

La petite et moyenne énergie éolienne d'après l'exemple de l'entreprise Vergnet

La Rédaction¹.

Généralités

Dans le Groupe Vergnet, créée en 1989 et qui représente une centaine de personnes sur ses trois sites (Vergnet à Saran, Vergnet Hydro à Ingré, Loiret et le centre d'essais éolien du château de Lastours à Portel-des-Corbières), l'éolien représente 80% de l'activité et l'alimentation en eau (pompes et systèmes d'adduction d'eau), 20%. Vergnet n'est pas un fabricant de pièces mais intervient uniquement comme assembleur et monteur (bureau d'études électrique, bureau d'études mécanique, assemblage). En France, Vergnet est l'unique constructeur pour le petit et moyen éolien.

Dans l'éolien, on distingue quatre catégories selon la puissance des machines (Photos 1 et 2) :

- microéolien : < 5 kW ;
- petit éolien : entre 5 et 60 kW environ ;
- moyen éolien : 200-600 kW ;
- grand éolien 1-3 MW et au-delà.

À ce premier critère de classement lié à la puissance des machines, s'ajoutent divers autres sous-critères :

- configuration technique et coût dérivé : système autonome couplé à un parc de batteries, ou couplage au réseau existant (diesel ou « infini » type EDF) ;
- configuration à deux ou trois pales ; Vergnet conçoit des éoliennes bipales : légèreté, souplesse, moyeu oscillant, et mât haubané basculant ;
- mât tubulaire ou en treillis (chevrons) ;
- système d'abaissement dans les pays cycloniques : béquilles pour bloquer le mât et les pales une fois le système abaissé.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des générateurs éoliens Vergnet.

1	2	3	4	5	6	7
GEV 5/5 et 6/5	5	5-6	14-15	12 ou 18	Oui	1 à 1,2
GEV 10/20	20	10	16	18, 24 ou 30	Oui	2,1 à 2,9
GEV 15/60	60	15	15	24, 30 ou 40	Oui	5,8 à 7,2
GEV MP	250-275	26-32	14	55	Oui	17

Légende . 1. Dénomination, 2. Puissance (kW), 3. Diamètre de l'hélice (m), 4. Vitesse de vent de production nominale (m/s), 5. Hauteur du mât (m), 6. Mât basculant (oui, non), 7. Masse de l'ensemble avec mât (t).



Photo 1. Exemple de petite éolienne (cliché Vergnet).



Photo 2. Exemple d'éolienne de moyenne puissance (cliché Vergnet).

1. Remerciements à Dominique Boitier, Guillaume Chapuy, Marie-Pierre Tighe et Sandrine Buisset pour leur contribution à l'élaboration de ce texte.

Pour la promotion des équipements qu'il conçoit, Vergnet a mis en place différents concepts. Avec Reosol® il s'agit d'apporter l'électricité à des villages isolés. L'électricité, produite par aérogénérateur, est stockée dans des batteries. Le courant alternatif est distribué par un mini-réseau villageois. Ce concept a été largement diffusé en Afrique du Nord et sahélienne. Le concept Proxwind® se situe en marge du grand éolien et correspond à une production éolienne locale qui vise à dégager un complément de revenu, pour un agriculteur par exemple. Dans un souci de proximité avec sa clientèle, Vergnet a mis en place une trentaine de filiales sur les cinq continents, dont une dizaine de filiales d'exploitation.

Alors que les systèmes éoliens, petits et moyens, se développent à l'export et dans les Dom-Tom, soit sous forme de systèmes autonomes, soit en couplage au réseau, on constate que le développement en France est fortement ralenti par la lourdeur des procédures administratives.

Deux exemples de réalisations Vergnet sont présentées ci-dessous, l'une au Maroc (alimentation d'un village isolé), l'autre dans les Caraïbes, une zone dans laquelle Vergnet a installé plus de 20 MW de puissance. Depuis sa création, Vergnet totalise environ 2000 aérogénérateurs dans le monde.

Programme d'électrification rurale globale (PERG) du Maroc (Photo 3).

