

Eolienne Putnam de 1 MW.



1941 Éolienne Putnam

Palmer Cosslett Putnam, diplômé du Massachusetts Institute of Technology (MIT) en géologie, s'intéresse à l'énergie éolienne en 1934 suite à son installation dans la région ventée de Cape Cod. Il installe un chargeur éolien que lui prête Elisha Fales et propose son projet au doyen en ingénierie au MIT, Dr Vannevar Bush, en 1937. Ce dernier l'introduit auprès du vice-président de General Electric Company, Thomas S. Knight, qui l'aide à développer une étude technique détaillée. Il rencontre E. Beauchamp, vice-président de S. Morgan Smith Company de York, Pennsylvanie, qui fabrique des turbines hydrauliques à pas variable et recherche une diversification de ses produits. Après une analyse des calculs de Palmer C. Putnam, la taille de 200 pieds (61 mètres) de diamètre et 1500 kW de puissance est jugée la plus économique.

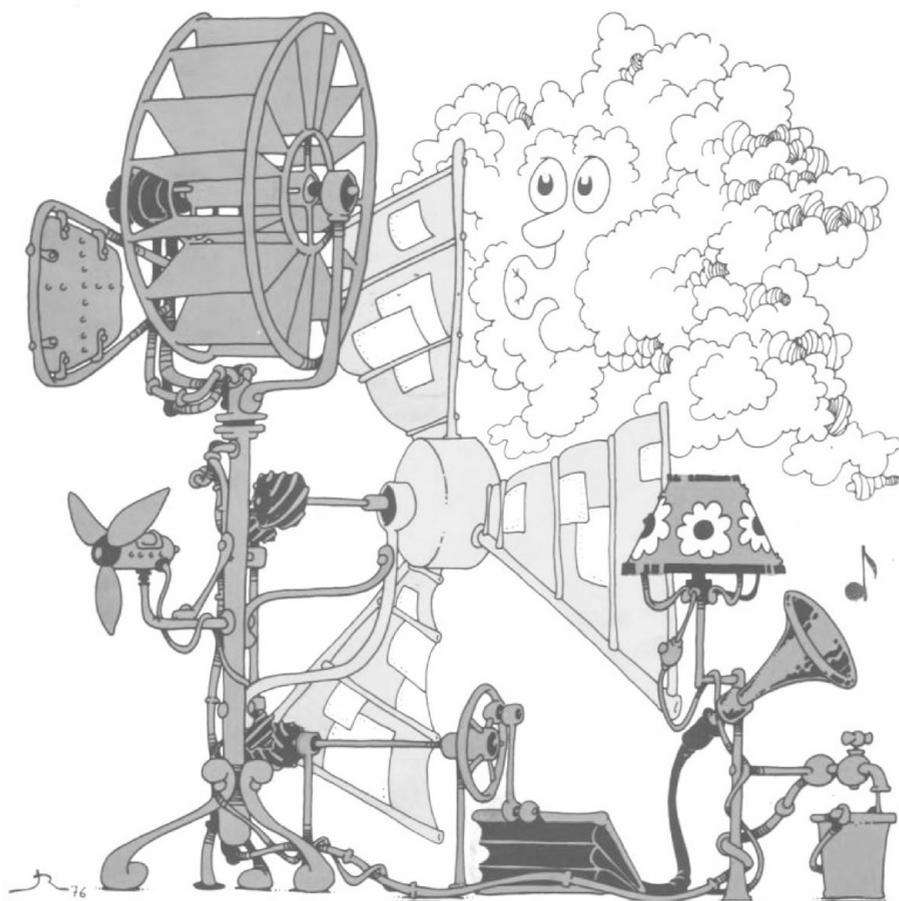
La régulation s'effectue en repliant les pales comme un parapluie : la surface au vent est diminuée, la puissance aussi. Ce type de régulation sera utilisée par Millborrow sur une éolienne à axe vertical et par Südwind. Il est à noter que pour les éoliennes de grand diamètre une telle régulation n'est pas très adaptée en raison des grandes forces d'inertie développées par les pales, de la difficulté d'équilibrage, etc.

