTRICT DE MONTRÉAL

DOSSIER R-3748-2010

RÉGIE DE L'ÉNERGIE

HYDRO-QUÉBEC DISTRIBUTION
PLAN D'APPROVISIONNEMENT 2011-2020

HYDRO-QUÉBEC
En sa qualité de Distributeur

Demanderesse

-et-

STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES (S.É.)

ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DE LUTTE
CONTRE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE
(AQLPA)

Intervenantes

**LE PLAN D'APPROVISIONNEMENT 2011-2020
DU RÉSEAU AUTONOME D'HYDRO-QUÉBEC DISTRIBUTION**

RAPPORT D'EXPERTISE

JEAN-CLAUDE DESLAURIERS

Préparé pour :
Stratégies Énergétiques (S.É.)
Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA)

Le 19 avril 2011

Régie de l'énergie - Dossier R-3748-2011
Plan d'approvisionnement 2011-2020 d'Hydro-Québec Distribution

Pièce SÉ-AQLPA-3 - Document 1
Le Plan d'approvisionnement 2011-2020 des réseaux autonomes d'Hydro-Québec Distribution
Rapport d'expertise de Jean-Claude Deslauriers
Pièce déposée par Stratégies Énergétiques (S.É.) et l'AQLPA

SOMMAIRE EXÉCUTIF

RECOMMANDATION NO. 3-1 :

Nous recommandons à la Régie de l'énergie de requérir qu'Hydro-Québec Distribution fasse exécuter par une firme indépendante une étude de fiabilité et une analyse de risque de la technologie du jumelage éolien diesel à haute pénétration.

Nous recommandons à la Régie de l'énergie de requérir qu'Hydro-Québec Distribution développe et lui soumette, dès le prochain état d'avancement du *Plan d'approvisionnement*, un nouveau plan d'affaires de déploiement du jumelage éolien diesel à faible ou moyenne pénétration au Nunavik en 2011-2020, qui tienne compte du prix du diesel toujours à la hausse et de la maturité actuelle de la technologie éolienne

RECOMMANDATION NO. 3-2 :

Nous recommandons à la Régie de l'énergie de d'inviter Hydro-Québec Distribution à déposer un suivi rigoureux des possibilités offertes par la technologie photovoltaïque pour les réseaux autonomes, tant dans le cadre de chaque état d'avancement de son *Plan d'approvisionnement 2011-2020* que lors des *Plans d'approvisionnement* ultérieurs.

TABLE DES MATIÈRES

1 - LE MANDAT	1
2 - LE JUMELAGE ÉOLIEN DIESEL (JED) AU NUNAVIK.....	3
2.1 LE CONTEXTE.....	3
2.2 LE RISQUE DU JED À HAUTE PÉNÉTRATION.....	3
2.3 LA RENTABILITÉ DU JED BASSE PÉNÉTRATION	5
Le prix du diesel.....	5
Le coût de la capitalisation.....	6
Le coût d'opération et d'entretien.....	6
Le coût total.....	6
3 - LE POTENTIEL PHOTOVOLTAÏQUE EN RÉSEAUX AUTONOMES	9
4 - CONCLUSION	13

1

LE MANDAT

L'Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA) et Stratégies Énergétiques ont requis nos services aux fins de préparer un rapport d'expertise relatif au jumelage éolien-diesel et au potentiel électrique solaire photovoltaïque au *Plan d'approvisionnement 2011-2020* des réseaux autonomes d'Hydro-Québec Distribution (le Distributeur) au dossier R-3748-2010 de la Régie de l'énergie :

Le présent rapport est le fruit de notre expertise et est remis à l'Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA) et à Stratégies Énergétiques (S.É.) afin de pouvoir être déposé en preuve par elles dans ce dossier.

