

Analyse des systèmes de génération d'électricité pour les sites isolés basés sur l'utilisation du stockage d'air comprimé en hybridation avec un jumelage éolien-diesel

Hussein Ibrahim¹, Adrian Ilinca², Daniel Rousse³, Yvan Dutil³, Jean Perron⁴

¹ TechnoCentre éolien, 70 rue Bolduc, G4X 1G2, Gaspé, Québec, Canada, hbrahim@eolien.qc.ca

² Université du Québec à Rimouski, 300 allée des ursulines, Rimouski, Canada

³ Chaire de recherche industrielle en technologies de l'énergie et en efficacité énergétique, École de technologie supérieure, Montréal, Canada

⁴ Université du Québec à Chicoutimi, 500 boulevard de l'Université, Chicoutimi, Canada

Résumé :

Dans les sites isolés (grand nord du Canada, Mines, îles, Mines, bases scientifiques et militaires, stations de télécommunications, etc.), des génératrices diesel sont utilisées pour produire de l'électricité. Cette méthode est relativement inefficace, très onéreuse et responsable de l'émission de grandes quantités de gaz à effet de serre. Hydro-Québec estime à environ 133M\$ les pertes annuelles subies pour électrifier des sites non reliés à son réseau principal. L'utilisation d'un système hybride éolien-diesel à haute pénétration associé à un dispositif de stockage sous forme d'air comprimé pourrait donc réduire les déficits d'exploitation dans ces réseaux autonomes. Dans cet article les problématiques de l'électrification des sites isolés et le principe de fonctionnement de la solution proposée (système hybride éolien-diesel air comprimé : SHEDAC) seront présentés d'une manière sommaire. Ensuite, deux études de cas seront traitées et analysées et ceci pour deux types d'application : station de télécommunication (à petite échelle) et village nordique (à moyenne échelle) dans l'objectif de dégager le potentiel de ces solutions pour l'électrification des régions éloignées du réseau centrale de transport et distribution de l'électricité.

Mots Clés : Énergie éolienne, stockage d'énergie, air comprimé, éolien-diesel.

1. Introduction

Au Québec et ailleurs au monde, en parallèle avec un essor de l'énergie éolienne, principalement sous forme de grands parcs reliés aux réseaux centraux de distribution, l'alimentation électrique des sites isolés, par des diesels, pose toujours d'immenses défis techniques et financiers. En effet, pour ces régions, le prix d'extension du réseau électrique est prohibitif et le prix du combustible augmente radicalement avec l'isolement. Ainsi, produire de l'électricité à partir des génératrices diesel est une méthode relativement inefficace, très onéreuse et responsable de l'émission de grandes quantités de gaz à effet de serre (GES). Avec l'explosion des prix du carburant et les coûts élevés de transport, les pertes financières sont ainsi colossales. Ces déficits, 133 millions de dollars par année selon Hydro-Québec, reflètent l'écart entre les coûts élevés de production locale d'électricité dans ces régions et le prix uniforme de l'électricité.

Paradoxalement, la plupart de ces communautés sont situées dans des régions possédant une ressource éolienne suffisante pour une exploitation commerciale. La baisse continue des prix des générateurs basés sur l'énergie éolienne et la fiabilité croissante de ces systèmes ont mené à une plus grande utilisation de cette ressource renouvelable pour la génération de l'électricité dans les régions isolées.

L'utilisation du jumelage éolien-diesel (JED) dans ces réseaux autonomes pourrait donc réduire les déficits d'exploitation. Cependant, la rentabilité du JED est atteinte à la condition d'obtenir un taux de pénétration élevé de l'énergie éolienne (TPE)¹ ce qui est possible uniquement en utilisant des systèmes de stockage. Une solution innovatrice qui répond à tous ces exigences techniques et financières tout en assurant une fiabilité d'approvisionnement électrique de ces sites a été proposée dans une étude approfondie basée sur une analyse critique de toutes les caractéristiques des technologies de stockage d'énergie possible [1]. Il s'agit du système hybride éolien-diesel avec stockage d'air comprimé (SHEDAC).

2. Raisons du choix de l'air comprimé pour un jumelage éolien-diesel

Le stockage sous forme d'air comprimé (CAES : Compressed Air Energy Storage) est une technologie déjà utilisée, à très grande échelle, pour des projets pilotes en Allemagne, en Alabama, en Ohio et un projet planifié au Texas pour des centrales mixtes éolien-gaz naturel de l'ordre de centaines à des milliers de MW. Ceci permet une augmentation significative du TPE, à un niveau d'environ 90% [2]. Le coût additionnel du CAES, de l'ordre de 0.01\$/kWh, est amplement compensé par la réduction (environ 80%) de la consommation de gaz naturel, les crédits de carbone et les crédits de production éolienne [2]. En raison des avantages techniques, économiques et énergétiques démontrés pour le système hybride éolien-CAES à grande échelle avec turbines à gaz, la possibilité d'utilisation du système hybride éolien-diesel avec stockage d'air comprimé (SHEDAC) a été explorée pour optimiser le fonctionnement des systèmes hybrides éolien-diesel destiné pour l'électrification des régions isolées.

