

Régie de l'énergie
DOSSIER: R-3648-2007 Phase 2
DÉPOSÉE EN AUDIENCE
Date: 17 juin 2008
Pièces n°: C-9-30

SE/AQLPA

Rapport

**Systèmes jumelés éolien-diesel au Nunavik – Établissement
des configurations et VAN optimales pour les quatorze villages
– Mise à jour 2004**

Réalisé dans le cadre du projet Innovation Réseaux J-2519,
« Réactualisation 2003 de l'analyse économique du jumelage
éolien-diesel dans les quatorze villages Inuit du Nouveau-Québec »

IREQ-2003-247C- CONFIDENTIEL

Décembre 2003

**Auteur(s) : Alain FORCIONE, Ing., M.Sc.A.
Bernard SAULNIER, chercheur, Ing.**

Extrait de
R-3550-2004, HED-5 Doc 1, Ann. 1

Innovation - Distribution

majorée à 0.03 \$/kWh aux fins de la présente étude. Cette hypothèse devra être vérifiée et raffinée à l'étape de conception.

Une analyse de sensibilité aux variations des frais d'entretien et d'exploitation des éoliennes a été faite sur la configuration optimale.

4.3 Jumelage éolien-diesel

Le jumelage des productions éoliennes et thermiques en mode *haute pénétration sans stockage* se fait directement sur le réseau par l'ajout ou le retrait de charges secondaires de lissage, d'un régulateur assurant l'équilibre instantané entre production et consommation, et d'une commande automate gérant les transitions entre les modes d'exploitation du système : éolien, diesel et hybride [30].

4.3.1 Stratégie de contrôle

La stratégie de contrôle donne priorité à la production éolienne. Les diesels sont fermés lorsque cette dernière peut répondre à la demande plus la charge de réserve. La logique de commande et de régulation assure que la qualité de l'onde soit égale ou supérieure à celle du système tout diesel.

Pour la présente étude :

- la logique de démarrage, de combinaison et d'arrêt des groupes électrogènes vise à minimiser la consommation de carburant uniquement;
- les éoliennes produisent en tout temps.

Il est à noter qu'en exploitation il sera possible d'augmenter les économies par :

- une optimisation globale des économies de carburant, d'entretien et d'exploitation et des frais financiers liés à l'utilisation, au remplacement et à l'ajout de groupes électrogènes;
- un ajustement de la charge de réserve nécessaire en fonction de l'historique du réseau et de la production éolienne sous production jumelée;
- une optimisation des frais d'entretien et d'exploitation des éoliennes par l'adoption d'une stratégie d'arrêt de ces dernières en mode de production excédentaire, si cette énergie est sans valeur.

4.3.2 Réserve de puissance et charges secondaires de lissage

L'un des buts visés par un système JEDHPSS (haute pénétration sans stockage) est d'arrêter les groupes thermiques le plus souvent possible, idéalement dès que la puissance éolienne égale la demande instantanée, de manière à maximiser les économies de carburant. Cependant, en regard du temps de démarrage des diesels par rapport aux fluctuations instantanées du vent et de la demande, la production thermique doit être disponible (groupe diesel à régime minimal) à partir du moment où la production excédentaire passe sous un seuil, nommé réserve de puissance, considéré comme sécuritaire par rapport à la demande instantanée. L'importance de cette réserve a un effet direct sur la consommation de carburant et les frais d'entretien et d'exploitation des groupes électrogènes. Une réserve de 10% est prévue pour la présente étude. En d'autres mots, si la puissance éolienne instantanée est plus faible que 110% de la demande instantanée, on procède au démarrage d'un groupe diesel, généralement le plus petit disponible qui comblera de façon sécuritaire le déficit de puissance par rapport au « 110% ». Pour fins de comparaison, des simulations complètes ont également été exécutées avec des réserves de 20% et 0% (cas idéal).

Le corollaire de cette gestion de la réserve en système JEDHPSS est la nécessité de gérer une puissance totale produite qui dépasse la demande. Des charges secondaires de lissage doivent absorber ce surplus instantané de production. Ce dernier étant au départ lié à la capacité éolienne totale, ces charges sont dimensionnées proportionnellement à la puissance éolienne maximale. Tel que discuté au paragraphe 2.3.3, idéalement, l'excédent servira à des charges secondaires utiles de type chauffage, refroidissement ou dessalement qui peuvent accepter des variations instantanées de puissance. Pour le cas de référence de la modélisation, une simple charge résistive à combinaison binaire a été considérée. À l'étape de conception, la possibilité d'utiliser une partie de cette énergie excédentaire pourra être incluse dans l'analyse, avec une priorité aux charges aisément contrôlables telles celles liées au chauffage de la centrale ou des bâtiments communautaires.

