

RDV ECOBATYS PERFORMANCE

Mix d'Énergies Renouvelables et Autonomie Énergétique en Contexte Domestique L'Eolienne Hélicoïdale à l'Axe Verticale RoDaVi - Aircrafted

Adinel GAVRUS*, Francesco Minio PALUELLO**

* Assoc. Prof. Hab. Dr. – INSA Rennes/Université Bretagne Loire
(France)

* Ing. Dipl. Aéronautique – PDG Aircrafted /Paris (France), Rome (Italie)

GMA
Génie Mécanique et Automatique



CONTENU

1^{er} Partie

- 1. Energies Renouvelables – Etat de l'Art**
- 2. Autonomie Énergétique en Contexte Domestique**
- 3. Cogénération Electricité, Chaleur Thermique,
Climatisation, Isolation et Domotique**
- 4. Electricité Photovoltaïque – Réseau Individuel**
- 5. Electricité Eolienne – Réseau Individuel**
- 6. Eoliennes Non-Conventionnelles et à l'Axe Verticale**

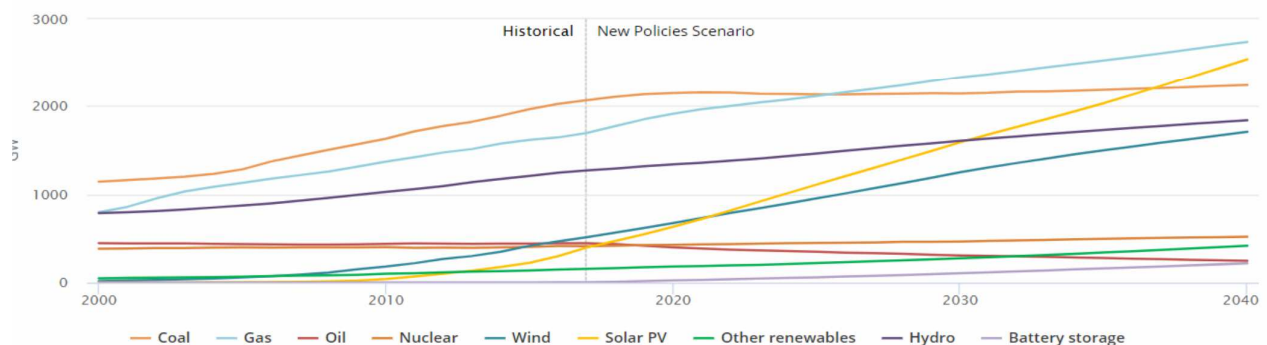
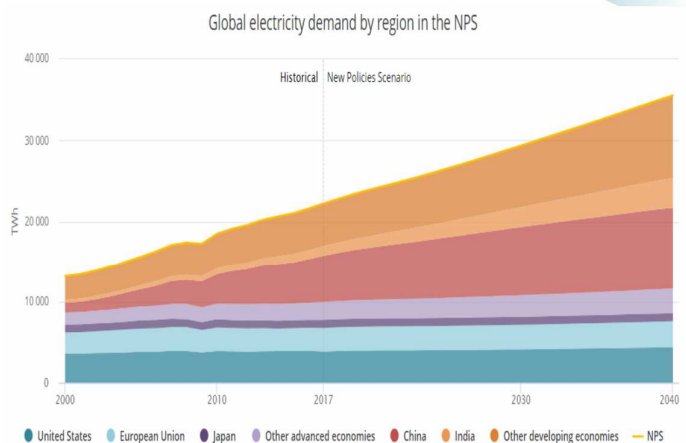
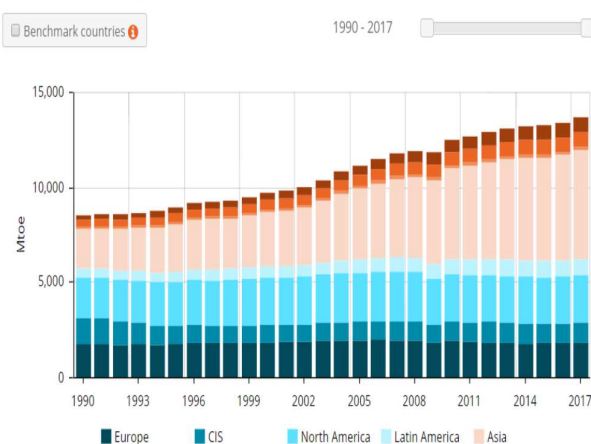
CONTENU

2^{ème} Partie

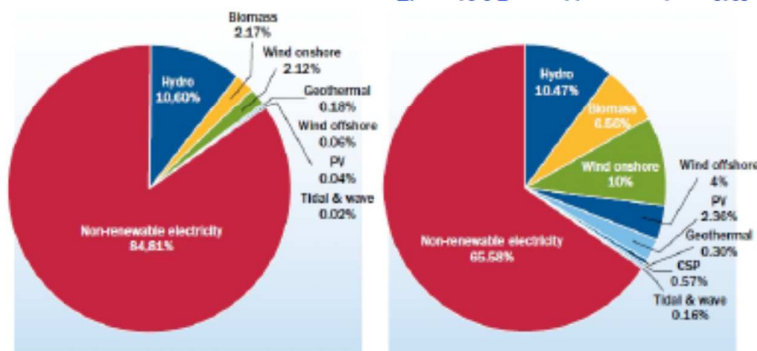
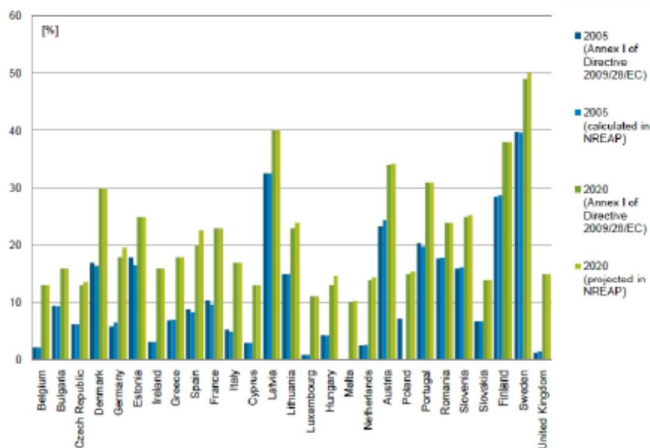
7. L'Eolienne Hélicoïdale RoDaVi - Aircraftfed
8. Méthodes d'Estimation Puissance Rotors Eoliennes
9. Estimation Puissance Echelle Réelle RoDaVi
10. Mesures Expérimentales - Souffleries Aérodynamiques
11. Modélisations et Optimisations Numériques
12. Implémentation et Diagnostique - RoDaVi
13. Perspectives et Conclusions