2

LE JUMELAGE ÉOLIEN DIESEL (JED) AU NUNAVIK

2.1 LE CONTEXTE

Le *Plan d'approvisionnement 2011-2020* d'Hydro-Québec Distribution ne prévoit toujours pas le déploiement, attendu depuis 15 ans, des jumelages éoliens-diesel (JED) au Nunavik.¹ Nous en sommes toujours au stade d'annonces de projets-pilotes non encore entamés. La localisation des projets-pilotes de JED projetés au Nunavik est en continuelle variation, avec le résultat net qu'aucun projet de jumelage éolien-diesel n'a encore été entrepris.

Ce report continu du démarrage des JED au Nunavik est en bonne partie attribuable à l'instance d'Hydro-Québec Distribution d'attendre que devienne disponible une nouvelle technologie, non encore bien rodée, de jumelage éolien-diesel à haute pénétration (JEDHP). Pendant ce temps, des projets de jumelage éolien-diesel (JED) à faible ou moyenne pénétration, déjà technologiquement disponibles et rentables ne se font pas.

2.2 LE RISQUE DU JED À HAUTE PÉNÉTRATION

Lors de notre étude du *Plan d'approvisionnement 2008-2017* d'Hydro-Québec Distribution, nous avons souligné les risques associés à la technologie haute pénétration sans élaborer au niveau des détails technique. Voici ce que nous avons alors affirmés :

Nous croyons que l'implantation de jumelage éolien-diesel à haute pénétration (JEDHP) dans tous les villages du Nunavik constitue un objectif trop ambitieux à l'horizon du Plan 2008-2017 et est sujet à différents risques.

Cet objectif trop élevé risque paradoxalement d'empêcher ou de retarder l'implantation d'un jumelage éolien-diesel à faible ou moyenne pénétration, lequel serait déjà réalisable à court terme dans la plupart des réseaux

¹ HYDRO-QUÉBEC DISTRIBUTION, Dossier R-3748-2010, Pièce B-0006, HQD-2, Document 1.

autonomes, serait rentable et éviterait les difficultés de la haute pénétration, à l'image de ce qui est déjà entrepris à Cap-aux-Meules.

*Le niveau de pénétration des jumelages éolien ainsi installés pourrait toujours être ultérieurement haussé, graduellement dans différents villages, si les conditions s'y prêtent et dans la mesure de celles-ci.*²

Il est utile de revenir encore une fois sur cette question afin de mieux illustrer la complexité d'exploiter un réseau avec un compensateur synchrone qui a pour fonction d'assurer la régulation de vitesse (la fréquence) et la régulation de tension, dans un jumelage éolien diesel à haute pénétration.

Selon les définitions de l'industrie, un compensateur synchrone est un appareil utilisé dans le domaine industriel et des réseaux de distribution électrique. Il s'agit d'un moteur synchrone tournant à vide sur un réseau, non entraîné par une machine tournante. Il fournit alors de la puissance réactive au réseau, c'est-à-dire une charge capacitive, sans que les effets secondaires des bancs de condensateurs pour courant alternatif entrent en jeu. En effet il faut savoir que la plupart des moteurs dans une installation industrielle classique sont des moteurs asynchrones, eux-mêmes consommateurs de puissance réactive. Pour ne pas dégrader le facteur de puissance ($\cos(\varphi)$) de l'installation électrique, on place alors ce compensateur synchrone, qui comme dit précédemment, n'est rien d'autre qu'un moteur synchrone qu'on surexcite. Le gros avantage de ces compensateurs synchrones sur les bancs de condensateurs est que l'on peut faire varier la puissance réactive produite en jouant sur l'excitation du moteur. La régulation peut se faire sur une consigne de tension de l'installation ou de facteur de puissance.

Il n'existe pas, sur le marché des équipements électrotechniques, de machines adaptées spécifiquement à la fonction de régulation d'un réseau isolé. Il s'agit d'un projet expérimental qui fut développé par l'IREQ sur le site éolien de l'Île St Paul en Alaska³ et le taux de pénétration du jumelage éolien dans ce cas n'était alors que de 60 %-70 %, ce qui est inférieur à la haute pénétration que l'on conçoit désormais comme devant atteindre près de 100 %, voire davantage avec conversion électrique de charges supplémentaires.