4.3.3 Coût d'installation

À chacun des sites, le choix de la pénétration éolienne optimale se fait par l'étude de niveaux croissants de pénétration éolienne. Il est donc pratique d'établir le coût d'installation en fonction de la puissance installée. Sur la base d'une étude visant l'implantation de systèmes de JED en réseau autonome à Hydro-Québec [3], elle-même étayée par l'expérience du projet de l'île St-Paul en Alaska [30], ce coût est établi en fonction de frais fixes, supposés constants pour toute implantation éolienne sur un site donné, et de coûts variables, liés à la capacité éolienne effectivement installée. Il est à noter que ces coûts sont relatifs à une installation par un développeur privé d'un système « clé en main » livré à Hydro-Québec à la mise en service. À chacun des sites, on ajoute les coûts des routes d'accès (55\$/m [3]), et des lignes électriques (100\$/m [31]), nécessaires, considérés fixes par la suite quelque soit le niveau de pénétration éolienne. Une réserve de contingence fixée à 10% de tous les items s'ajoute à la fin. Seul l'item « éolienne » est affecté par un changement de modèle de turbine, son coût étant établi sur la base de soumission budgétaire des manufacturiers.

Le coût d'installation ainsi constitué représente l'investissement supplémentaire nécessaire à l'introduction du parc éolien et de ses équipements de soutien permettant ensemble le jumelage avec une capacité de production diesel déjà installée.

Le Tableau 8 montre le coût brut d'installation de chacun des modèles de turbine, avant route, ligne et contingence. Le Tableau 9 montre un exemple de ventilation des coûts pour un modèle de turbine et pour un des sites, distant de 5 kilomètres, où une puissance éolienne de 1.98 MW doit être installée.

Tableau 8 - Coût brut d'installation des turbines

Turbine	Puissance nominale (kW)	Part variable du coût d'installation (\$/kW)	Part fixe du coût d'installation (\$)
AOC 15/50	65	3877	741 501
GEV 15-60	60	3822	763 067
GEV MP30	275	3312	819 380
V47-660	660	2924	741 490

Tableau 9 - Exemple de ventilation du coût d'un système de jumelage éolien diesel

Item	Puissance installée (kW) - Distance (m)	Variable		Fixe	Total	Part du coût total (%)	
		Coûts (\$/kW) - (\$/m)	Coûts (\$)	Coûts (\$)	Coûts (\$)		
Ingénierie	1980	146	288 294	232 583	520 877	7.1%	
Civil (site)		455	901 641	45 002	946 643	13.0%	
Sous-total Ingénierie et Civil		601	1 189 935	277 585	1 467 521	20.1%	
Éoliennes (3 V47-660 : 1.98 MW)		1 562	3 093 030	-	3 093 030	42.3%	
Transport		180	356 764	51 107	407 871	5.6%	
Électrique (site)		298	589 533	135 111	724 644	9.9%	
Assemblage & Érection		218	432 442	7 098	439 540	6.0%	
Sous-total Éoliennes		2 258	4 471 769	193 316	4 665 085	63.8%	
Systèmes de Jumelage Eolien-Diesel (JED)		64	126 850	270 588	397 438	5.4%	
Sous-total JED		64	126 850	270 588	397 438	5.4%	
TOTAL (sans route et ligne de transmission)			2 924	5 788 554	741 490	6 530 044	89.4%
Route d'accès		5000	55.34	-	276 722	276 722	3.8%
Ligne de transmission	5000	100.00	-	500 000	500 000	6.8%	
TOTAL (avec route et ligne de transmission)			5 788 554	1 518 212	7 306 765	100.0%	
Contingence appliquée à tous les items (10%)			578 855	151 821	730 677		
GRAND TOTAL			6 367 409	1 670 033	8 037 442		

L'ensemble des données pour tout les sites et les modèles de turbine se trouve en Annexe L.