1. Energies Renouvelables – Etat de l'Art

Trend over 1990 - 2017



1. Energies Renouvelables – Etat de l'Art

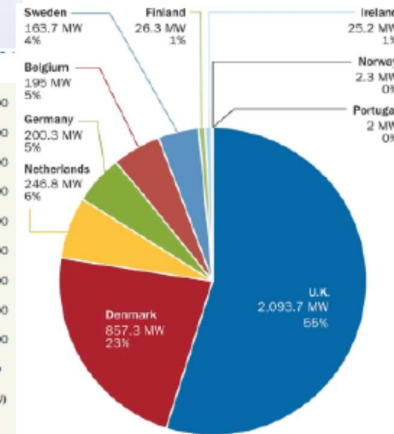
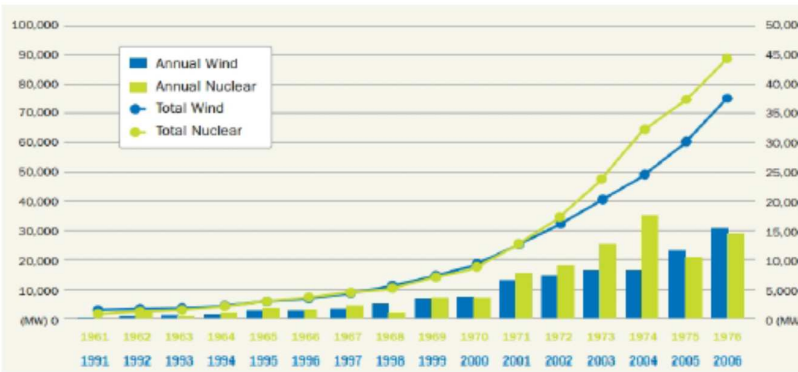
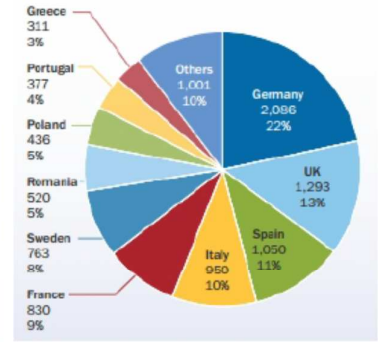
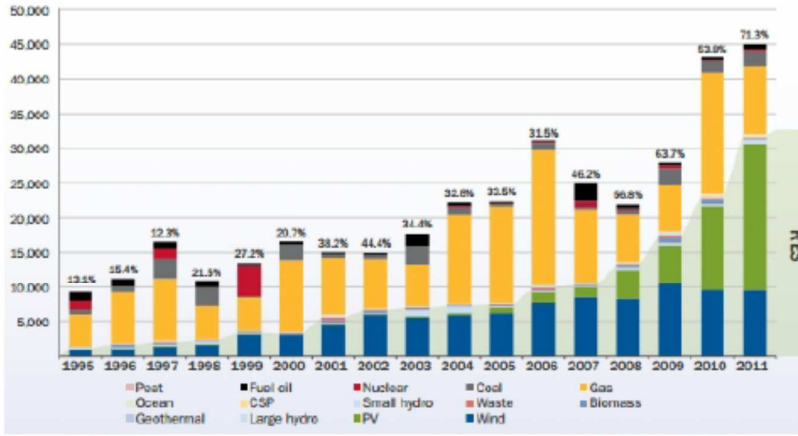


a) EU Electricity mix in 2005(3,270.3 TWh) b) EU Electricity mix in 2020(3,537.3 TWh)