La Vermont Central Public Service Company à Rutland, Vermont, fournit le site et le raccordement au réseau. Le projet est lancé en octobre 1939 et deux ans après, avec annonce de presse, l'éolienne est installée en août 1941. Le 19 octobre 1941, l'éolienne de 1000 kW et de 53 mètres de diamètre produit ses premiers kWh. L'éolienne est arrêtée en mars 1945 suite à la casse d'une pale après 1100 heures de fonctionnement. Le projet est abandonné en novembre 1945.

Pour en savoir plus

- PUTNAM Palmer Cosslett, *Power from the Wind*, New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1948.
- «Mountain-Top Windmill to feed Vermont electric lines», *Popular Science*, Vol. 139, n° 1, July, 1941, p. 114-117.
- LANNOY Henry, «Les centrales éoliennes américaines de grande puissance : 1000 kW et 1500 kW», dans FAGES-BONNERY André (dir.), *Congrès du Vent – Carcassonne 1946*, Carcassonne, Imprimerie Bonnafoous, 1946, p. 105-108.

ENERGIE EOLIENNE



Extrait de la couverture du numéro spécial du journal Écologie de 1976.

Paléoliennes, entre oubli et mémoire Ne pas réinventer la roue (éolienne).

Le voyage dans les paléo-éoliennes montre que de très nombreuses solutions techniques sont encore et toujours réinventées alors que dans leur principe même elles ne sont guère efficaces. Certains inventeurs d'éoliennes sont sûrs de détenir le Graal, souvent peu informés des réalisations antérieures et se ruinent à mettre au point des machines peu performantes; d'autres semblent oublier, intentionnellement ou non, les lois de la physique en annonçant des rendements spectaculaires.

Dans ce contexte, on voit resurgir des idées présentées comme «nouvelles» alors que ce ne sont que des reprises d'anciens concepts. Dès 1957, les technologues russes Shefter et Rozhdestvenskiy publiaient un ouvrage dédié aux inventeurs éoliens analysant les brevets déposés du point de vue de leur faisabilité technique et de leur intérêt économique¹. Ils montraient que certaines idées faisaient toujours l'objet de brevets alors que l'on savait depuis longtemps qu'elles ne marchaient pas.

À l'inverse, des solutions pertinentes, peu gourmandes en matériaux, ont été développées au cours de la longue histoire de l'éolien. Certaines pourraient être réactivées en mettant à disposition les retours d'expériences de ces anciennes machines.

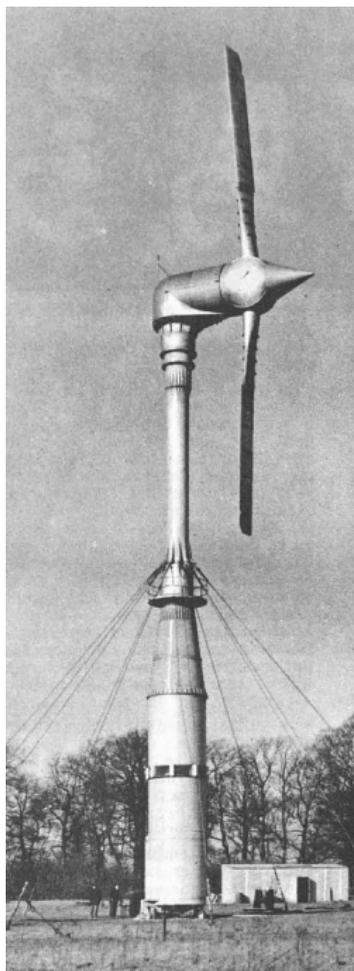
Les temporalités de ces deux mémoires énergétiques éoliennes se chevauchent quand le technicien redécouvre une technique oubliée restaurée par les historiens (usage des anciens moulins de drainage en cas de perte du réseau électrique en Hollande du Nord) ou quand l'historien-archéologue utilise des techniques actuelles pour rétablir le monument dans son contexte passé. La mémoire de l'historien et l'oubli du technicien contribuent toutes deux à faire société en forgeant une collectivité qui ne pourrait subsister dans une mémoire absolue, ni dans un oubli total, qui doit à la fois se remémorer son