Il s'agit encore d'une conception expérimentale à chaque projet, ce qui nécessite dans chaque cas d'importants travaux d'ingénierie et une forte expertise pour opérer efficacement.

² Jean-Claude DESLAURIERS, avec la collaboration de Jacques FONTAINE (pour SÉ-AQLPA), Dossier R-3648-2007, Pièce C-9-24, SÉ-AQLPA-3, Document 1.1, Rapport, Mise à jour le 30 mai 2008, page 17.

³ Voir : http://www.windpoweringamerica.gov/pdfs/wpa/2009/wind_diesel_ak_saint_paul.pdf

2.3 LA RENTABILITÉ DU JED BASSE PÉNÉTRATION

Au Nunavik, le coût actuel et celui prévisible du diesel est tel qu'il n'existe aucune raison d'attendre un projet expérimental pour déployer l'énergie éolienne partout où la communauté peut la recevoir. Le prix de revient de l'énergie en \$/kWh des deux derniers projets proposés à Kuujuaq et à Akulivik dépasse de très loin le prix de revient de l'énergie éolienne.

Le prix du diesel

Le tableau suivant illustre le prix de revient de l'énergie en fonction du prix du diesel au Nunavik.

Coûts d'opération (light no 2) en ¢/kWh en relation avec le rendement des moteurs et les prix du diesel

Prix du diesel livré \$/lit	Rendement des moteurs diesel kWh/litre							
	4,00	3,85	3,70	3,57	3,45	3,33	3,23	3,13
0,70	17,50	18,20	18,90	19,60	20,30	21,00	21,70	22,40
0,80	20,00	20,80	21,60	22,40	23,20	24,00	24,80	25,60
0,90	22,50	23,40	24,30	25,20	26,10	27,00	27,90	28,80
1,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00
1,10	27,50	28,60	29,70	30,80	31,90	33,00	34,10	35,20
1,20	30,00	31,20	32,40	33,60	34,80	36,00	37,20	38,40
1,30	32,50	33,80	35,10	36,40	37,70	39,00	40,30	41,60
1,40	35,00	36,40	37,80	39,20	40,60	42,00	43,40	44,80
1,50	37,50	39,00	40,50	42,00	43,50	45,00	46,50	48,00
1,60	40,00	41,60	43,20	44,80	46,40	48,00	49,60	51,20
1,70	42,50	44,20	45,90	47,60	49,30	51,00	52,70	54,40

Puisque que le prix du diesel est actuellement de 1,47 \$/l⁴, le prix de revient pour ce seul item se situe donc autour de 40 ¢/kWh.

⁴ **RÉGIE DE L'ÉNERGIE**, *Bulletin d'information sur les prix des produits pétroliers au Québec*, Vol. 14, no. 15, Semaine du 11 avril 2011, Tableau 4 (mazout léger), ligne Nunavik, http://www.regie-energie.qc.ca/energie/releve_hebdo_essence/bulletin.pdf.

Le coût de la capitalisation

Dans le dossier d'investissement à Akulivik (R-3756-2011) devant la Régie, en réponse à la DDR 7.3 de la Régie le Distributeur avait établi le coût de capitalisation de ce projet diesel à 48,70 ¢ / kWh.⁵

Le coût d'opération et d'entretien

Les coûts d'opération et d'entretien diesel restent marginaux, étant de l'ordre de 5 ¢/ kWh à 10 ¢/ kWh.

Le coût total

De ce qui précède il est facile de constater que le coût total d'un projet diesel est de l'ordre de 90 ¢/kWh à 100 ¢/kWh.