1. Energies Renouvelables – Etat de l'Art

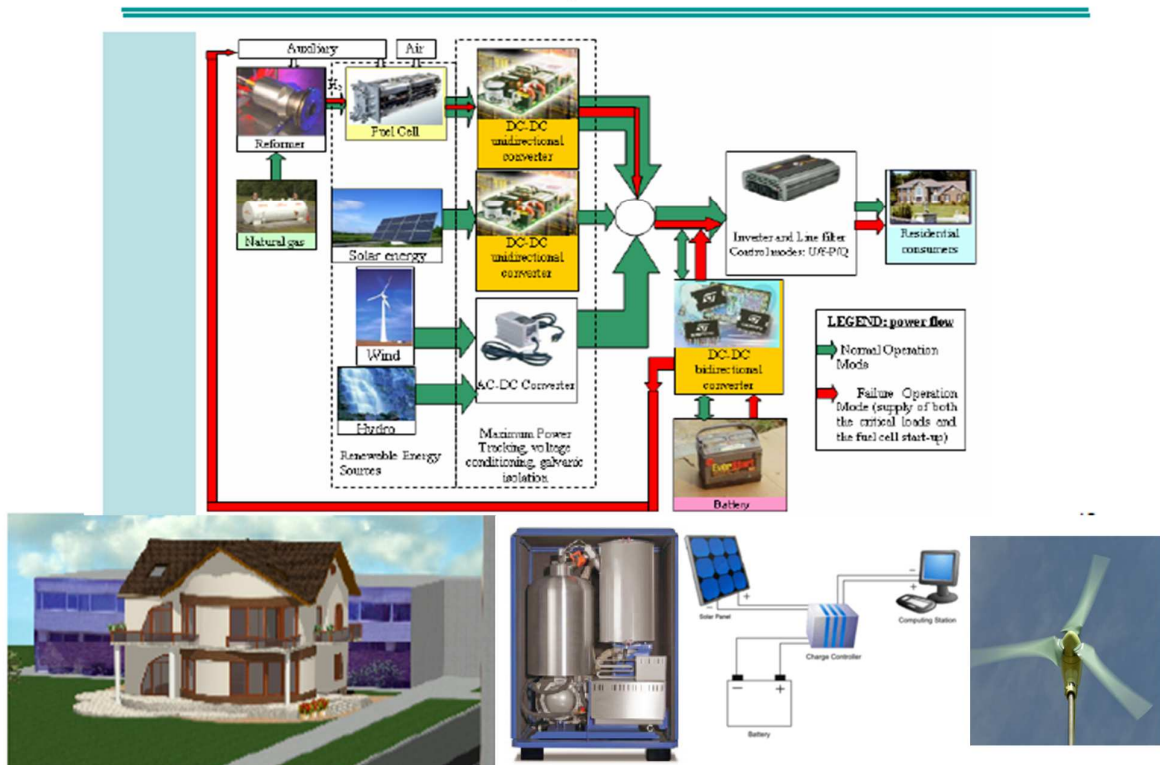


1. Energies Renouvelables – Etat de l'Art

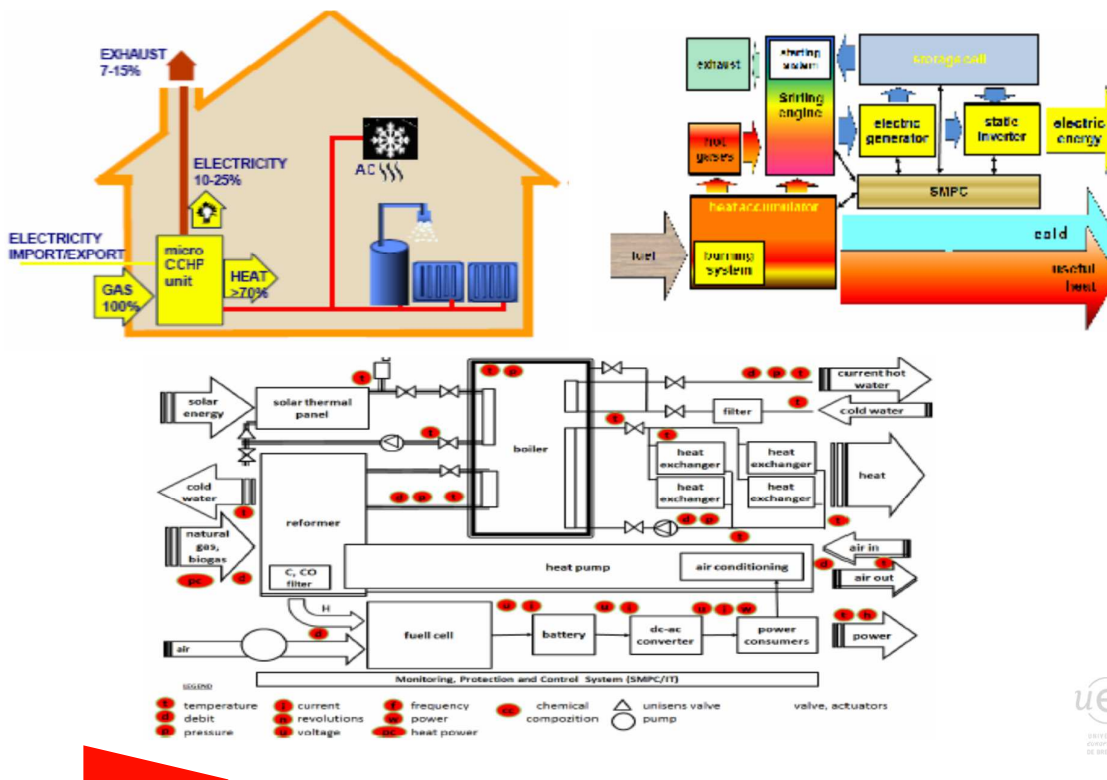


2. Autonomie Energétique en Contexte Domestique

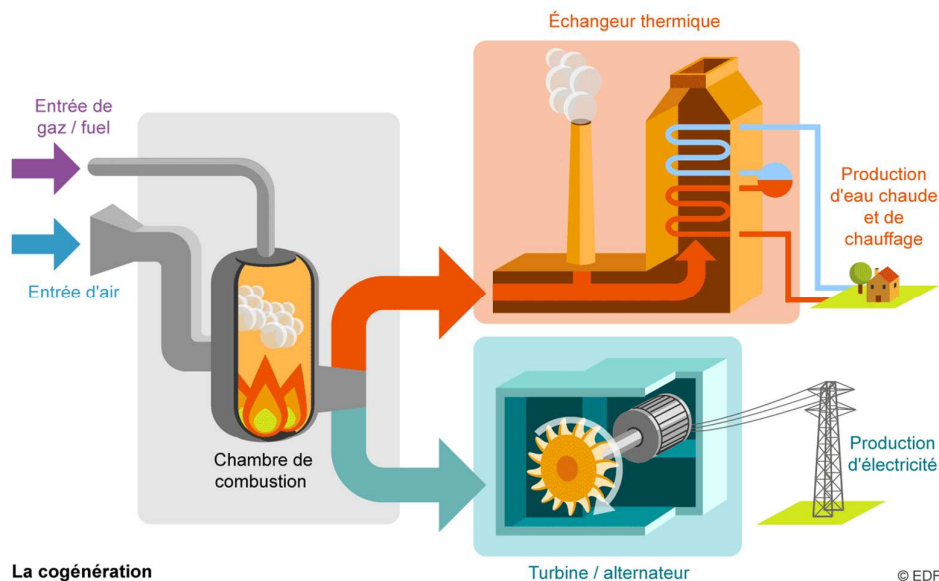
A generic topology of the proposed hybrid system