¹ SHEFTER Ya. I. et ROZHDESTVENSKIY I. V., *ИЗОБРЕТАТЕЛЮ О ВЕТРОДВИГАТЕЛЯХ И ВЕТРОУСТАНОВКАХ [AUX INVENTEURS DE MOTEURS ÉOLIENS ET D'INSTALLATIONS ÉOLIENNES]*, Moscou, Maison d'édition du Ministère de l'Agriculture de l'URSS, 1957.

passé et l'oublier pour aller de l'avant, une problématique qui était déjà celle d'Ulysse.

Il est frappant de constater que des technologies développées dans les années 1930 dans un contexte de crise financière, « redécouvertes » dans les années 1970-1980 dans un contexte de crise pétrolière, retrouvent aujourd'hui une nouvelle jeunesse dans un contexte de crise climatique et de conflit en Europe qui bouscule les marchés de l'énergie et met en péril nos démocraties de l'intérieur. Citons comme exemple l'utilisation du vent pour la propulsion des navires.

Philippe Bruyère



Vue de l'éolienne à dépression d'Andreu.

Éolienne à dépression Andreau

À Alger, la Société nationale «Électricité et Gaz d'Algérie» expérimente en 1957 une grande éolienne d'une conception nouvelle, entraînant une génératrice destinée à fournir un jour de l'énergie au réseau électrique. Lorsque le vent fait tourner l'hélice, l'air s'échappe par l'extrémité des pales sous l'effet de la force centrifuge; le vide ainsi créé dans le pylône aspire un fort volume d'air environ 1 600 m³ par minute pour un vent de 50 km/heure. Ce débit d'air traverse une turbine à air montée sur un arbre vertical à la base du pylône qui entraîne une génératrice montée au-dessous, sur le même arbre.

Le rotor, d'un diamètre de 24 m, est pourvu de deux pales à pas variable en alliage d'aluminium pesant chacune 725 kg. Sa vitesse de rotation n'est que de 100 tours par minute, mais celle de la turbine et de la génératrice atteint pourtant 1 000 tours. Cette installation fait suite à des essais réalisés avec EDF en 1947, puis avec l'industriel anglais Enfield en 1953.

Cette éolienne, conçue et brevetée par l'ingénieur français Jean-Edouard Andreau en 1943, décevra par son rendement plus faible que les éoliennes conventionnelles et sera abandonnée. Son arrière-petit-fils, Nicolas Andreau, tentera de nouveaux essais en 2011, sans résultat.

Pour en savoir plus

- ANDREAU Jean-Edouard, *Perfectionnements apportés aux moulinets producteurs de force motrice, notamment aux éoliennes*, Brevet français n° 984 961 du 7 mars 1951, déposé le 19 octobre 1943.
- ANDREAU Jean-Edouard, «L'éolienne nouvelle formule n'a ni mécanisme ni engrenage», *Science et Vie*, 1950, Tome LXXVII, no 391, p. 207-212.
- GOLDING Edward W., «Sur la colline "Grand Vent" — Une éolienne géante va être expérimentée en Algérie», *Courrier de l'UNESCO*, juillet 1957, Xe année, p. 20-21.
- ANDREAU Nicolas, *Éolienne à dépression — Bilan des essais menés chez Krug SARL* en juin 2011, Saverdun, juillet 2011.



Tour antigel à Thésée-la-Romaine (Loir-et-Cher).