L'utilisation de l'air comprimé comme agent de stockage d'énergie s'adapte parfaitement autant à la production éolienne qu'aux diesels. Il présente une solution intéressante au problème des fortes fluctuations stochastiques de l'énergie éolienne car il permet une conversion à rendement élevé (60–70 % sur un cycle charge-décharge complet). Enfin, le système de stockage utilise des matériaux conventionnels, faciles à entretenir et à recycler (tuyauteries) et permet d'effectuer un nombre de cycles quasi illimité [3]. Le rendement du CAES à est fonction de la puissance de charge et de décharge et de la fin d'utilisation de l'air comprimé (nature d'application). Le nombre de cycles est de l'ordre de quelques dizaines de milliers et est principalement limité par la fatigue mécanique du réservoir.

3. Applications du système hybride éolien-diesel-air comprimé

En fonction de la nature d'application du SHEDAC, l'air comprimé stocké dans les réservoirs durant les périodes de surplus de production éolienne (forts vents) serait injecté dans les génératrices diesel pour des applications à moyenne échelle (villages,

¹ TPP – taux de pénétration en puissance (éolienne) représente le rapport entre la puissance éolienne et la puissance totale consommée par la charge à un instant donné
TPE – taux de pénétration en énergie (éolienne) représente le rapport entre l'énergie annuelle de source éolienne et l'énergie annuelle totale consommée par la charge

îles, ...) ou bien dans des moteurs à air comprimé pour des applications à petite échelle (stations de télécommunication, postes de frontières, ...) et ceci durant les périodes de faible production éolienne (vents faibles ou nuls). Ce système hybride agirait en temps réel afin de maintenir optimalement l'équilibre entre la puissance générée et consommée en réalisant une diminution remarquable de la consommation en carburant quel que soit le niveau de la puissance appelée.

4. Système hybride éolien-diesel-air comprimé pour des applications à moyenne échelle

4.1. Principe de fonctionnement

Cette solution s'applique aux régions éloignées (villages nordiques, îles), qui ne sont pas situées à proximité des réseaux publics d'électricité et qui sont fréquemment alimentées par l'électricité fournie par des génératrices au diesel

L'idée fondamentale de l'hybridation éolien-Diesel-CAES à moyenne échelle consiste à transférer l'excès de l'énergie éolienne produite durant les périodes venteuses ($TPP > 1$) aux périodes d'une demande élevée ou moins venteuses ($TPP < 1$), en utilisant seulement une fraction du combustible qui serait consommée par le moteur diesel.

En effet, durant les périodes de haute pénétration ($TPP > 1$), la centrale éolienne alimente le village et l'énergie éolienne excédentaire disponible est utilisée pour comprimer de l'air frais avec un compresseur et le stocker à haute pression (environ 50 bars), après l'avoir refroidi via un échangeur de chaleur, dans des tuyauteries souterraines ou dans des réservoirs superficiels conçus pour cette raison (Fig. 1) [4]. L'air comprimé sert ensuite à suralimenter le moteur diesel artificiellement², en complément ou en substitution à sa suralimentation initiale par un turbocompresseur. Le groupe électrogène fonctionnera durant les périodes de vent faible ou nul, quand la puissance éolienne ne suffit pas à la charge (périodes de faible pénétration, $TPP < 1$).

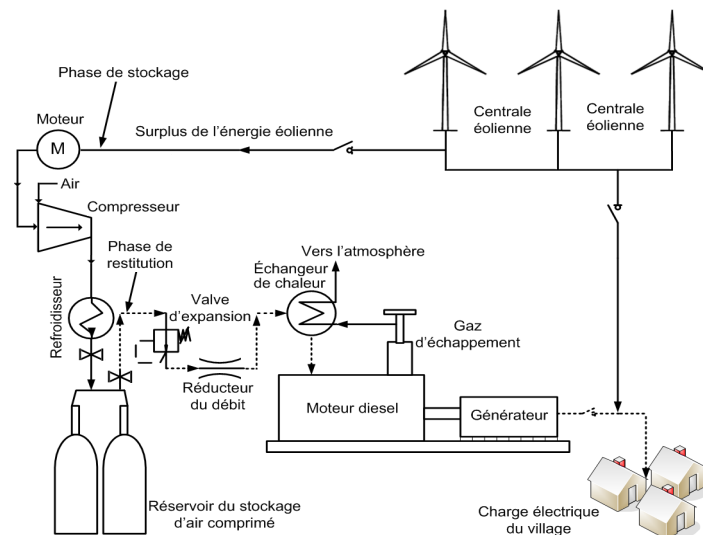


Fig. 1. Système hybride de type JEDSAC à moyenne échelle [5]

² Plusieurs scénarios ou techniques, permettant d'utiliser l'air comprimé stocké, peuvent être envisagés pour améliorer le remplissage du moteur diesel par une suralimentation supplémentaire associée au turbocompresseur existant déjà. Ces différentes techniques ont été analysées d'une manière détaillée dans la référence [5].

