

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 72 (1981)

**Heft:** 24

**Artikel:** Expériences dans le domaine des éoliennes

**Autor:** Mattatia, S.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-905188>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Sur le plan économique, en tenant compte des conditions particulières de l'usine de Roche, l'amortissement de l'installation est obtenu sur une période de trois ans environ.

L'investissement total pour les huit groupes a représenté une dépense d'environ Fr. 135000.-. L'entretien électro-mécanique représente une dépense d'environ 4 à 5 centimes par kWh électrique produit.

## 8. Conclusion

En guise de conclusion à cet exposé, on peut relever deux aspects-guides de l'expérience réalisée à Roche:

- Intensification des investigations dans le domaine de la bioénergie. Ces recherches devraient permettre d'augmenter les rendements des installations existantes à court terme. A long terme, l'intérêt est évident si l'on sait que dans plusieurs pays l'objectif de rendre l'agriculture complètement autonome

sur le plan énergétique n'est pas une utopie, et ce, en partie grâce à la biotechnologie.

- Reprendre la phrase: «chaque fois que l'on utilise un combustible pour obtenir uniquement de la chaleur, on commet un gaspillage au sens énergétique». Cette orientation dépasse très largement le cadre du biogaz et devrait jouer un rôle important dans le choix de l'approvisionnement énergétique global d'un pays. Ce jour-là, on aura peut-être oublié que l'impulsion pour l'implantation de la cogénération énergétique chez Monsieur-Tout-le Monde est partie des efforts de quelques-uns dans le domaine de la valorisation des énergies douces.

## Adresse de l'auteur

D. Kratzer, chef de service au Service intercommunal d'épuration et de traitement de gadoues de Vevey-Montreux, quai Maria-Belgia 18, 1800 Vevey.

# Expériences dans le domaine des éoliennes

Par S. Mattatia

*Die Forces Motrices Neuchâteloises untersuchen das Verhalten von Windkraftanlagen seit rund 6 Jahren. Neben Laboruntersuchungen sind auch Tests in der alpinen Region durchgeführt worden. Über einige wesentliche Aspekte solcher Anlagen wird berichtet.*

## 1. Introduction

Les différentes parties constitutives d'une éolienne sont principalement:

- L'hélice qui est l'élément moteur transformant l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique directement utilisable.
- La transmission mécanique (permettant d'utiliser directement l'énergie au pied du mât sous forme mécanique) ou le générateur électrique (permettant la conversion de l'énergie mécanique fournie par l'hélice en énergie électrique).
- Le dispositif de régulation de vitesse mécanique ou électrique.
- Le dispositif d'orientation dans le vent.
- Le mât porteur.
- Le stockage de l'énergie électrique produite.

Ces différents éléments ont fait l'objet d'une étude complète et globale de telle façon qu'elle tienne compte de toutes les interactions entre toutes ces parties.

## 2. L'hélice

La puissance maximum théorique récupérable vaut:

$$P_{\text{theor}} = \frac{16}{27} \frac{\mu}{2} S \cdot v^3$$

où:  $\mu$  = masse spécifique de l'air en (kg/m<sup>3</sup>)

$S$  = surface apparente balayée par l'hélice (m<sup>2</sup>)

$v$  = vitesse du vent (m/s)

et  $P_{\text{mec}} = \eta \cdot P_{\text{theor}}$

ou  $\eta$  = rendement de l'hélice.

On s'aperçoit d'emblée qu'un des paramètres, la vitesse du vent, prend plus d'importance que les autres termes puisqu'il

*Les Forces Motrices Neuchâteloises examinent le comportement des installations éoliennes depuis environ 6 ans. A côté d'essais de laboratoire, on a également procédé à des tests dans les régions alpines. L'exposé traite quelques aspects essentiels de ce genre d'installations.*

varie à la puissance 3<sup>e</sup>. D'où l'importance primordiale d'une étude anémométrique préalable du site où sera installée l'éolienne.

Pour obtenir cette conversion d'énergie, on a le choix entre plusieurs hélices:

### 2.1 Hélice à axe vertical

#### 2.11 Hélice de type Savonius

Cette hélice constituée de deux demi-tonneaux est très simple. Son inconvénient est un rendement très faible (inférieur à 25 %) à un chiffre de vitesse faible (env. 1).

#### 2.12 Hélice de type Darrieus (fig. 1)

Ce type d'hélice a un bon rendement (65 %) et un chiffre de vitesse relativement élevé (6). Son principal inconvénient réside dans la nécessité de prévoir un démarreur d'appoint. Par contre, il ne nécessite pas de système de mise dans le vent.