Machine de protection contre le gel

Les machines de protection contre le gel ont été introduites aux États-Unis dans les années 1920, mais ne se sont répandues que dans les années 1950. Ces machines sont aujourd'hui répandues et utilisées sur différentes cultures. Le principe de brassage d'air consiste à réchauffer l'air froid situé au niveau du verger en le mélangeant à l'air plus chaud situé au-dessus. Cette méthode de protection convient contre un gel de rayonnement quand la température du sol est de 0 °C et que les pertes par rayonnement (ciel sans nuages) sont élevées.

Ce que l'on appelle aussi les tours antigel est idéal pour protéger des grandes surfaces avec une surface protégée d'au maximum 5 à 6 hectares à -3 °C. Ces tours sont constituées d'une hélice entraînée au travers d'un renvoi d'angle par un moteur thermique situé à leur pied. L'hélice est légèrement inclinée, de 5 à 7 degrés, de sorte à aspirer l'air supérieur, plus chaud, pour le refouler vers le bas de la parcelle. L'hélice tourne à 360 degrés sur l'axe de la tour afin de couvrir l'ensemble de la parcelle.

Pour en savoir plus

- SNYDER Richard L. et Melo-Abreu J. Paulo de, *Frost Protection : fundamentals, practice, and economics*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2005.
- HIRSCHY Matthieu, *Gel et grêle en viticulture et arboriculture – État des lieux des dispositifs de protection contre les aléas climatiques*, Paris, Acta – les instituts techniques agricoles, mai 2020.
- SUD EXPE, *Gels de printemps en verger – Différents types; Seuils critiques; Moyens de lutte*, Saint Gilles, Marsillargues, Sud Expe, 2021.

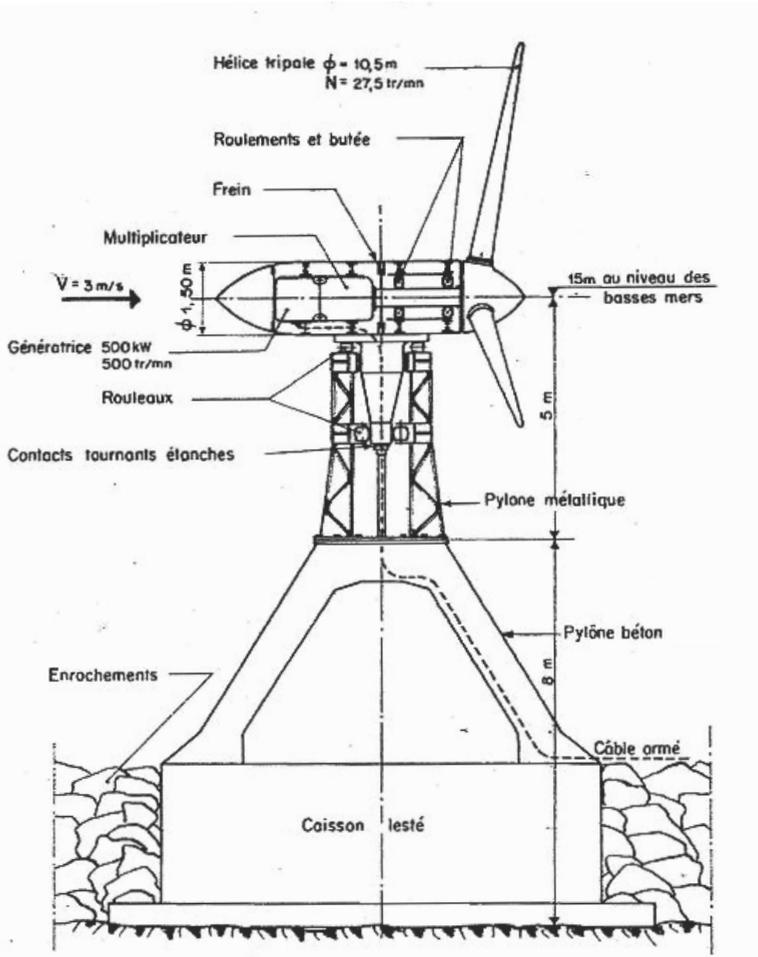


Schéma de l'hydrolienne.