4.2. Étude de cas

Afin de démontrer le potentiel du SHEDACME sur un site cible, les données de la charge électrique du moteur diesel sur le site du village de Tuktoyaktuk ont été récupérées. Le village de Tuktoyaktuk est un site nordique isolé situé, à des hautes latitudes, dans les Territoires du Nord-Ouest du Canada sur la côte arctique. Par conséquent les conditions climatiques sont considérées comme extrêmes avec une température qui, parfois, arrive à -48.9°C en hiver avec des fortes précipitations de neige ainsi que des vitesses du vent assez régulières. Ce village se caractérise par une vitesse moyenne annuelle du vent de l'ordre de 5.5 m/s à 10 m.

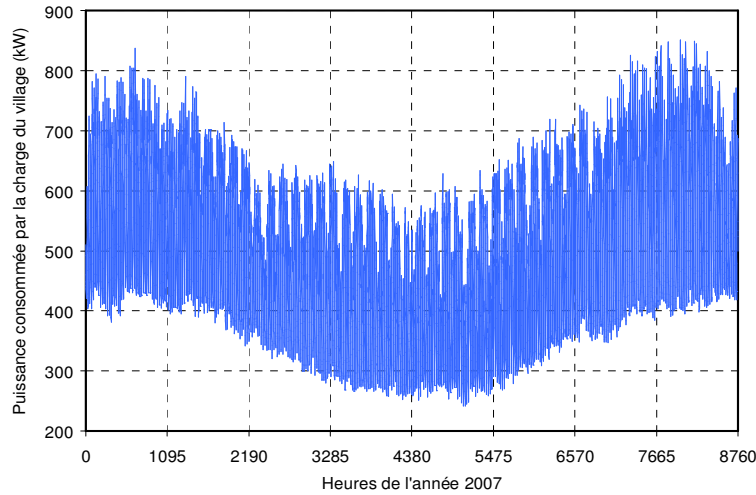


Fig. 2. Profil annuel de la charge du village Tuktoyaktuk en 2007

Pour les fins de modélisation suffisamment fine de (SHEDACME), il est nécessaire d'établir un profil horaire de la demande de puissance pour le réseau de Tuktoyaktuk (charge électrique du village) le long d'une année. Ce profil a été obtenu pour toute l'année 2007 (Fig. 2). Les charges électriques moyenne et maximale du village sont respectivement 506 kW et 851 kW. Initialement, le village est alimenté par de l'électricité fournie par 2 génératrices diesel de type Caterpillar 3412E, ayant chacune une puissance maximale de 544 kW à un régime nominal de rotation de 1800 tr/min. La raison pour laquelle deux moteurs diesel ont été installés sur place est qu'en cas de panne, de maintenance, d'entretien ou non disponibilité de l'un de deux moteurs, le second devrait alimenter au minimum la charge moyenne du village. La puissance totale produite par les deux moteurs diesels doit être équivalente ou supérieure à la charge maximale demandée par les consommateurs du village.

À ces générateurs a été ajoutée, après une étude approfondie des critères de choix et des contraintes du site, une centrale éolienne composée de 4 turbines éoliennes de type Enercon, ayant chacune une puissance nominale égale à 335 kW, soit une puissance totale égale à 1340 kW. La consommation du carburant, les émissions de gaz à effet de serre et les coûts d'entretien des moteurs diesel ont été estimés pour différents scénarios : diesel seul, système hybride éolien-diesel sans CAES et système hybride éolien-diesel avec CAES, et ceci au cours d'une période d'un an (année 2007). Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 3 à 6.

La Fig. 3 montre la fréquence d'opération des moteurs diesels après l'hybridation avec les turbines éoliennes. Il est évident que le nombre d'heures du fonctionnement des moteurs diesels dépend fortement de la disponibilité de la puissance éolienne et du niveau de la charge électrique du village. Durant l'année 2007, l'hybridation proposée aurait permis le fonctionnement d'un seul moteur durant 5628 heures (64%), de deux moteurs durant 1766 heures (20%) et d'arrêter les génératrices diesels environ 1366 heures (16%).

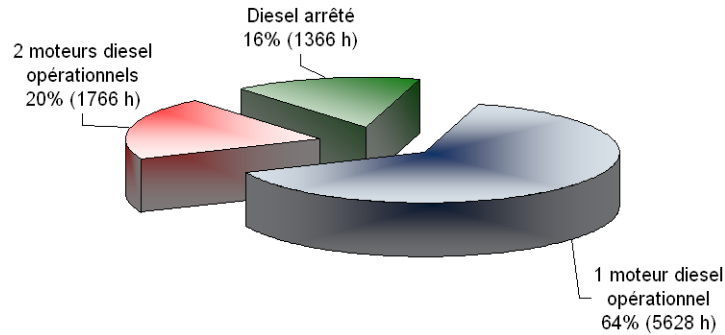


Fig. 3. Fréquence du fonctionnement des moteurs diesels associés à la centrale éolienne

La Fig. 4 présente la durée du fonctionnement de chacun des deux moteurs selon les trois modes d'exploitation (diesels seuls, SHED sans CAES, SHED avec CAES). Sans l'hybridation avec l'énergie éolienne, un des moteurs doit fonctionner durant toute l'année tandis que le deuxième n'opère que durant 3573 heures. Cependant, l'association de la génératrice diesel à la centrale éolienne permet de diminuer près de 15,6% les heures de fonctionnement du premier moteur et environ 13% pour le deuxième moteur. L'ajout d'un système de stockage sous forme d'air comprimé n'affecte pas la fréquence d'opération du premier moteur. L'effet du CAES apparaît sur la durée du fonctionnement du deuxième moteur qui passe à 1766 heures, une réduction d'environ 50% comparée à celle obtenue en mode diesels seuls et près de 43% comparée au mode du SHED sans CAES.