Les Forces Motrices Neuchâteloises ont construit une éolienne de type Darrieus d'une puissance de 1 kW. Les problèmes rencontrés liés au démarrage et à la protection antirafales ont contraint à abandonner ce type d'éoliennes.

### 2.2 Hélices à axe horizontal

#### 2.21 Hélice à grand nombre de pales

Cette solution est intéressante pour une utilisation directe de l'énergie mécanique. Son rendement est moyen (50 %) pour un chiffre de vitesse bas (env. 1).

#### 2.22 Hélice à faible nombre de pales

Ce type d'hélice est rapide (chiffre de vitesse 8 à 10) et son rendement bon (70 %).



Fig. 1 Hélice de type Darrieus

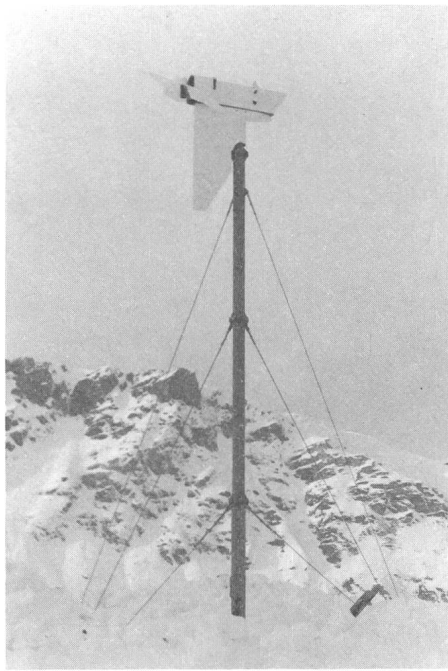


Fig. 2 Eolienne à hélice arrière



Fig. 3 Eolienne à hélice avant

On s'est donc intéressé à deux variantes de ce type d'éoliennes :

– L'éolienne à hélice arrière (fig. 2) qui a pour avantage de ne pas nécessiter de système de mise dans le vent. Nous avons construit une telle éolienne et constaté que par vent faible, son orientation était mauvaise. Par contre, par vent normal à fort, l'orientation devient trop brusque. Cette extrême sensibilité aux changements de direction du vent se répercute par effet gyroscopique sur les pales qui sont alors soumises à un phénomène de fatigue.

– L'éolienne à hélice avant (fig. 3) qui nécessite un gouvernail de mise dans le vent. Notre choix final s'étant porté sur ce type d'éolienne, nous allons l'examiner plus en détail.

L'hélice, constituée de deux pales de 5 m de diamètre, moulées et armées de fibres de verre et de carbone nous assure une excellente tenue mécanique.

La bonne forme aérodynamique des pales nous permet d'atteindre un rendement élevé (65 à 70 %). L'étude aérodynamique de l'éolienne a été conduite en collaboration avec l'EPFL. Des essais ont été effectués à la soufflerie de la fabrique d'avions d'Emmen afin de vérifier la concordance entre les rendements mesurés et calculés.

Cette hélice a un chiffre de vitesse élevé ( $\lambda = 10$ ) ce qui nous permet d'attaquer l'arbre du générateur électrique sans l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse. Elle fournit une puissance de plus de 5 kW pour une vitesse de vent de 10 m/s.

### 3. Le générateur

On a opté pour une transmission électrique de l'énergie jusqu'au consommateur. L'avantage de ce choix réside dans le fait qu'on peut dissocier le choix du site de l'éolienne de celui de l'utilisateur, voire multiplier ces derniers.

Quant au choix du type de générateur, on a confié au Laboratoire d'Electromécanique de l'EPFL, l'étude d'un générateur synchrone alternatif triphasé à aimants permanents. Les avantages de ce type de générateur sont principalement :

- une récupération accrue de l'énergie par faible vitesse de vent (contrairement aux générateurs à excitation),
- l'absence de charbons et de bagues, donc d'éléments soumis à l'usure,
- pas d'entretien.

Ce générateur délivre une puissance nominale de 5 kVA sous 380 V à 50 Hz. Son rendement est de 87 % à 1 kW et 90 % à 5 kW. Il est auto-protégé contre les court-circuits et les régimes asymétriques. Un dispositif spécial à double fonction permet une aimantation rapide et une protection contre toute désaimantation.