Dans notre étude du dossier du Plan d'approvisionnement du Distributeur de 2008-2017, nous avons exprimé une critique du rapport de Helios et Dumais produit par Hydro-Québec Distribution, en suggérant que leur analyse des prix de revient de l'énergie éolienne au Nunavik était excessive :

Nos résultats montrent que le prix de revient pour le type de situation choisie dans les rapports Helios et Dumais, avec un taux d'intérêt de 5,6 % devrait se situer autour de 0,328 \$/kWh et ce, même avec un vent faible de 5,3 m/sec. Si l'on utilise le vent moyen des villages du Nunavik à 6,2 m/s, le prix de revient baisserait à 0,26 \$/KWh. Le prix de revient de 0,38 \$/kWh suggéré dans ces fiches pour une éolienne de 20 kW est donc tout à fait exagéré.⁶

Toutefois, même à un tel prix de revient de 0,38 \$/kWh, l'énergie éolienne coûterait encore moins cher que le seul prix du combustible, de sorte que même un projet de JED à faible ou moyenne pénétration serait rentable au Nunavik.

Il paraît évident que l'énergie éolienne doit être déployée avec la collaboration du milieu. Au présent dossier, nous remarquons l'énoncé une nouvelle approche de la part du Distributeur,

⁵ HYDRO-QUÉBEC DISTRIBUTION, Dossier R-3756-2011 HQD-3, Document 1, page 14.

⁶ Jean-Claude DESLAURIERS, avec la collaboration de Jacques FONTAINE (pour SÉ-AQLPA), Dossier R-3648-2007, Pièce C-9-24, SÉ-AQLPA-3, Document 1.1, Rapport, Mise à jour le 30 mai 2008, page 34.

basé sur le partenariat dans la réalisation de projets éolien-diesel. Nous craignons toutefois que cette nouvelle approche, peu définie, ne vienne encore retarder tous les projets à moins que ce partenariat ne se fasse avec les communautés.

Le différentiel de coût entre la situation actuelle et le déploiement de l'énergie éolienne est tel qu'on pourrait penser à implanter des mesures incitatives qui pourraient favoriser sur une base communautaire l'usage de l'énergie excédentaire toujours présente avec l'énergie éolienne.

Pour tous ces motifs, nous recommandons à la Régie de requérir un plan plus proactif chez le Distributeur afin de permettre la réalisation de projets éolien diesel au Nunavik durant la période 2011-2020, avec les technologies actuellement disponibles, sans attendre davantage.

La réalisation de jumelages éolien diesel pourrait amener une révision à la baisse de la dimension unitaire des groupes diesel (et leur accroissement en nombre) dans les centrales des villages concernés. Une littérature technique abondante démontre en effet que, dans les réseaux autonomes à JED, il est avantageux d'échelonner la grosseur des groupes de façon à optimiser la contribution du vent. L'exemple le plus près du Québec est celui de l'île Ramea à Terre Neuve dont les caractéristiques et la grosseur ressemblent beaucoup aux villages du Nunavik. Selon un article scientifique publié par le laboratoire de recherche Canmet de Varennes sur le sujet :

III. DIESEL PLANT SIZING

Optimal unit sizing of a diesel power plant requires careful consideration of several factors including detailed analysis of daily and seasonal load fluctuations, annual load growth, and incorporation of practical constraints for feasible and reliable diesel operation. If diesel units are only sized based on peak and/or average load values, on an annual base, with some safety margins and additional capacity for future expansion, the diesel plant will generally be very oversized. The reason is that remote community loads are normally characterized as being highly variable, with the peak load as high as 5 to 10 times the average load [4]. A practical approach is to employ multiple units, e.g. a set of two or three diesels, with various sizes and apply a diesel cycling and dispatch strategy to optimize the loading of each unit to achieve maximum fuel efficiency.⁷

L'analyse de cet article est rigoureuse et sa conclusion est nette : ne pas tenir compte du dimensionnement des groupes conduit à un suréquipement dispendieux. Le déploiement de JED en réseaux autonomes au Québec amènerait une réduction du dimensionnement requis des groupes diesel.