3. Cogénération Electricité, Chaleur Thermique, Climatisation, Isolation et Domotique

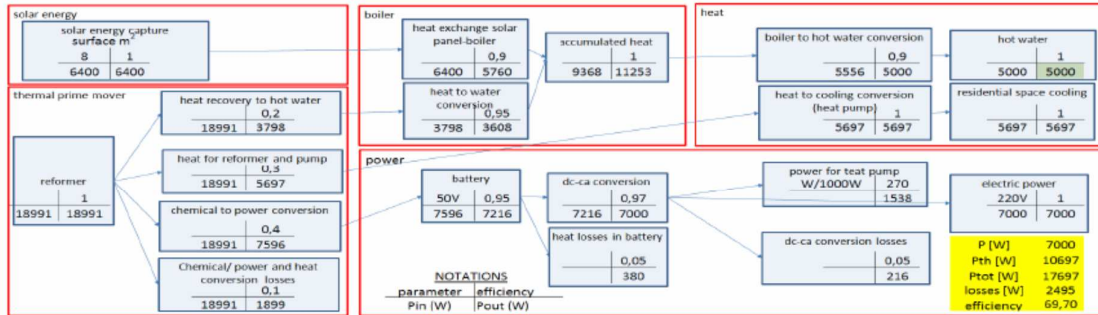


3. Cogénération Electricité, Chaleur Thermique, Climatisation, Isolation et Domotique

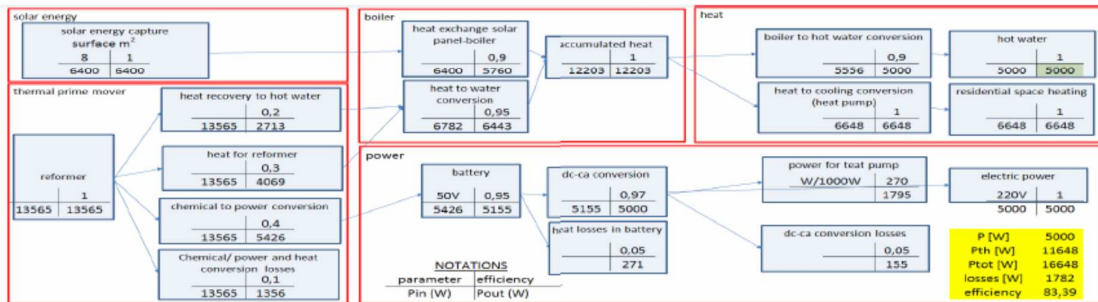


3. Cogénération Electricité, Chaleur Thermique, Climatisation, Isolation et Domotique

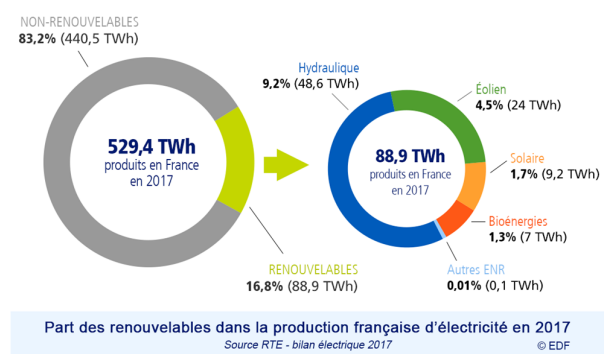
The energetically balance for winter



The energetically balance for summer



4. Electricité Photovoltaïque – Réseau Individuel



5. Electricité Eolienne – Réseau Individuel

Eolienne Persane (VII^{ème} Siècle)



Eolienne Européenne (Moulins à Vent - X^{ème} Siècle)



Eolienne Savonius

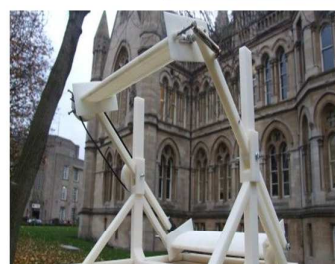


Eolienne Darrieus



6. Eoliennes Non-Conventionnelles et à l'Axe Verticale

N°	Exemple de machine ou de brevet	Schéma de principe	N°	Exemple de machine ou de brevet	Schéma de principe
(1)	EWICON (Electronic Wind Energy CONverter) développé principalement par TU Delft (Pays-Bas) Brevet US 4206396 A		(9)	QES développé et commercialisé par Quiet Revolution (Royaume-Uni) - Type éolienne Darrieus -	
(2)	V30 développé et commercialisé par Vestas Wind Systems (Danemark)		(10)	Brevet US 6320273 B1 déposé par Orlin Nemes (Croatie) - Type cyclo-turbine -	
(3)	Spiral Magnet Wind Turbine développé et commercialisé par MECARO Co. (Japon)		(11)	N/A	
(4)	LLAM Développé et commercialisé par The Ashlandes (Pays-Bas) ou Necessitat JD développé et commercialisé par Nibeolis (France) Brevet US 8109732 B2		(12)	Feller Wind Turbine développée par Solar Aero (Israël-Israël)	
(5)	Moulin persan développé à partir plusieurs articles de J.-C. Iraz		(13)	Brevet US 6081043 A déposé par Miguel Angel et Robert Akarso (Espagne)	
(6)	Brevet WO 2003014565 A1 déposé par Vasilios Moustakidis (Grèce)		(14)	Profil hydraulique oscillant Stingray développé par Engineering Business (Royaume-Uni)	
(7)	Totem éolien développé et commercialisé par Windsply (France)		(15)	Windtree développé et commercialisé par Humdinges Wind Energy (Israël-Israël) Brevet WO 2009034759 A3 Ou Pilco-Tree Brevet US 2011/0291527 A1 déposé par Lapson et Li (Israël-Israël)	
(8)	W3-0.30 développé et commercialisé par Cy Windline Production (Finlande) - Type éolienne Savonius -		(16)	Saphonien développé et commercialisé par Saphon Energy (Tunisie) Brevet US 20130181456 A1	



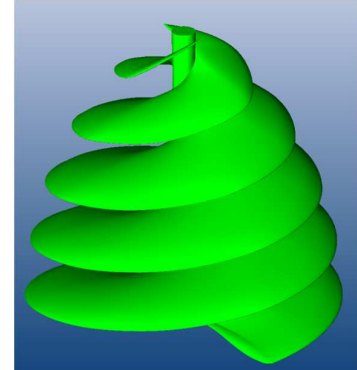
- Micro éoliennes : diamètre de rotor de 0,5 à 2 m : de 100 W à 1 kW.
- Petites éoliennes : diamètre de rotor de 2 à 12 m : de 1 kW à 36 kW.
- Moyennes éoliennes : diamètre de 12 à 35 m entre 36 et 350 kW.
- Grandes éoliennes : diamètre de rotor de 35 à 125 m : 350 kW à 5 MW.

7. L'Eolienne Hélicoïdale RoDaVi - Aircrafted

Vis Hélicoïdale Aérienne
(Léonardo da Vinci)



Eolienne RoDaVi
(Profil Hélicoïdale GM15)



Int. Patent (Brevet) WO2019034225A1 – Ing. Dipl. Francesco Minio PALUELLO – 21/02/2019

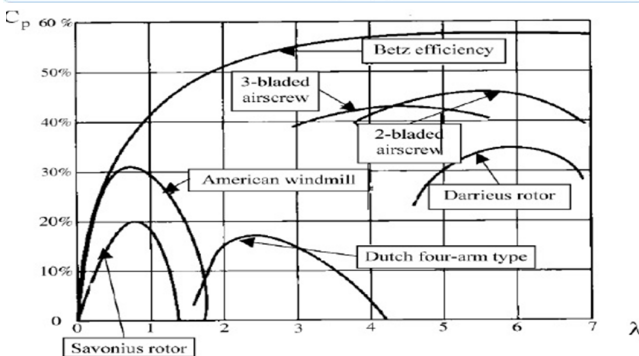
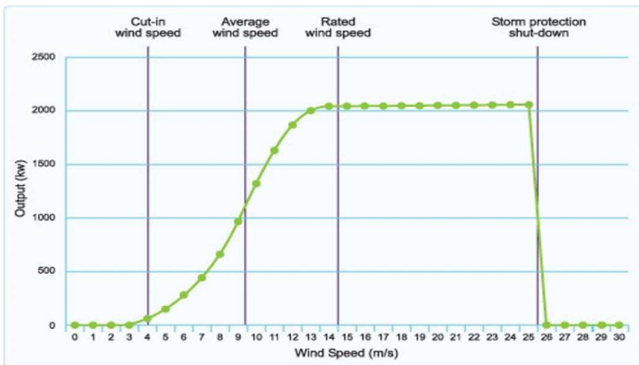
<https://prezi.com/7pux6jodey19/projet-industriel/>

$$x = \frac{r \cdot \cos(\theta)}{f(\theta)}; \quad y = \frac{r \cdot \sin(\theta)}{f(\theta)}; \quad z = \frac{g_i(r-5)}{f(\theta)} + p \cdot \theta$$

