



**des éoliennes dans  
la vallée du Rhône**

***Un peu d'air frais !***

*Rotary-Club Lausanne*

*4 janvier 2011*



**J-M. Rouiller, SI Lausanne,  
administrateur de RhônEole SA**

# Thèmes survolés !

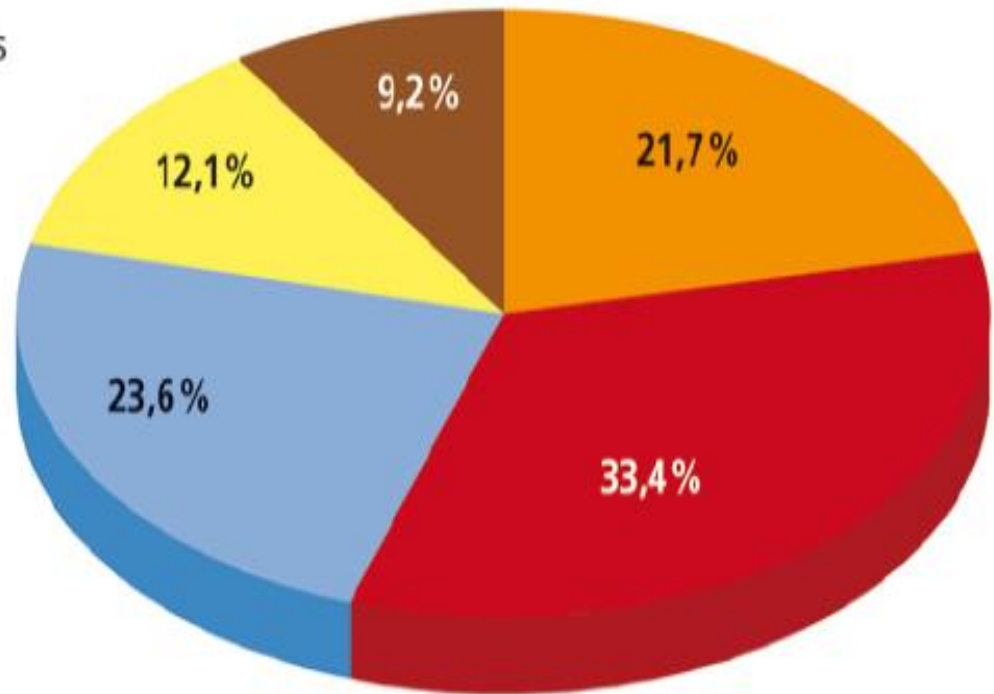
---

- **La situation énergétique en Suisse**
- **La production d'électricité renouvelable, ... et de source éolienne**
- **Le Parc « RhônEole »**
- **Les points forts de la réalisation**
- **L'exploitation et la production**

*et des réponses à vos questions !*

Aufteilung des Endverbrauchs nach Energieträger  
 Répartition de la consommation finale selon les agents énergétique

- Erdölbrennstoffe – Combustibles pétroliers
- Treibstoffe – Carburants
- Elektrizität – Electricité
- Gas – Gaz
- Rest – Reste



Source : Office fédéral de l'énergie

Quelle: BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2009  
 Source: OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2009