1956 Hydrolienne

157

Gaston Reméniéras chef du Service des études hydrauliques d'EDF et P. Smaghe qui a travaillé à la Division du Vent à EDF présentent en 1956 l'idée de l'hydrolienne en imaginant d'installer sur le fond marin une éolienne du type de celle développée par EDF avec Romani à Nogent-le-Roi.

Ils estiment que cet appareil ne saurait entrer en compétition avec les usines marémotrices en développement à l'époque. Cependant, ajoutent-ils, ils exigent peu de travaux de génie civil, leur construction en série est susceptible d'abaisser leur prix de revient, et se prêtent à des installations de faible puissance pour l'alimentation locale en énergie électrique, notamment en « pays sous-développé ».

Un demi-siècle plus tard EDF lance une filière hydrolienne. En 2022, un démonstrateur a été lancé par EDF à Paimpol-Bréhat en Bretagne, site d'essais hydrolien sur lequel sont testées différentes technologies.

Pour en savoir plus

- REMÉNIÉRAS Gaston et Smaghe P., « Sur la possibilité d'utiliser l'énergie des courants marins au moyen de machines analogues aux aérogénérateurs », *VIIe Journées de l'hydraulique*, Paris, 1956.
- RÉGION BRETAGNE, *Bilan d'étape du site d'essais hydroliens de Paimpol-Bréhat – Pérenniser le site et y accueillir de nouveaux opérateurs*, Communiqué de presse, 8 octobre 2020.
- EDF, « Paimpol-Bréhat, un site d'essais en mer au profit du développement de la filière hydrolienne, page Internet », 2022.



Centrale éolien-Diesel de Karaganda (Kazakhstan).

1958 Centrale éolien-Diesel de 400 kW VES 400

Dans la région d'Akmola, non loin du domaine de la station technique et de réparation d'Avangard, la première centrale éolienne d'Union soviétique d'une capacité de 400 kW a été mise en service en 1958.

Sur une plate-forme d'un diamètre de 600 m, douze éoliennes dotées d'un rotor de 18 mètres à trois pales sont installées le long de deux cercles concentriques. Des câbles relient chaque éolienne à un petit bâtiment de deux étages dans lequel le courant continu est converti en courant alternatif. Le courant électrique est fourni aux fermes d'élevage des kolkhoz Pobeda et Staline, au RTS Avangard ainsi qu'aux maisons des kolkhoziens.

Si le vent s'arrête, les deux moteurs diesel d'une capacité de 200 kW fonctionneront. Les jours sans vent, ils remplacent les éoliennes.

Le projet de la première station multi-unités a été développé par l'équipe du Laboratoire central de recherche pour les centrales éoliennes. «Ce n'est que le début», selon la presse soviétique de l'époque. Mais rien ne suivra.

Pour en savoir plus

• SHEFTER Ya. I. et ROZHDESTVENSKIY I. V., *Изобретателю о ветродвигателях и ветроустановках, Aux inventeurs des moteurs éoliens et des centrales éoliennes*, Moscou, Maison d'édition du Ministère de l'Agriculture de l'URSS, 1957.

• «ВЭС-400», «Техника - молодежи» [Technique – Jeunesse], 1958, n° 10, p. 27.



Vue de l'aérogénérateur BEST-Romani.