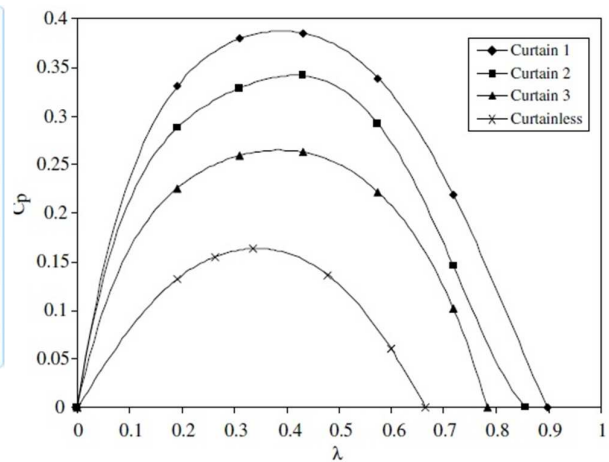
$f(\theta) = 1 + 0,05 \cdot \theta^2$: Fonction de reduction
 p : Le pas
 g_i : Equations du profil GM15

8. Méthodes d'Estimation Puissance Rotors Eoliennes

Diagramme Puissance et Cp



Calcul aérodynamique de Betz



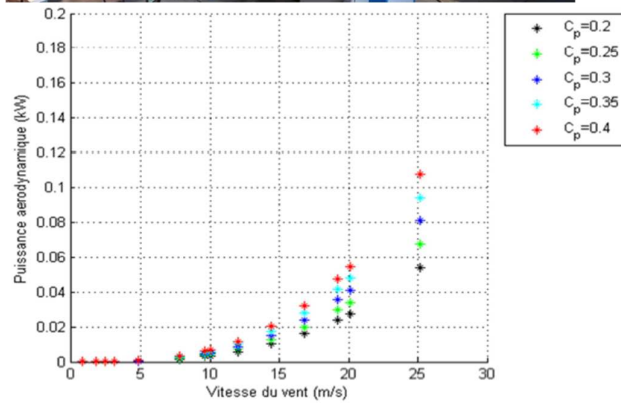
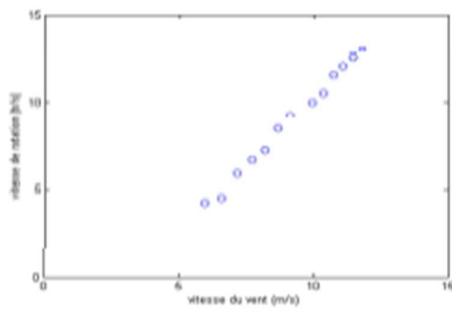
$$P_{aerodynamique} = C_p(\lambda, \beta) \cdot P_{vent} = C_p \cdot \frac{\rho S v^3}{2}$$

$$C_{p_{thmax}} = 16/27 \approx 0.59, \quad \lambda = \frac{\Omega_{rotor} \cdot R}{v_{vent}}$$

9. Mesures Expérimentales - Souffleries Aérodynamiques

Maquette RoDaVi 1:10

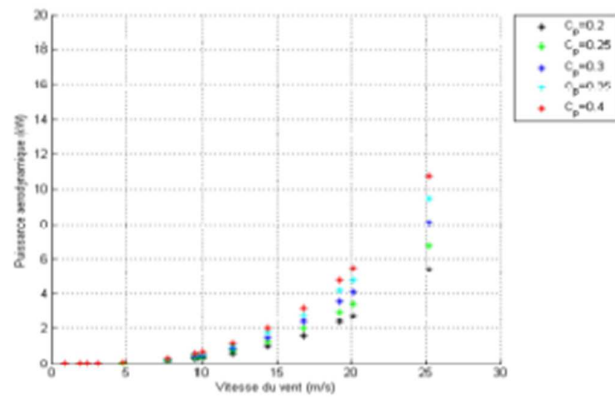
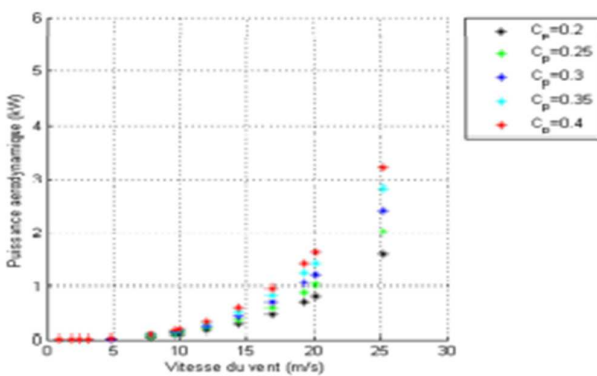
Soufflerie Aérodynamique INSA Rennes



10. Estimation Puissance Echelle Réelle RoDaVi

Eolienne RoDaVi 1:1
Surface Référence Triangulaire

Eolienne RoDaVi 1:1
Surface Référence Conique



Similitude Maquette – Echelle Réelle

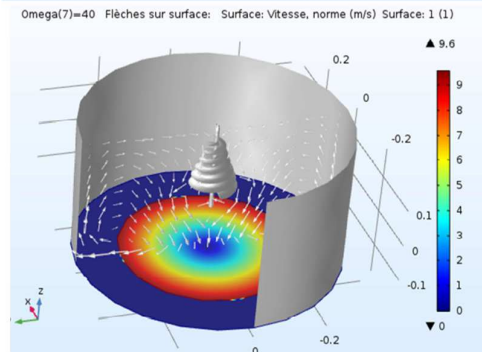
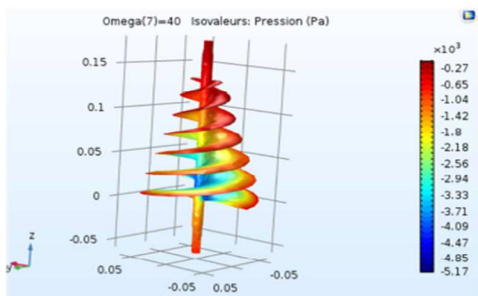
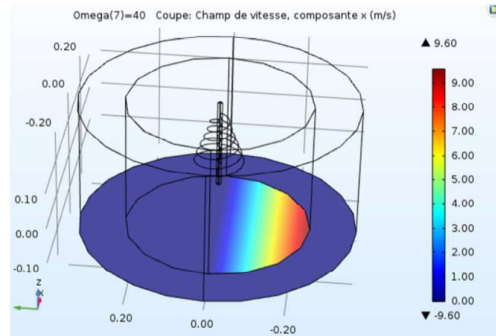
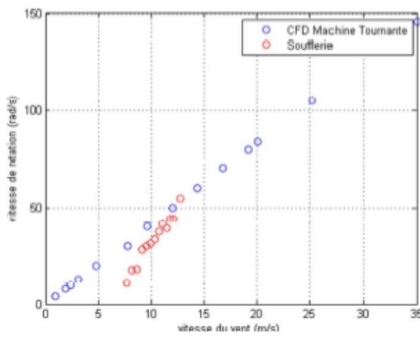
$$Pr = K * Pm; Kth \approx \left(\frac{Rr}{Rm}\right) * \left(\frac{Hr}{Hm}\right)$$