# Consommation d'énergie en Suisse (2009)

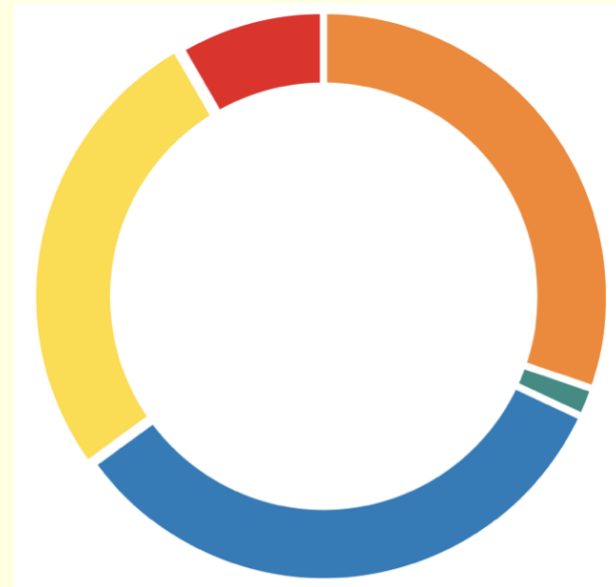
## Énergie

*Rappel*

## Électricité

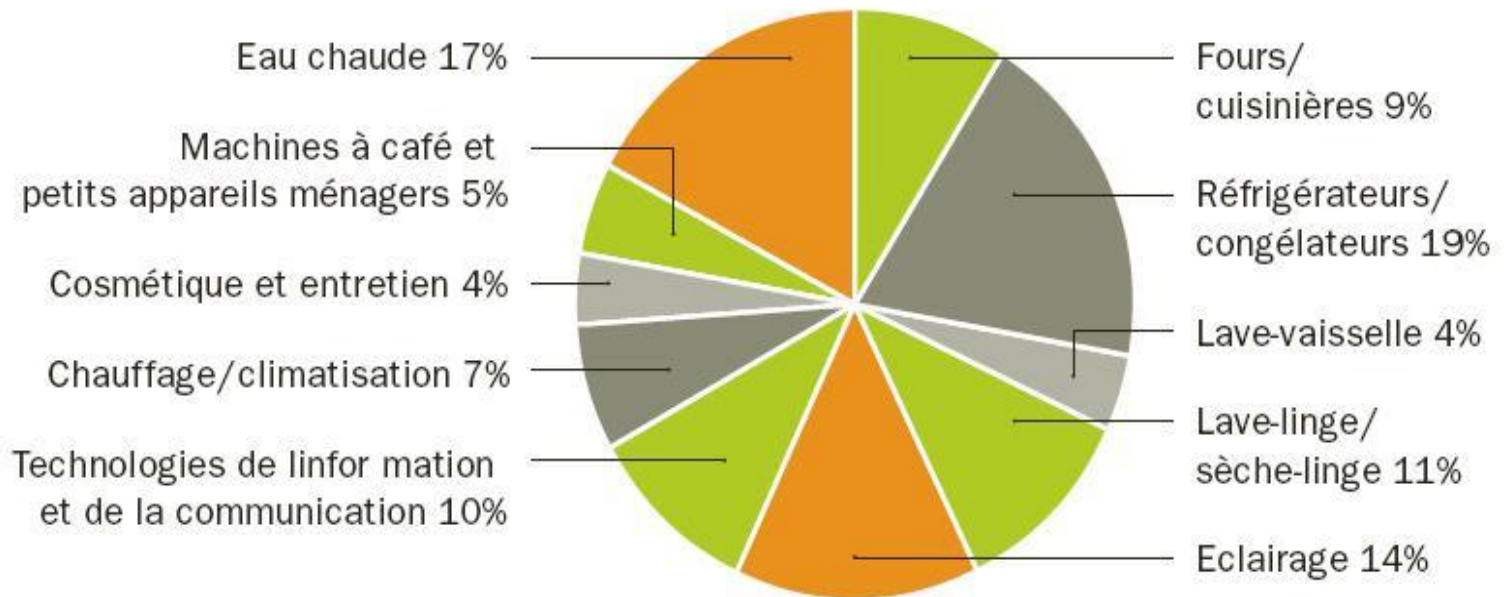


- Electricité 23.5%
- Gaz 12.3%
- Autres 9.1%
- Combustibles 22%
- Carburants 33.1%



- Ménages 30.5%
- Agriculture 1.7%
- Industrie et artisanat 32.8%
- Services 26.8%
- Transports 8.2%