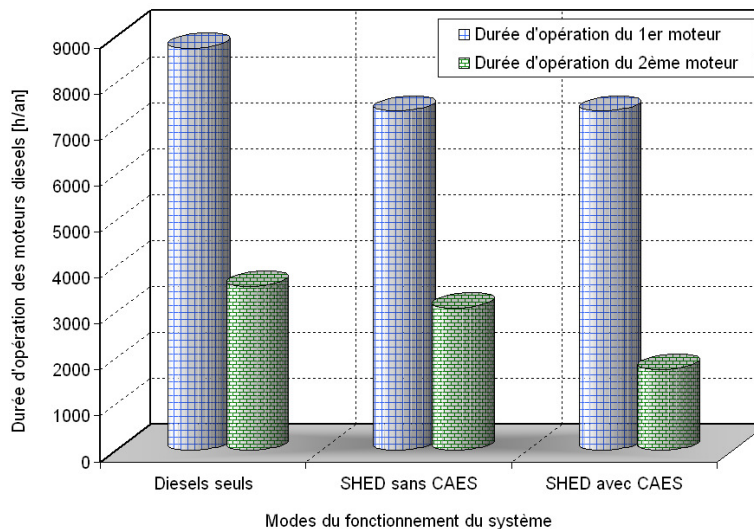


Fig. 4. Fréquence de fonctionnement annuelle de chaque moteur pour les trois modes du fonctionnement

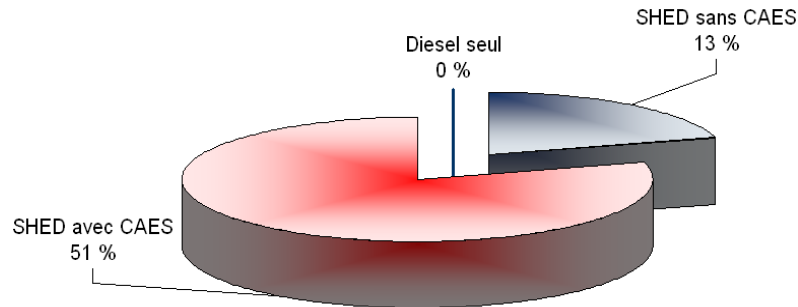


Fig. 5. Économie obtenue grâce aux heures d'opération et de maintenance évitées

L'économie obtenue en diminuant les coûts de maintenance et d'opération, due à la diminution de l'utilisation de deux moteurs diesels, est représentée sur la Fig. 5. Il est évident que sans hybridation avec les turbines éoliennes, aucune réduction du coût d'entretien ne peut être réalisée. L'hybridation entre l'éolien et les diesels sans CAES permet de diminuer les coûts de maintenance près de 13%. Ce taux augmente jusqu'à 51%, si le système hybride éolien-diesel est associé avec le stockage sous forme d'air comprimé. Il est important de mentionner que la suralimentation du moteur diesel par l'air comprimé stocké permet de faire fonctionner un seul moteur diesel quel que soit le niveau de la charge électrique du village. Par contre, une permutation entre les deux moteurs suralimentés sera nécessaire pour éviter le blocage de certaines pièces mécaniques mobiles du moteur.

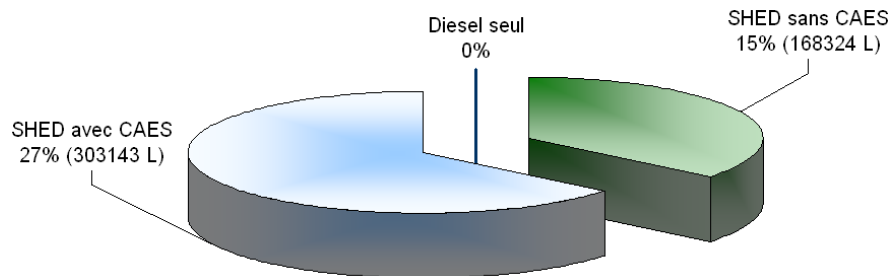


Fig. 6. Économie obtenue grâce à la quantité du carburant évitée

La Fig. 6 représente l'économie annuelle obtenue grâce à la quantité de carburant évitée suite à l'utilisation de l'air comprimé stocké pour suralimenter davantage les moteurs diesels. L'hybridation entre l'éolien et les diesels sans CAES permet d'éviter annuellement environ 168324 litres de carburant (15% d'économie). Ce taux augmente jusqu'à 27% (303143 litres), si le système hybride éolien-diesel est associé avec le stockage d'air comprimé.

Les diminutions de la consommation du carburant s'accompagnent de diminutions proportionnelles des émissions de gaz toxiques et de gaz à effet de serre. L'économie de carburant obtenue à la fin d'une année d'exploitation du SHEDACME au village de Tuktoyaktuk permet d'éviter l'émission de 848.8 tonnes de CO₂ qui est l'équivalent à la quantité émise par 167 automobiles et camions légers qui roulent 15000 km par année.