Ici $K = 100$



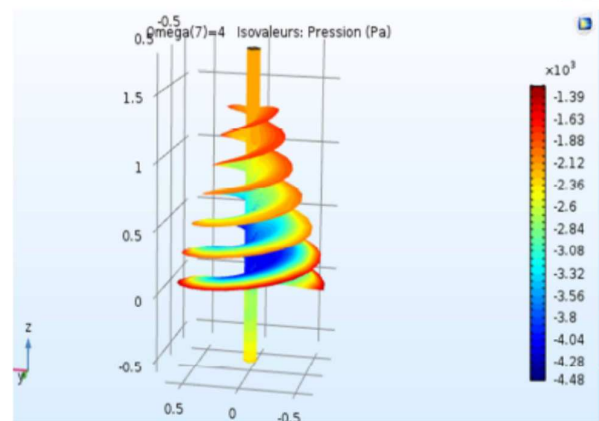
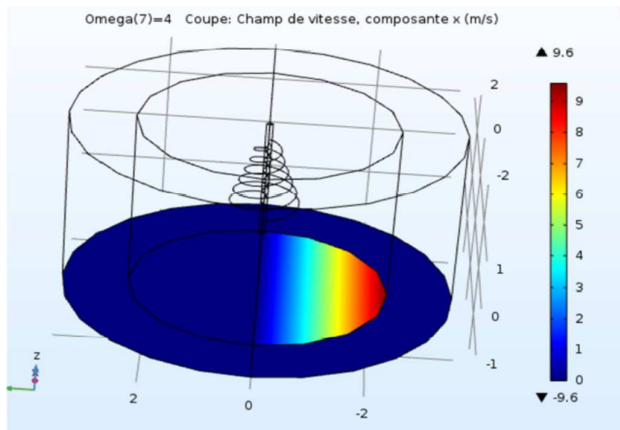
11. Modélisations et Optimisations Numériques

Eolienne Maquette RoDaVi 1:10



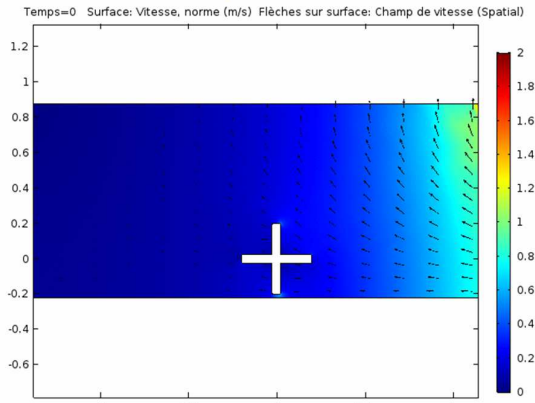
11. Modélisations et Optimisations Numériques

Eolienne Echelle Réelle RoDaVi 1:1

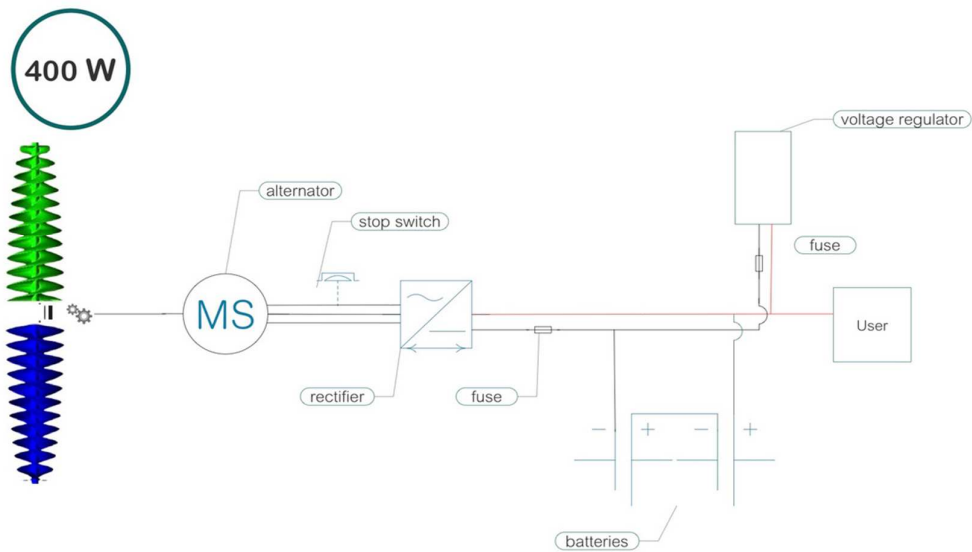


ω (rad/s)	0.4	0.6	1	1.3	2	3	4	5	6	7	8	8.4	10.5	13
Vitesse du vent (m/s)	0.9	1.9	2.4	3.1	4.8	7.8	9.6	12	14.4	16.8	19.2	20.1	25.2	31
C_CFD (N.m)	5.5	20.4	31.8	56.2	172	424	768	1212	1756	2401	3149	3477	5470	8423
P_A_cône (KW)	$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3}$	0.07	0.02	0.06	0.24	0.44	0.87	1.495	2.374	3.543	4.07	8.01	14.9
P_CFD (kW)	0.03	0.09	0.14	0.25	0.77	1.90	3.46	5.45	7.9	10.8	14.17	15.6	24.6	37.9
P_E(KW) = h_c * P_CFD	0.02	0.06	0.08	0.15	0.46	1.13	2.05	3.23	4.7	6.4	8.4	9.25	14.6	22.5