Nous recommandons donc à la Régie de l'énergie, comme nous l'avons fait en 2008, d'inviter Hydro-Québec Distribution à développer et lui soumettre un nouveau plan d'affaires de

⁷

F. KATIRAEI et al., *Diesel Plant Sizing and Performance Analysis of a Remote Wind-Diesel Microgrid*, publié par le laboratoire de recherche Canmet de Varennes, http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/eng/renewables/integration_der/publications/2007121.html.

déploiement du jumelage éolien diesel à faible ou moyenne pénétration au Nunavik en 2011-2020, qui tienne compte du prix du diesel toujours à la hausse et de la maturité actuelle de la technologie éolienne.⁸ Comme nous l'avons exprimé en 2008, ce plan d'affaires que nous recommandons va dans le même sens que celui qui fut recommandé en 2006 pour le développement du jumelage éolien-diesel dans un rapport soumis à l'association nationale inuit du Canada (Inuit Tapiriit Kanatami - ITK) :

*It would be wise to start projects as low or, at most, medium penetration projects if at all possible and to increase the penetration level when experience and comfort in the wind turbines and wind-diesel system permit. High penetration projects are much more sophisticated and are thus much more difficult to deal with, especially with inexperienced operating and technical staff.*⁹

RECOMMANDATION NO. 3-1 :

Nous recommandons à la Régie de l'énergie de requérir qu'Hydro-Québec Distribution fasse exécuter par une firme indépendante une étude de fiabilité et une analyse de risque de la technologie du jumelage éolien diesel à haute pénétration.

Nous recommandons à la Régie de l'énergie de requérir qu'Hydro-Québec Distribution développe et lui soumette, dès le prochain état d'avancement du *Plan d'approvisionnement*, un nouveau plan d'affaires de déploiement du jumelage éolien diesel à faible ou moyenne pénétration au Nunavik en 2011-2020, qui tienne compte du prix du diesel toujours à la hausse et de la maturité actuelle de la technologie éolienne

⁸ **Jean-Claude DESLAURIERS, avec la collaboration de Jacques FONTAINE (pour SÉ-AQLPA)**, Dossier R-3648-2007, Pièce C-9-24, SÉ-AQLPA-3, Document 1.1, Rapport, Mise à jour le 30 mai 2008, page 34.

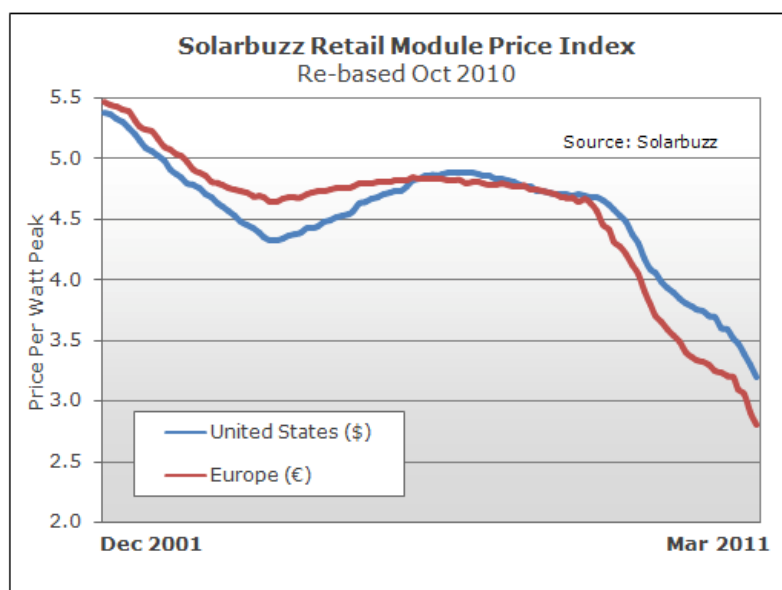
⁹ **LEADING EDGE PROJECTS INC. (by John F. Maissan)**, Report on Wind Energy for Small Communities, Prepared for Inuit Tapiriit Kanatami. April 24, 2006, http://www.emr.gov.yk.ca/energy/pdf/wind_energy_for_small_communities_april_2006.pdf, page 15.

3

LE POTENTIEL PHOTOVOLTAÏQUE EN RÉSEAUX AUTONOMES

Durant les derniers trois ans le prix des panneaux solaires photovoltaïques (PV) a baissé de façon drastique, passant de 4,5 \$/W en 2008, à une valeur de 3 \$/W en 2011.