Enfin, ces résultats démontrent l'aspect écologique du SHEDACME, son énorme potentiel économique et l'effet bénéfique qu'aurait l'installation d'un tel système à tous les niveaux s'il serait appliqué sur toute l'échelle des réseaux autonomes aux sites isolés.

5. Système hybride éolien-diesel-air comprimé pour des applications à petite échelle

5.1. Principe de fonctionnement

Cette solution pourra être utilisée pour l'électrification des stations de télécommunications situées en sites isolés. En effet, pour maximiser la portée des signaux de téléphonie et l'étendue de la couverture, les infrastructures télécoms (émetteurs de stations météorologiques, radio, cellulaires, faisceaux hertziens, etc.) sont souvent installées dans des régions éloignées, faiblement peuplées et à haute altitude (crêtes, montagnes) où les conditions atmosphériques (vitesse du vent, température) peuvent être extrêmes. Ces sites sont souvent difficiles d'accès et ne sont desservies par aucun réseau d'alimentation électrique. Ces stations ont besoin d'une source d'électricité fiable et exigent une disponibilité de l'énergie à 100%. Elles ne tolèrent aucune rupture d'alimentation. Généralement, elles sont alimentées par des génératrices diesel, source continue d'émission des gaz à effet de serre (GES) et nécessitent de fréquentes visites de service et/ou de maintenance.

L'idée du système proposé consiste à implanter une centrale éolienne comme source d'énergie d'appoint couplée à un moteur d'air comprimé (MAC) équipé de 2 machines pneumatique (moto-compresseur) et électrique (moto-alternateur). Lorsque $TPP > 1$, l'énergie éolienne excédentaire est utilisée par l'alternateur pour entraîner le compresseur afin de recharger d'air comprimé des tuyauteries souterraines ou des réservoirs superficiels (à 200 bars). En l'absence de l'énergie éolienne ($TPP < 1$), l'air comprimé est détendu dans le moto-compresseur qui entraîne l'alternateur pour fournir de l'électricité. Le moteur diesel sera utilisé seulement en l'absence totale de l'énergie éolienne et du dispositif du stockage (Fig. 7).

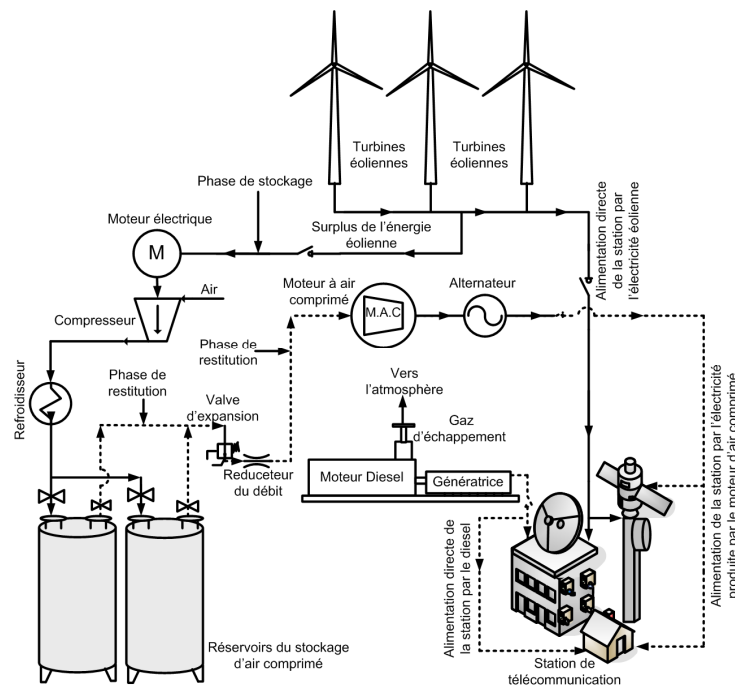


Fig. 7. Système hybride de type JEDSAC à petite échelle [7]

L'autonomie de système hybride éolien-diesel-air comprimé à petite échelle (SHEDACPE) est directement liée à la capacité des réservoirs d'air. La possibilité d'accoupler mécaniquement les moteurs à air comprimé permet de répondre à des besoins différents en termes de puissance sur des gammes allant de quelques kilowatts à une soixantaine de kilowatts [6]. Le MAC peut être remplacé par des batteries oléopneumatiques (BOP). Cette technologie de stockage en cours de développement, permet de stocker l'énergie à l'échelle locale grâce à l'usage de l'air comprimé (ou d'azote liquide) et d'huile sous pression et mettre rapidement à disposition l'énergie stockée.

5.2. Étude de cas

Afin de quantifier le potentiel du SHEDACPE, le cas d'une station de télécommunication de Bell Canada (Fig. 8) située au Kuujjuarapik dans la région de la Grande-Baleine au Grand-Nord du Québec et à 1130 kilomètres de Montréal a été choisi pour l'étude.