12. Implémentation et Diagnostique - RoDaVi



12. Implémentation et Diagnostique - RoDaVi



Alternator:
400 W
24 V
AC power

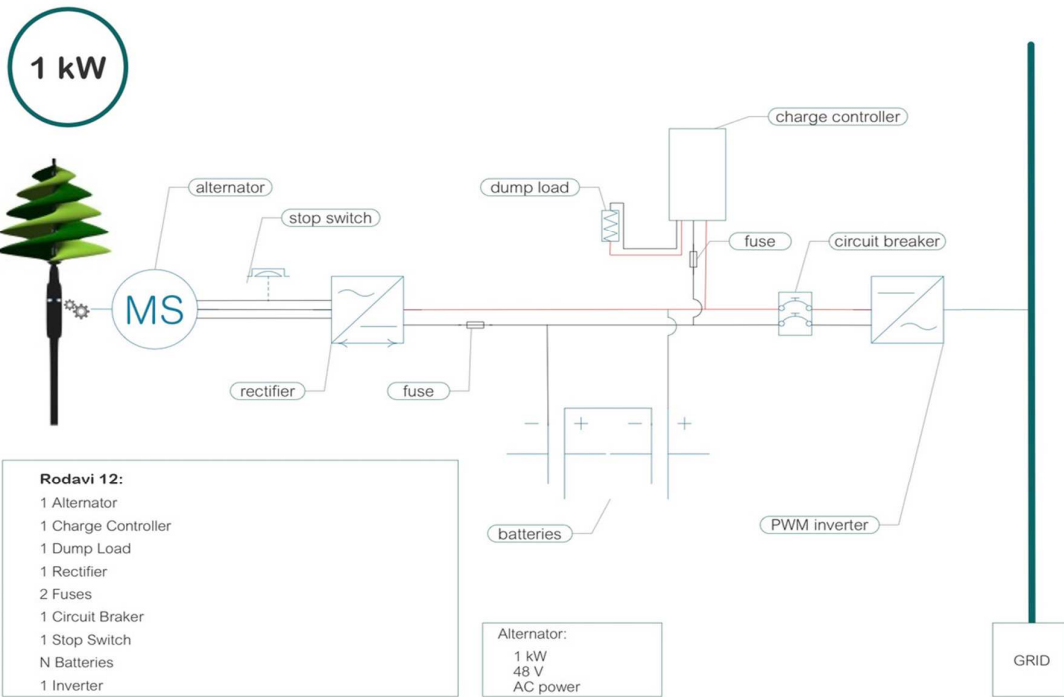
Nameplate:
 $P_N = 400 \text{ W}$, $V_N = 24 \text{ V}$, $I_N = 20 \text{ A}$

Battery type:
Wet Lead Acid (parallel)
48 V - 100 Ah
Wiring AWG 8 for internal
component board connection

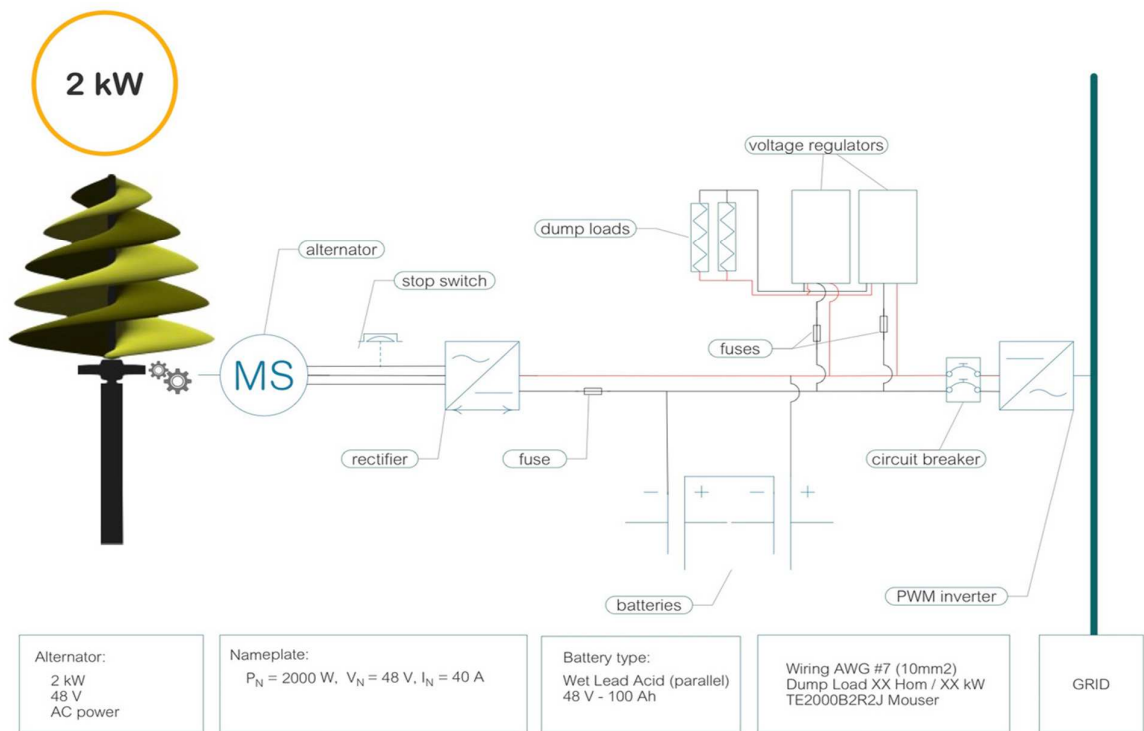
Wiring AWG #14 (2.5mm²)



12. Implémentation et Diagnostique - RoDaVi



12. Implémentation et Diagnostique - RoDaVi



Eolienne Horizontale ou Hydrolienne Eolienne Sans Pales (Vortex Bladeless)



Toulouse
Le premier brevet d'avion à cabine amovible a été approuvé

Boulogne-sur-Mer
Une hydrolienne souple plus performante est testée

Plus tôt qu'utiliser une hélice ou une turbine, les hydroliennes de la société française Est Energy s'inspirent du mouvement de la fanille (eau, en anglais). Elles sont dotées d'une membrane en latex qui ondule dans le courant. Sur cette membrane, des dynamos disposées en ligne convertissent les déformations mécaniques en électricité. Avantage: pour fonctionner à plein régime (et produire 1 MW), elles se contentent de courants deux fois moins rapides. Les essais en conditions réelles débutent ce mois-ci au large de Boulogne-sur-Mer. Une version réduite pour les fleuves est prévue en 2016. S.F.

104 | **LEVI** | FÉVRIER 2016

Éoliennes sans pales : un vent nouveau

Une entreprise espagnole développe un modèle de petit format et sans pales, adapté au milieu urbain.

OuEON - France 30/09/2019

Madrid. De notre correspondant.

Finies les éoliennes aux mâts imposants et aux pales qui tournent (presque) sans relâche ? « Pas encore », estime David Yáñez, un des fondateurs de Vortex Bladeless. L'entreprise espagnole développe, depuis quelques années, un nouveau modèle d'éolienne : un mini-mât vertical, cylindrique et sans pales.

Comme les éoliennes tri-pales, les turbines de Vortex transformant l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, puis électrique. Seul que le dispositif espagnol utilise le phénomène de résonance aérodynamique. À la rencontre des courants d'air tourbillonnaires, le mât oscille en silence sur sa base. « C'est le même principe que la chanson d'opéra qui rompt en verre. Elle met sa voix à la même fréquence que celle du verre, qui éclate. Nos prototypes trouvent les mêmes fréquences que peut avoir le vent, entrant en résonance et produisant de l'électricité », explique le co-fondateur.

Deux modèles (11 m et 2,75 m de haut) sont en développement. Des tailles qui ne permettant pas une production d'énergie similaire aux éoliennes conventionnelles. « On pense qu'en milieu urbain, elles peuvent être, surtout la nuit, un bon complément aux panneaux solaires », dit David Yáñez. Elles nécessitent moins d'entretien, ont un impact visuel et acoustique bien moindre et s'adaptent mieux aux changements de direction du vent en ville. « Surtout, il estime pouvoir baisser de 30 % les coûts de production par rapport à des machines tri-pales de même taille.