### 4. Dispositif de régulation de vitesse

Afin d'être indépendant de toute alimentation auxiliaire, on a opté pour un régulateur centrifuge purement mécanique. Celui-ci remplit une double fonction :

- faciliter le démarrage pour un vent de 4 m/s en augmentant le couple par variation du pas de l'hélice.
- protection contre l'emballement et régulation de vitesse

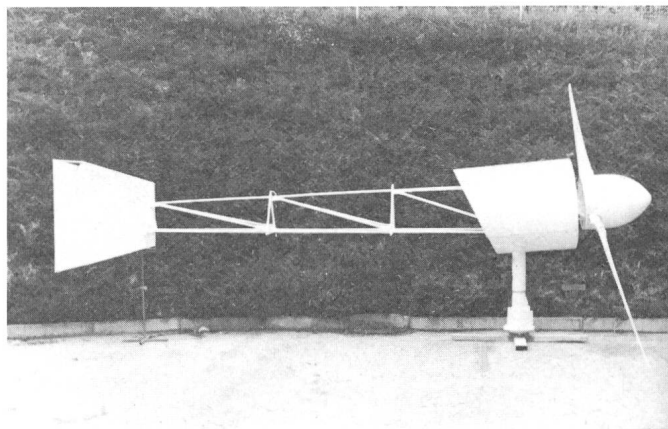


Fig. 4 Ensemble gouvernail/pivot/mécanisme de réglage



Fig. 5 Stockage d'énergie électrique



Fig. 6 Banc d'essai à Corcelles



Fig. 7 Laboratoire de montagne

de rotation entre 375 et 450 t/min (50 à 60 Hz) pour des vents correspondants de 36 km/h à 150 km/h.

Le dispositif d'orientation dans le vent est constitué par un gouvernail en construction réticulée en acier et un pivot supportant l'ensemble générateur-mécanique de réglage-queue (fig. 4).

Le mât, extensible est en construction tubulaire haubanée, en éléments de 3 m, facilement transportable. Il comporte un axe de pivotement permettant le montage de l'ensemble au sol.

## 5. Utilisation

On propose deux variantes d'utilisation.

### Pompage

On a la possibilité de raccorder deux types de pompes (selon la hauteur de refoulement désirée). Chaque installation peut comporter jusqu'à 3 pompes de 1,5 kW. Celles-ci sont raccordées au générateur de l'éolienne par l'intermédiaire d'un coffret électronique. Celui-ci permet un étagement des enclenchements des pompes et une adaptation de la charge par rapport à l'énergie éolienne disponible.

### Stockage d'énergie électrique (fig. 5)

La deuxième variante concerne le stockage de l'énergie dans des batteries. Le raccordement à l'éolienne se fait également par l'intermédiaire d'une armoire comportant toutes les protections, le redresseur et l'électronique de commande. Une deuxième armoire contient les batteries.

La restitution de l'énergie peut se faire directement sous forme de courant continu ou de courant alternatif sinusoïdal. Un onduleur est incorporé à cet effet dans l'armoire de commande.

## 6. Essais

Les recherches effectuées par les Forces Motrices Neuchâtoises se sont étendues sur une période de 6 ans. Elles ont comporté d'innombrables essais en laboratoire et sur site en montagne. FMN possède en effet un banc d'essai à Corcelles (fig. 6), où toutes les mesures électriques, aimantations, mesures mécaniques d'éclipsage et essais d'endurance sont effectuées. En outre, FMN a un laboratoire de montagne (fig. 7) à 2300 m d'altitude avec la possibilité d'installer trois éoliennes dans des conditions très sévères de neige, glace, tempêtes,



Fig. 8 Installation d'une éolienne dans une ferme modèle

rafales et changements brusques de direction de vent. Une collaboration avec l'Université de Cagliari a conduit à l'installation d'une éolienne dans une ferme modèle (fig. 8) et se poursuit au niveau des mesures et essais.