Fig. 8. Station Bell-Canada au Kuujjuarapik [8]

Pour assurer l'alimentation en électricité de cette station de Bell, deux génératrices diesel de même type qui fonctionnent en alternance ont été installées. Afin de diminuer la consommation de ces systèmes énergivores (20 000 L/année), une éolienne de type Bergey de 10 kW [9] a été installée sur une tour de 10 mètres de hauteur. Cependant, l'éolienne Bergey ne produit pas suffisamment d'électricité pour faire fonctionner les équipements en place, qui exigent une puissance nominale, quasi-constante, de l'ordre de 5 kW. Une génératrice diesel se met en marche souvent pour stabiliser l'alimentation de la station. Cette hybridation est la solution par excellence pour combler l'écart en puissance mais il ne permet pas de diminuer significativement les déficits d'exploitation de la station en utilisant l'éolienne Bergey. Pour ces raisons, une éolienne plus puissante, performante et fiable (PGE 35 kW³) a été choisie pour garantir une haute pénétration en énergie éolienne même à faibles vitesses de vent et pouvoir rendre la nouvelle solution (SHEDACPE) applicable et profitable.

Afin de pouvoir observer et analyser le mode du fonctionnement de chaque élément du SHEDACPE et démontrer son intérêt comparé à celui actuellement exploité à la

³ La compagnie PGE a été achetée par Endurance Wind Power : <http://www.endurancwindpower.com/> [10]

station de télécommunication de Bell-Canada à Kuujuarapik (diesel + BERGEY), les profils énergétiques de production et de consommation de deux systèmes ont été explorés et ceci pour deux jours d'exploitation du système (4-5 avril 2005). Ces jours ont été choisis parce qu'ils permettent d'avoir des régimes variables du fonctionnement du système en sa globalité ou de chacun de ses composants. De plus, ces deux jours sont caractérisés par une vitesse du vent pas très élevée au début de la journée du 4 avril et qui s'amplifie vers la fin de la journée du 5 avril.

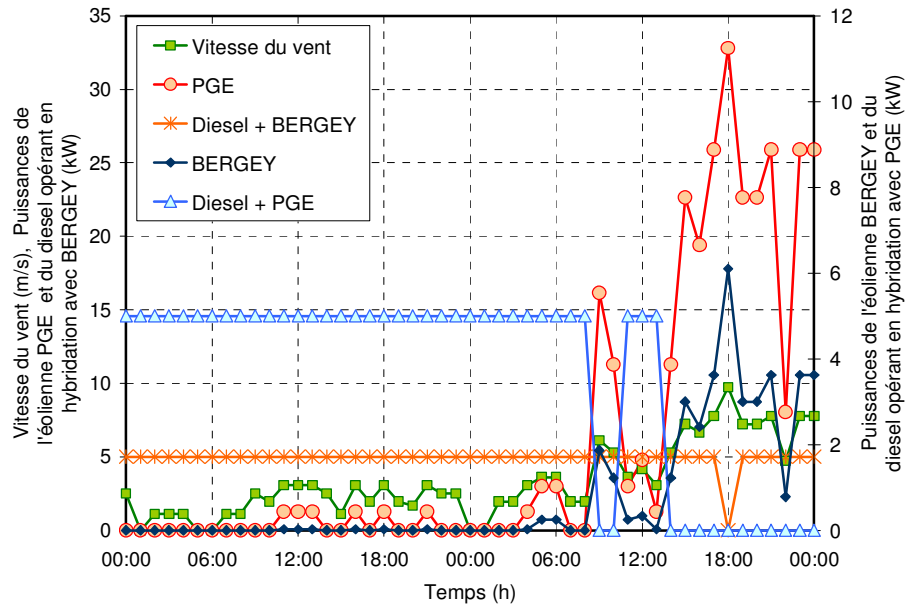


Fig. 9. Régimes de fonctionnement des systèmes étudiés durant les jours 4-5 avril 2005

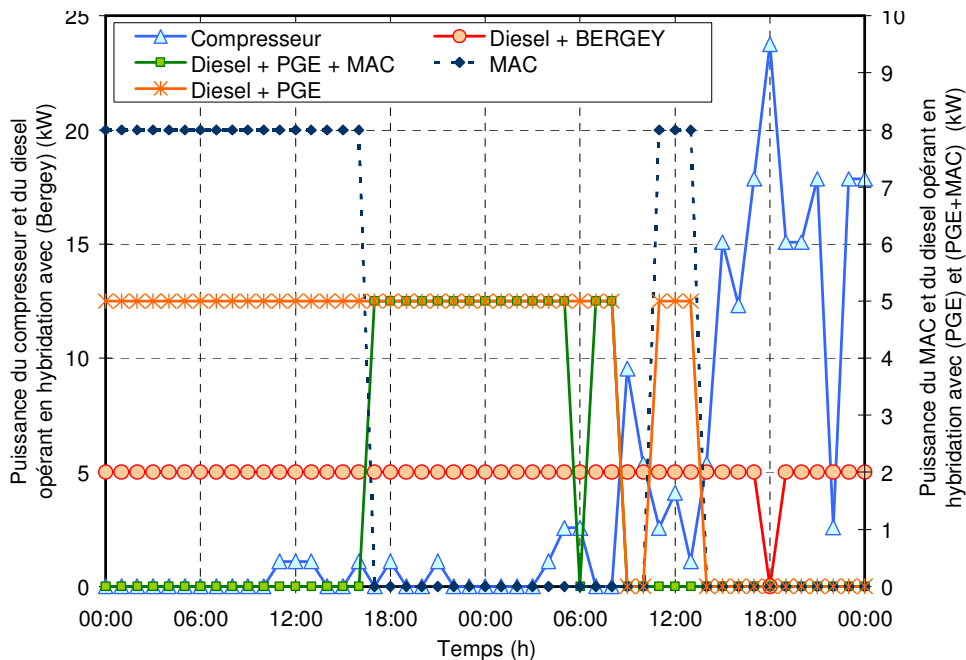


Fig. 10. Régimes de fonctionnement des systèmes étudiés durant les jours 4-5 avril 2005