Vortex Bladeless, filiale par des fonds privés et des aides de l'Union européenne via le programme Horizon 2020, a été contactée par des grands groupes de l'éolien pour discuter de possibles projets dans le futur.

Baptiste LANGLOIS.



Eolienne "Arbre à Vent" (Multi-RoDaVi?) Climatisation avec Revêtement Polymérique "Transpirant"



Eoliennes Oscillants Sans Pales (Vortex Bladeless)



JE COMPTE FAIRE TRANSPIRER LES IMMEUBLES POUR LES CLIMATISER

SON IDÉE

ALINE ROTZETTER, doctorante au laboratoire des matériaux fonctionnels, Institut fédéral suisse de technologie de Zurich.

Science & Vie: D'où vient cette idée?
Aline Rotzetter: C'est mon directeur de thèse, le bioingénieur Wendelin Stark, qui a ouvert la voie en étudiant l'écoulement gazeux énergétique lié à la climatisation. Il est toujours utile de se pencher sur les solutions de Dame Nature pour résoudre un problème. Or, le phénomène de transpiration n'est rien d'autre qu'un procédé de refroidissement par évaporation! La sueur excrétée par la peau s'évapore progressivement, et cette phase d'évaporation extrait la chaleur du corps humain.

S&V: Mais comment un bâtiment pourrait-il transpirer?
A.R.: En le recouvrant, en guise de peau, d'un polymère très particulier: le Poly (N-isopropylacrylamide), alias PNIPAm. Sa caractéristique est d'être "thermo-répondant", au sens où il change brusquement de propriétés à partir d'une certaine température. En occurrence, le PNIPAm passe de l'état hydrophile à hydrophobe aux alentours de 32 °C. Ainsi, au-dessous de cette température, le matériau accueille et stocke les eaux de pluie dans toute son épaisseur telle une éponge. Mais quand vient la canicule, il repousse cette eau vers la surface, lui permettant ainsi de s'évaporer: c'est ainsi que le bâtiment est refroidi. Le principe est le même que celui de la transpiration humaine, et il n'a pas besoin d'électricité.

S&V: Et ça marche?
A.R.: Plutôt bien! Nous avons testé le dispositif sur une maquette de maison miniature au toit recouvert de polymère. Soumis à un rayonnement intense (1000 W/m²) simulant un soleil de plomb, le PNIPAm a permis d'abaisser la température de 60 °C à 35 °C! Une couche de 3 à 5 mm d'épaisseur suffit... D'après nos calculs, un foyer versait ainsi sa consommation d'énergie réduite de 60 %. Il

La transpiration, qui s'observe chez les humains et nombre de mammifères, s'avère un moyen particulièrement simple et efficace d'évacuer la chaleur corporelle. Un processus qui nous permet, entre autres, de survivre en milieu aride, sous plus de 40 °C à l'ombre. Dès lors, pourquoi ne pas s'en inspirer pour climatiser nos immeubles à moindre coût énergétique?

Nous reste à le tester en grandeur nature, de la maison individuelle au gratte-ciel.

S&V: Mais cette technologie s'accorde-t-elle à tous les types de climat?
A.R.: Vous avez raison: notre idée est plutôt adaptée aux climats tropicaux, où il pleut quotidiennement. De fait, la transpiration des bâtiments réclame d'assez grandes quantités d'eau (3 l/m² pour répondre à un après-midi caniculaire). Mais, sous d'autres latitudes, il suffirait à la rigueur d'arrosar tous les matins ce revêtement.

S&V: Quelles perspectives s'offrent à cette climatisation?
A.R.: Nous n'avons pas breveté notre invention, ce qui permettra aux pays en voie de développement – là où la climatisation pose un véritable problème énergétique – de l'utiliser librement. D'autant que notre matériau s'annonce bon marché...

Propos recueillis par V.N. TENDRIBELLS

54 | **LEVI** | DÉCEMBRE 2012



- Forte valeur ajoutée de l'innovation technologique actuelle pour l'usage des sources d'énergies renouvelables domestiques.
- Possibilité d'usage des éoliennes à l'axe verticale dans un contexte individuel en complémentarité avec le photovoltaïque et la cogénération.
- Bonne compromis de l'investissement et du rendement énergétique pour une consommation quotidienne autour de 6KWh.
- L'emploi de la domotique pour une meilleure maîtrise et optimisation de la consommation énergétique domestique.
- Concernant l'éolienne RoDaVi proposé par la société Aircraftfed :
 - *Commercialisation à moyenne et grande échelle possible d'ici environ deux ans.*
 - *Applications: maisons individuels, petites et moyennes bâtiments (publiques, associatives, privés), bateaux de plaisances, autonomie énergétique des drones, ...*

Merci Pour Votre Attention !

REFERENCES

- [1] F. Minio-Paluello, Rotor Eolien Hélicoïdal à Profil Aérodynamique (Helicoïdal Wind-Power Rotor With Aerodynamic Profile), Brevet International, WO 2019/034225 A1, Dépôt 13 août 2017, Publication 21 février 2019
- [2] P. Baron, M. Lemaitre, J. Mosset, Conception et optimisation d'une éolienne innovante, Rapport de Projet Industriel 5ème année GMA 2016-2017, INSA Rennes, Co-encadrement : A. Gavrus (INSA Rennes) et M. Buisson (Univ. Rennes 1), 2017
- [3] M. Ndoye, Analyse Théorique, Etude Numérique CFD et Validation Expérimentale en vue d'Optimisation des Performances Aérodynamiques et Energétiques d'un Rotor Eolien Innovant RoDaVi, Rapport Master 2R - Modélisation, Calcul Scientifique et Applications, MCSA-UR1, Responsable: A. Gavrus (LGCGM INSA Rennes - EA3913), Co-Encadrant: M. Buisson (IPR - CNRS UMR 6251, Univ. Rennes 1), France, 2017
- [4] L. Beaudet, Etude expérimentale et numérique du décrochage dynamique sur une éolienne à axe vertical de forte solidité, Thèse Doctorat, Univ. de Poitiers, 2014
- [5] N. Badea, Wind Energy, Univ. Foundation Ed. of Univ. UDJG, Galati, Romania, 2015
- [6] A. Betz, Windenergie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen, Vandenhoeck & Ruprecht, 1926
- [7] L. F. Giulitti, Indagine sperimentale delle prestazioni aerodinamiche ed elettriche per differenti configurazioni di una turbina eolica, Master Thesis, Univ. Sapienza, Roma, Italia, 2018-2019
- [8] <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/jeunes-enseignants/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite> (<https://www.dailymotion.com/video/x2r20px>)