Électricité de France est créée au sortir de la Seconde Guerre mondiale en nationalisant les centaines de réseaux électriques locaux existants à l'époque. Au sein d'EDF, une Direction d'Études de Recherches est mise en place dirigée par Pierre Ailleret. Il s'agit de développer l'électricité (la France est en retard) et donc de nouvelles sources : l'hydraulique bien sûr, mais aussi l'énergie marémotrice et l'énergie éolienne. Une Division du Vent est créée au sein de cette direction qui pendant vingt ans réalise des mesures de vent dans le monde entier et cherche à développer des éoliennes de 1 MW et plus sur le modèle de l'expérience américaine. Ce programme aboutit à l'installation de 350 anémomètres conçus par Ailleret et de trois prototypes de machines de grande puissance : une éolienne de 640 kW et 30 mètres de diamètre à Nogent-le-Roi avec le bureau d'études BEST dirigé par Lucien Romani et deux machines de 200 kW, puis 1 MW à Saint-Rémy des Landes avec Neyrpic sous la supervision de Louis Vadot. Les résultats sont mitigés et les projets sont abandonnés quand Pierre Ailleret quitte la Direction.

En 1953, un des ingénieurs Louis Serra publie un article montrant que l'énergie en France peut être fournie à partir de deux seules sources renouvelables, hydraulique et éolienne. Plus de cinquante ans après, ce scénario 100 % renouvelable est proposé par l'ADEME et en 2020 deux études, l'une du CIRED (Centre international de recherche sur l'environnement et le développement), l'autre de l'AIE et du RTE, montrent qu'il ne s'agit pas d'une utopie. Les solutions techniques existent, tout est une question de volonté politique.

Pour en savoir plus

- BONNEFILLE René, « Les réalisations d'Électricité de France concernant l'énergie éolienne », *La Houille Blanche*, 1975, n° 1, p. 44-65.
- SERRA Louis, « Le vent en France et ses possibilités d'utilisation », *La Météorologie*, décembre 1953, p. 273-292.
- SHIRIZADEH Behrang, PERRIER Quentin et QUIRION Philippe, « How Sensitive are Optimal Fully Renewable Power Systems to Technology Cost Uncertainty? » [Une électricité 100 % renouvelable est-elle possible en France d'ici à 2050 et, si oui, à quel coût?], *The Energy Journal*, Vol. 43, n° 1, 2022.
- OECD/IEA et RTE, *Conditions et prérequis en matière de faisabilité technique pour un système électrique avec une forte proportion d'énergies renouvelables à l'horizon 2050*, Agence Internationale de l'Énergie et Réseau de Transport de l'Électricité, 2021

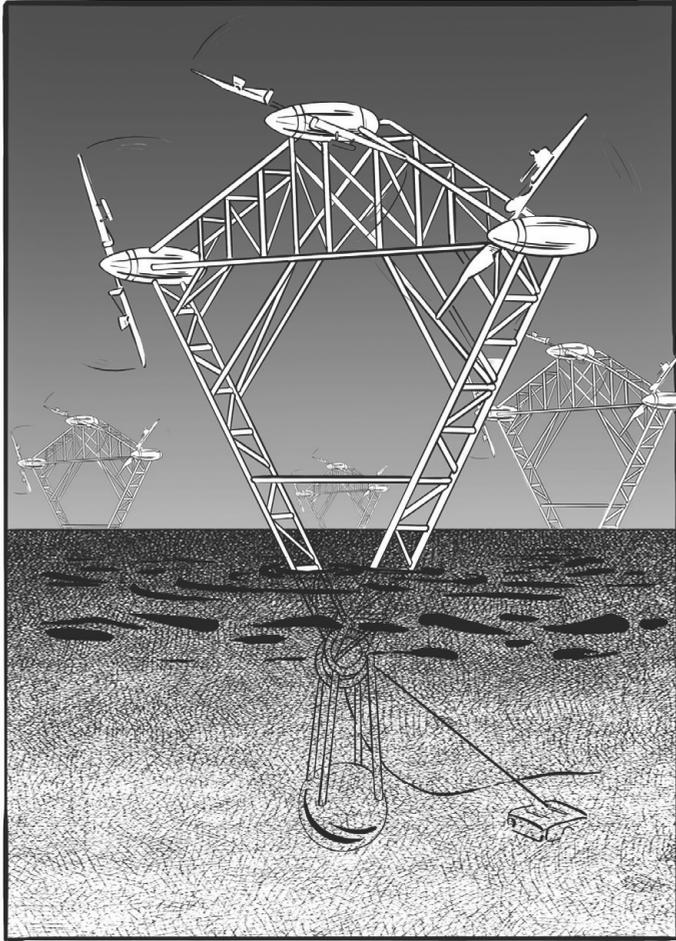


Illustration d'une éolienne offshore et son réservoir d'hydrogène au pied.