Les résultats obtenus sont présentés sur les figures 9 et 10. Ces figures représentent le profil horaire de la vitesse du vent, les variations de la puissance fournie par les éoliennes, les variations de la puissance fournie par la génératrice diesel après l'hybridation avec les éoliennes et le moteur à air comprimé, ainsi que les profils de la puissance destinée au stockage et absorbée par le compresseur ou fournie par le MAC.

Sur les figures 9 et 10, les légendes (Diesel + BERGEY), (Diesel + PGE) et (diesel + PGE + MAC) représentent la puissance fournie par la génératrice diesel dans le cadre des différents types d'hybridations avec 2 modèles de turbines éoliennes et un système de stockage d'énergie sous forme d'air comprimé, respectivement.

Il est intéressant de remarquer les avantages de l'hybridation de type (Diesel+PGE+MAC) au niveau de la faible durée du fonctionnement du diesel. En effet, elle permet d'arrêter complètement la génératrice diesel pour 33 heures durant deux jours d'opération (économie de 69%) comparé à 13 heures d'arrêt de fonctionnement du diesel (économie de 27%) obtenues grâce au système (Diesel+PGE) et 1 heure (économie de 2%) durant laquelle le diesel sera stoppé grâce au système (Diesel+BERGEY).

Afin de quantifier le gain apporté par l'utilisation du SHEDACPE pour l'électrification de la station de Bell-Canada à Kuujjuarapik, une étude économique a été réalisée. Les résultats obtenus durant le mois d'avril 2005 sont présentés sur les figures 11 et 12.

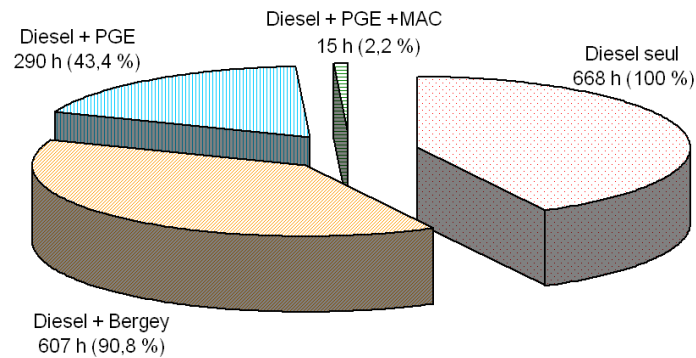


Fig. 11. Heures du fonctionnement de la GD selon le système adopté

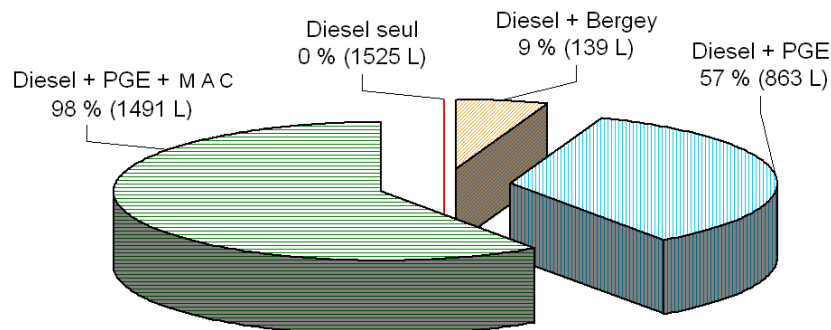


Fig. 12. Litres du carburant évités par la GD selon le système adopté

La Fig. 11 représente la fréquence du fonctionnement du moteur diesel selon le scénario du fonctionnement du système (diesel seul, diesel + Bergey, diesel + PGE ou

diesel + PGE + MAC). Il est intéressant de remarquer que l'hybridation entre l'éolienne Bergey et le diesel ne permet pas une diminution remarquable de la fréquence d'utilisation de la GD où il fonctionnera près de 91% du temps d'exploitation au mois d'avril 2005 (607 h). Mais en associant une éolienne PGE au GD, ce dernier fonctionnera près de 43% du temps durant le mois avril, ce qui est l'équivalent à 290 h. Cependant, la fréquence d'opération du GD diminue au maximum (15 h) s'il fonctionne en hybridation avec le MAC et une éolienne PGE.