Le tableau suivant illustre la baisse considérable des prix des panneaux solaires photovoltaïques (PV) survenue de décembre 2001 à mars 2011.



Lowest Retail Prices (\$/Wp)¹⁰

Cette baisse est assez importante pour justifier une analyse d'opportunité par le Distributeur.

Lors du dernier *Plan d'approvisionnement 2008-2017* d'Hydro-Québec Distribution, nous avons développés une analyse de rentabilité exhaustive avec le logiciel RETScreen qui nous

¹⁰ Source : <http://www.solarbuzz.com/facts-and-figures/retail-price-environment/module-prices> .

avait amenée à conclure que la technologie PV présentait un intérêt significatif. En effet cette analyse démontrait qu'on obtenait une VAN positive avec des prix de panneaux solaires de l'ordre de 3,5 \$/W et un prix du diesel au Nunavik à 1,45 \$/litre.¹¹

La conclusion que nous avons tirée en 2008 est encore plus valable avec les prix d'aujourd'hui compte tenu du prix du carburant actuel qui se maintient à 1,47 \$/litre au Nunavik et du prix des panneaux qui est maintenant de moins de 3 \$/W.

Le solaire photovoltaïque serait également rentable dans d'autres réseaux autonomes, hors du Nunavik, où les coûts du diesel restent élevés.

Notre recommandation de 2008 qui découle de ce qui précède, reste donc encore plus valable aujourd'hui et s'impose d'elle-même :

L'évolution économique et industrielle de la technologie photovoltaïque, combinée à la hausse du prix des carburants diesel rend maintenant la réalisation de ces projets compétitive. Cette technologie arrive maintenant à maturité dans un marché en effervescence.

*Il nous semble en conséquence, qu'un suivi rigoureux des possibilités offertes au Distributeur par cette technologie pour les réseaux autonomes s'impose sur l'horizon du Plan d'approvisionnement 2008-2017. Il serait souhaitable que le Distributeur fasse dorénavant rapport sur l'état de la situation dans ses plans d'approvisionnement ultérieurs.*¹²

Le *Plan d'approvisionnement 2011-2020* d'Hydro-Québec Distribution sur les réseaux autonomes est regrettamment muet quant au potentiel électrique de source solaire photovoltaïque. Le Distributeur se contente d'affirmer, sans justification, que :

*La plupart des autres technologies [N.D.L.R. : incluant le solaire] présentement disponibles sont immatures ou ne permettent pas de réduire les coûts.*¹³

¹¹ **Jean-Claude DESLAURIERS, avec la collaboration de Jacques FONTAINE (pour SÉ-AQLPA)**, Dossier R-3648-2007, Pièce C-9-24, SÉ-AQLPA-3, Document 1.1, Rapport, Mise à jour le 30 mai 2008, section 5.

¹² **Jean-Claude DESLAURIERS, avec la collaboration de Jacques FONTAINE (pour SÉ-AQLPA)**, Dossier R-3648-2007, Pièce C-9-24, SÉ-AQLPA-3, Document 1.1, Rapport, Mise à jour le 30 mai 2008, page 51.

¹³ **HYDRO-QUÉBEC DISTRIBUTION**, Dossier R-3748-2010, Pièce B-0006, HQD-2, Document 1, page 23, lignes 25-26.

Notre recommandation est donc la suivante :

RECOMMANDATION NO. 3-2 :

Nous recommandons à la Régie de l'énergie de d'inviter Hydro-Québec Distribution à déposer un suivi rigoureux des possibilités offertes par la technologie photovoltaïque pour les réseaux autonomes, tant dans le cadre de chaque état d'avancement de son *Plan d'approvisionnement 2011-2020* que lors des *Plans d'approvisionnement* ultérieurs.

4

CONCLUSION

Nous invitons donc la Régie de l'énergie à accueillir les recommandations qui sont exprimées au présent rapport, que l'on trouve également reproduites en son sommaire exécutif.