Éolien offshore et hydrogène

Au début des années 1970, William Edward Heronemus, professeur au MIT, est un pionnier de l'éolien offshore aux États-Unis en reprenant les travaux des ingénieurs des années 1930 et 1940 (Honnef, Putnam...). Il imagine une éolienne de 6 MW composée de trois rotors de 2 MW installée sur une structure flottante ancrée au fond de la mer. Il propose en 1972 un projet de 13 600 éoliennes flottantes, soit 82 000 MW de puissance totale, associées à 82 stations immergées de production d'hydrogène.

Son idée reste à l'état de projet, mais sera une source d'inspiration pour le développement de l'éolien offshore plus de vingt ans plus tard. Aujourd'hui les Pays-Bas sont les plus impliqués dans le développement de l'éolien offshore et de l'hydrogène.

Pour en savoir plus

- INGLIS Rittenhouse David, « Wind Power Now! », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. XXIII, n° 8, oct. 1975, p. 20-26.
- MCGOWAN Jon G. et HERONEMUS William E., « Ocean Thermal and Wind Power: Alternative Energy Sources Based on Natural Solar Collection », *Boston College Environmental Affairs Law Review*, 1975, vol. 4, no 4, p. 629-660.
- HERONEMUS William E. et Phyllis R., OCEAN WIND ENERGY SYSTEMS, *Offshore wind turbine*, Office européen des brevets, EP 1483 502 B1, déposé le 7 Mars 2003.



Eolienne Sahores installée en Afrique.

1974 Eolienne Sahores

Un groupe d'ingénieurs, dirigé par Jean Sahores, et la paroisse de Pau, construisent un moulin à vent moderne en utilisant principalement des matériaux comme le bambou, des morceaux de tissu et de ficelle, qui sont disponibles ou sont remplaçables par d'autres matériaux de construction simples partout dans le monde. Les premiers prototypes de ces moulins à vent fonctionnent depuis 1974 et sont capables de pomper l'eau des puits ou forages d'une profondeur de 40 mètres. Cette machine remporte en 1974 le concours d'idées ÉOLE 74.

Pendant des années, Jean Sahores, ingénieur géologue à la SNPA devenue ensuite Elf Aquitaine puis Total, a consacré une partie de son temps (environ deux mois et demi de congés sans solde par an) dans le cadre de diverses ONG dédiées au développement agricole du tiers monde, à sillonner les terres arides du monde pour développer des solutions d'irrigation simples et à la portée technique et économique des populations locales.

Pour en savoir plus

- «ÉOLE 74 : "Un concours d'idées sur un thème d'actualité" – La captation de l'énergie éolienne», *La Météorologie*, septembre 1975, VIe série, n° 2, p. 119-130.
- SAHORES Jean, «Flexible blade for wind driven machine - has rigid and flexible leading and trailing edge spars with profiled spacers», FR2292878 (A1) du 25/06/1976. N° de priorité : FR19740034543 du 30/09/1974. OA19750055615 du 24/09/1975. FR2292878 (B3) du 02/07/1977
- DELLO, Système éolien de pompage (Sahores), document de présentation, 1980
- Montagnes insolites (ed.), *Regards sur un mineur d'eau Jean Sahores : Un engagement solidaire auprès des habitants pauvres des terres arides*, Navailles-Angos, Montagnes insolites, 2020.



Vue extérieure d'une éolienne de chauffage domestique au Danemark.