La Fig. 12 représente la quantité du carburant économisée le mois d'avril 2005. Il est évident que le moteur diesel, fonctionnant seul sans hybridation avec l'énergie éolienne, va consommer le plus et aucune économie n'est réalisée. Par contre, un SHED permet d'éviter environ 139 litres de carburant (9% d'économie de la consommation de fuel) si le diesel est associé à une éolienne BERGEY. Ce taux augmente jusqu'au 57% (863 litres), si l'hybridation se fait avec l'éolienne PGE. Un SHED avec stockage sous forme d'air comprimé permet d'augmenter cette économie d'une façon très significative et la quantité du carburant évitée est d'environ 1491 litres (98%).

Les diminutions de la consommation du carburant s'accompagnent de diminutions proportionnelles des émissions de gaz toxiques et de gaz à effet de serre. L'économie de carburant obtenue à la fin d'un mois d'exploitation (avril 2005) du système hybride éolien-diesel-air comprimé à la station de télécommunication de Bell-Canada à Kuujuarapik est de l'ordre de 1491 litres (98% moins du carburant comparé au diesel seul). Ceci permet d'éviter, seulement le mois d'avril 2005, l'émission d'environ 4 tonnes de CO₂ qui est l'équivalent à la quantité émise par une automobile ou camion léger qui roule 15000 km par année. Ces résultats démontrent l'énorme potentiel environnemental du SHEDACPE s'il serait appliqué sur toute l'échelle des centres de consommations de petite puissance situés aux sites isolés.

6. Analyse et conclusion

Le SHEDAC, composé d'une centrale éolienne en hybridation avec une génératrice diesel et un système de compression et de stockage d'air comprimé, représente une solution intéressante aux problèmes environnementaux et de ressources liés à l'approvisionnement énergétique des sites isolés. Le potentiel technique, économique et commercial du SHEDAC est très important pour les régions éloignées au Québec et ailleurs dans le monde puisqu'il est conçu pour éliminer la plupart des barrières auxquelles fait face le déploiement de l'énergie éolienne en sites isolés. En effet, les coûts d'implantation sont minimisés et la fiabilité est augmentée par l'utilisation des génératrices diesel déjà en place. La solution est conçue comme l'ajout d'un moteur à air comprimé, pour des applications à petite échelle, ou comme la modification des moteurs existants au niveau du système d'admission pour des applications à moyenne échelle, l'ajout d'une centrale éolienne et d'un système de compression et stockage d'air.

Il a été démontré que le système hybride éolien-diesel avec air comprimé à moyenne échelle, combiné avec une suralimentation des moteurs diesel, a comme effet, d'une part l'augmentation du TPE, de la puissance et du rendement du moteur diesel et la diminution de la consommation en combustible et des émissions des GES mais il permet aussi un démarrage rapide du moteur diesel. Le gain apporté par l'utilisation du SHEDACME a été quantifié en réalisant une étude sur le village de Tuktoyaktuk.

L'économie de carburant obtenue, grâce à l'air comprimé, à la fin d'une semaine d'exploitation (première semaine du mois Janvier 2007) du SHEDACME est de l'ordre de 13000 litres. Cette quantité représente 47% de la consommation du diesel fonctionnant sans suralimentation supplémentaire par l'air comprimé (environ 27660 litres).

Il a été démontré aussi que le SHEDACPE permet de diminuer la consommation en carburant et remplacer le démarrage intermittent du groupe électrogène ce qui réduit l'usure du moteur diesel et les frais d'entretien. Le gain apporté par l'utilisation du SHEDACPE a été quantifié en réalisant une étude sur la station de télécommunication de Bell-Canada à Kuujjuarapik. Les résultats obtenus ont montré que le SHEDACPE permet de réduire les coûts d'exploitation en réduisant près de 97 % les heures d'opération du diesel et 50 % les visites annuelles d'entretien ce qui permet, par conséquent, de prolonger sa durée de vie.

Références

- [1] Ibrahim H., Ilinca A., Perron J., Investigations des différentes alternatives renouvelables et hybrides pour l'électrification des sites isolés, Rapport technique, UQAR, UQAC, LREE-03, Septembre, (2008).
- [2] Maisson J.F., « Wind Power Development in Sub-Arctic Conditions with Severe Rime Icing », Presented at the Circumpolar Climate Change Summit and Exposition, Whitehorse, Yukon, 2001.
- [3] Ibrahim H., Younès R., Ilinca A., « Optimal Conception of a Hybrid Generator of Electricity », CANCAM07-ETS-39, Toronto, Canada, 2007.
- [4] Ibrahim H., « Étude et conception d'un générateur hybride d'électricité de type éolien-diesel avec élément de stockage d'air comprimé », Thèse de doctorat, Université du Québec à Chicoutimi, Août 2010.
- [5] Ibrahim H., Ilinca A., Younès R., Perron J., Basbous T., «Study of a Hybrid Wind-Diesel System with Compressed Air Energy Storage», IEEE Canada, EPC 2007, pp. 320 – 325, 2007.
- [6] MDI (Motor Developpement International), Présentation officielle du groupe électrogène à air comprimé, université La Sapienza, Rome, 19 janvier 2005.
- [7] Ibrahim H., Younès R., Ilinca A., Perron J., Investigation des générateurs hybrides d'électricité de type éolien-air comprimé, E5, CER'2007, Oujda, Maroc, 4-5 Mai, 2007.
- [8] Bell-Canada, www.bell.ca/
- [9] www.bergey.com/
- [10] <http://www.endurancewindpower.com/>