Avec 50% de la population installée en zone rurale, le Maroc se heurte au problème d'alimentation en énergie de zones dont le raccordement au réseau s'avère très coûteux. D'où le choix, initié par l'Office national de l'électricité (ONE), de mettre en place le PERG dont l'objectif est l'électrification de 80% des foyers ruraux d'ici 2007, soit l'équivalent de 1,5 million de foyers. Pour résoudre les problèmes techniques et financiers liés à ce programme, il a été retenu de faire appel aux technologies alternatives autonomes et aux capitaux propres des entreprises privées. Alors que le photovoltaïque s'applique plutôt à un bâtiment individuel et que l'hydraulique des montagnes a rencontré des difficultés de financement et de maintenance, l'éolien pourrait être la solution la plus adaptée en raison de sa souplesse (autonomie), de sa valeur d'usage collective (village entier) et d'une maintenance limitée à une visite annuelle.

Vergnet est présent au Maroc depuis 1996 et, dans le cadre du PERG, a initié un projet d'étude intitulé « Plan stratégique d'électrification rurale par petit éolien au Maroc », soutenu par l'Agence française de développement (FASEP). Parallèlement, deux projets pilotes (Sidi Kaouki et Moulay Bouzerktoun) ont été mis en



Photo 3. Installation d'électrification rurale au Maroc (cliché Vergnet).

place en 2000, financés par l'ONE, COOP92 et la province d'Essaouira, et destinés à valider la solution éolienne selon le concept Reosol®. Les caractéristiques de ces deux projets sont données ci-dessous.

Pour compléter cette étude, une évaluation du gisement éolien a été réalisée (Atlas éolien). En collaboration avec l'ONE, une dizaine de villages éligibles à l'éolien ont été retenus après enquête sur le terrain. La phase actuelle correspond à la validation des installations pour ces différents villages, selon les critères de puissance Reosol®, en fonction des besoins des villageois.

	Sidi Kaouki	Moulay Bouzerktoun
Localisation	30 km au sud d'Essaouira	30 km au nord d'Essaouira
Population (foyers)	72	84
Aérogénérateurs : 10 m de diamètre et supports de 24 m	2 x 25 kW 2 x GEV 10/25	15 kW GEV 10/15
Accumulateurs 2 V, 660 Ah C10	2 x 120	120
Chargeurs	2 x 240 Vcc, 25 kW	120 Vcc, 15 kW
Onduleurs 400 V triphasé sinusoïdal	2 x 25 kVA	25 kVA
Groupe électrogène	50 kVA	30 kVA

Alimentation en énergie électrique de Marie Galante, Guadeloupe (Photo 4).

Environ 60% de la consommation en énergie électrique de l'île sont couverts par deux centrales éoliennes (Petite Place, mise en service en 1997, et Morne Constant, mise en service en 2000) composées au total de 48 aérogénérateurs GEV 15/60 (15 m de diamètre, 60 kW de puissance unitaire), représentant une puissance installée de 2 880 kW et une production dépassant 7 millions de kWh/an. Cette production permet d'économiser 2 240 t de fioul par an.



Photo 4. Champ d'éoliennes de Marie Galante (cliché Vergnet).

Quelques repères techniques concernant le choix des sites et les études géotechniques

Dans les projets, il convient de bien distinguer les opérations destinées à être raccordées au réseau et, dans ce cas, c'est le coût du kWh qui prime, et les opérations fonctionnant sur batteries qui impliquent la satisfaction d'un besoin pérenne sur le long terme et une garantie de service. La précision requise est moindre, mais la fiabilité du système sur le long terme est impérative et il faut garantir un service 24 heures sur 24.

Études de vent

L'approche d'un projet d'installation éolienne varie selon les pays et au cas par cas en fonction du projet. D'une façon générale, l'approche comporte une étude des conditions de vent et une étude de la demande qui justifie le projet. Ensuite, le projet est établi en étroite liaison avec les conditions locales, notamment économiques.