#### Adresse de l'auteur

S. Mattatia, ing. EPFL, chef des bureaux techniques, Electricité Neuchâteloise S.A., 2035 Corcelles.

## Stand und Aussichten der Erdöl- und Erdgasforschung in der Schweiz

Von U. P. Büchi

*Der nachfolgende Bericht wurde anlässlich der Vereinsversammlung des Schweizerischen Nationalkomitees der Welt-Energie-Konferenz vom 2. November 1981 in Zürich vorgetragen. Der Autor befasst sich mit der Entwicklung und den Resultaten der Erdöl- und Erdgasprospektion in der Schweiz. Die Erdöl-/Erdgas-Entstehung wird erläutert und die angewendete Bohrtechnik beschrieben.*

*L'exposé ci-après a été présenté à l'occasion de l'assemblée générale du Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie en date du 2 novembre 1981 à Zurich. L'auteur traite les questions du développement et des résultats de la prospection pétrolière et gazière effectuée en Suisse. On y explique la formation du méthane et on y décrit les méthodes de forage appliquées.*

### 1. Entwicklung der Kohlenwasserstoff-Prospektion in der Schweiz

Im Jahre 1947 haben zwei Studenten der Geologie beim kantonalen Baudepartement des Kantons St. Gallen eine Erdölkonzession für das Gebiet Fürstenland und Untertoggenburg eingereicht. Dem Gesuch wurde stattgegeben, die Kosten für diese Konzession betrugen einige wenige Franken, nämlich die Schreibgebühren. Weder der damalige Sekretär des Baudepartementes, der spätere Regierungsrat Dr. Simon Frick, heute Geschäftsführer der Swisspetrol, welcher die Konzessionsurkunde überreichte, noch die beiden Studenten, von denen der eine ich selbst war, hätten je gedacht, dass erst am 30. April 1981, somit fast 35 Jahre später, der erste ausbeutungswürdige Fund, jener von Finsterwald-Entlebuch, bekanntgegeben werden würde.

Ausdauer und wissenschaftlich begründeter Optimismus waren notwendig, um diesen ersten kleinen Erfolg zu erringen.

In den Jahren 1956 bis 1981 wurden unter der Ägide der Swisspetrol und ihrer Beteiligungsgesellschaften (Tabelle I) ca. 200 Mio Franken für die Erdöl- und Erdgasprospektion aufgewendet. Es bedurfte einer ausserordentlichen Kraftanstrengung der schweizerischen Wirtschaft und ihrer ausländischen Partner, um diese respektable Leistung zu vollbringen. Mit anderen Worten hatte die Wirtschaft unseres Landes mit den ausländischen Partnern das grosse Risiko auf sich genommen,

auf unserem steinigem schweizerischen Boden nach Erdöl und Erdgas zu forschen, obwohl die Gefahr bestand, keine wirtschaftlich ausbeutbaren Lagerstätten von Erdöl oder Erdgas zu finden. Am Anfang der schweizerischen Erdöl- und Erdgasforschung stand somit der Pioniergeist der fünfziger Jahre.

In den Jahren 1950-1952 wurden die kantonalen Regierungen, unter deren Hoheit das Bergregal steht, von Konzessionsgesuchen ausländischer Gesellschaften geradezu überschwemmt.

Am 28. November 1952 erliess der Bundesrat ein in seinem Grundgehalt noch heute höchst wichtiges Kreisschreiben. Er verlangte von den kantonalen Regierungen, dass diese nur Konzessionen an schweizerisch beherrschte Gesellschaften, d. h. an Aktiengesellschaften mit mehrheitlich schweizerischem Kapital, erteilen sollten. Eine im schweizerischen Territorium gefundene Erdgas- oder Erdöllagerstätte sollte von einer Gesellschaft ausgebeutet werden, die mehrheitlich schweizerisch beherrscht ist.

Weitblickend hatten sich Bundesrat und kantonale Regierungen schon vor 30 Jahren zum Ziele gesetzt, dass die schweizerische Erdöl- und Erdgasforschung wegen ihrer nationalen Bedeutung schweizerisch beherrscht sein soll. Die Kantone haben sich bei den Konzessionserteilungen bis heute an diese Richtlinie gehalten.

Gliederung der Swisspetrol

Tabelle I

Beteiligungsgesellschaft der Swisspetrol	Ausländische Partner	Konzessionsgebiet
SEAG LEAG	BEB BEB	SG, TG, ZH, AG, GL, SZ, ZG, AI, AR, SH LU nur Schürfbewilligung NW, OW
SAdH BEAG	BEB SNEA, BEB, BOMIN	Teil des Kantons VD BE (Mittelland, Alpenrand) FR Südteil
Jura Bernois Pétrole SA Jura Vaudois Pétrole SA Jura Soleurois Pétrole SA Baselland Petrol AG Jura Pétrole SA Petrosvibri SA	Shell Switzerland Shell Switzerland Shell Switzerland Shell Switzerland Shell Switzerland BEB	BE (Jura) Teil des Kantons VD (Konzession abgelaufen) SO BL JU Teil des Kantons VD