En France, le contexte permet relativement facilement d'installer un mât de mesure de vent qui fonctionnera sur plusieurs mois et permettra de préciser les conditions de fonctionnement de la machine. Cette opération a un coût qui ne rend pas forcément possible une telle opération en pays en développement. Ainsi, en contexte d'électrification rurale en Afrique, on réalise une cartographie générale du terrain et des mesures ponctuelles qui permettent de préciser les conditions de vent. On sait, notamment, que la présence d'un obstacle modifie les conditions de vent sur dix fois sa hauteur. *In fine*, l'objectif est d'obtenir une analyse brute du vent, transposable sur le long terme.

L'approche est plus complexe lorsqu'il s'agit de mettre en place une centrale et non plus un seul aérogénérateur. On utilise souvent un modèle numérique de

terrain et on tient compte de tous les facteurs qui peuvent avoir une influence sur le vent : relief, végétation, installations humaines, etc. Les saisons ont aussi une influence. Avant de dimensionner un projet, les mesures sont souvent faites sur 6 mois à 2 ans.

Études de génie civil

Selon le cas, les études sont réalisées par Vergnet ou sous-traitées. Ces études comportent un relevé topographique et des reconnaissances géotechniques. Celles-ci permettent de décider le type d'ancrage le plus adapté entre les trois techniques actuellement en vigueur :

- ancrage poids en béton massif, utilisé pour les petites machines (GEV 4 à 15) ;
- ancrages forés, dans la majorité des cas, notamment pour les éoliennes de moyenne puissance (GEV MP) ;
- grillage sous remblai, une nouvelle méthode.

Dans le cas de la machine GEV 10, par exemple, on peut utiliser un ancrage poids, un par nappe de haubans (il y en a 4) et un massif pour le mât. L'ancrage est coulé en fouille et comporte des crosses métalliques pour l'attache des haubans. Ce type de dispositif n'est pas utilisé au-delà de la GEV 15 car il nécessite un volume de massif de béton trop important. Il en résulte que la méthode par ancrage foré tend à se généraliser.

Pour une installation de GEV 26, par exemple, on utilise quatre ancrages forés principaux pour les quatre nappes de haubans, dans des forages de 15 cm de diamètre par exemple, localisés à 25 m du mât, lui-même installé sur un massif de fondation. Des abaques permettent de déterminer la profondeur des forages en fonction de la résistance recherchée et de la nature du sol ; cette profondeur augmente pour les sols peu résistants.

Les ancrages sont dimensionnés pour résister à des vitesses de vents déterminées quand le mât est

debout, et servent aussi à retenir le mât pendant son basculement (dispositif anticyclonique sur béquilles). Des coefficients de sécurité sont appliqués suivant les prescriptions des codes de dimensionnement. On procède aussi à des essais d'arrachement au vérin creux pour valider le dispositif. L'ensemble de l'aérogénérateur est installé au sol avant d'être mis en place. À noter que, dans les très grosses machines (1 MW et plus), il n'y a pas de haubans, le génie civil est mis en place sous le mât.

La technique de grillage sous remblai est utilisée en cas de forte épaisseur de sols mous. On procède alors par fosses de 3 m de côté environ, au fond desquelles est appliqué le grillage. La fosse est ensuite remblayée et le remblai compacté. Ce système évite d'avoir à utiliser un volume très important de béton. C'est un système en développement dont il n'existe encore que peu d'exemples.

Conclusion

Avec des décennies de recul, il apparaît que la technologie des petites et moyennes éoliennes est bien adaptée à une grande diversité de situations, notamment pour l'alimentation des zones éloignées des grands réseaux et ne nécessitant pas de puissances installées considérables. La technologie des éoliennes elle-même a été complétée par tous les équipements annexes, notamment les batteries pour permettre l'autonomie des installations. Cette évolution est allée de pair avec un souci de fiabilité et de robustesse des équipements, permettant une maintenance aisée mais néanmoins régulière.

Les besoins sont considérables mais ils ne pourront être satisfaits qu'à condition que les dispositifs financiers adéquats puissent être mis en place et les procédures réglementaires adaptées à un juste niveau, ce qui est loin d'être toujours le cas.