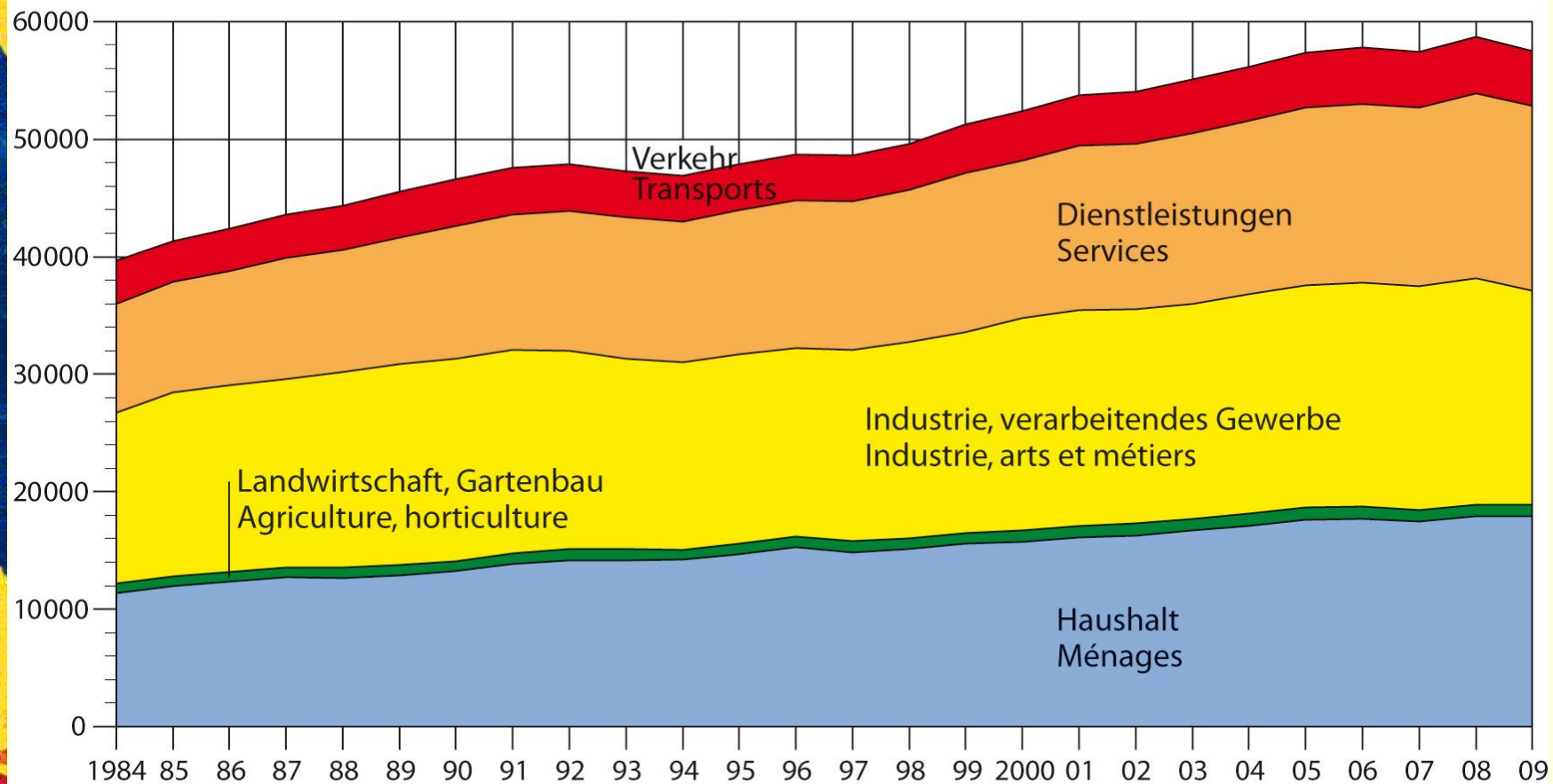
## Répartition de la consommation d'électricité des ménages en Suisse (chauffages électriques et pompes à chaleur non compris)



Source: enquête de l'AES sur la consommation 2005

Source : Office fédéral de l'énergie

Stromverbrauch der Verbraucherkategorien der Schweiz seit 1984 in GWh  
 consommation finale d'électricité selon les consommateurs depuis 1984 en Gwh

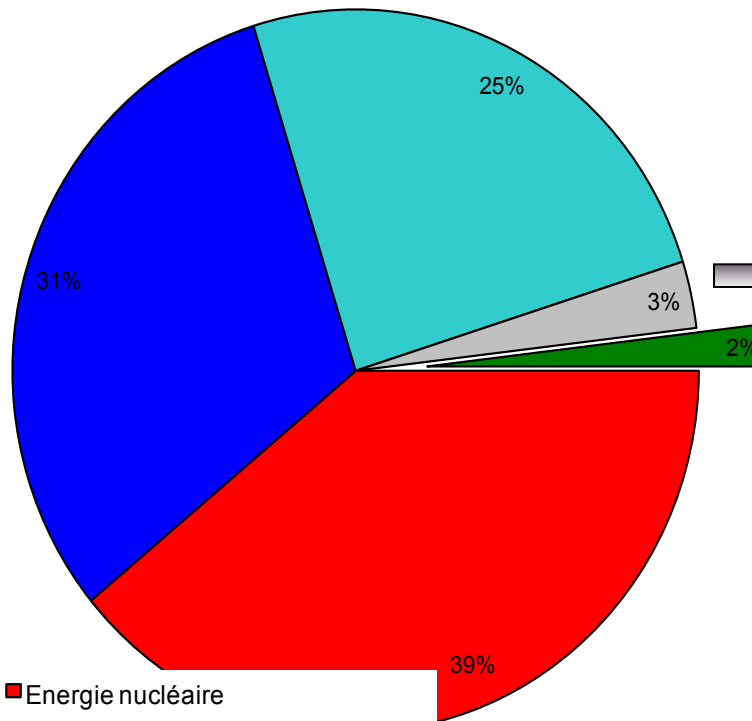


Quelle: BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2009  
 Source: OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2009

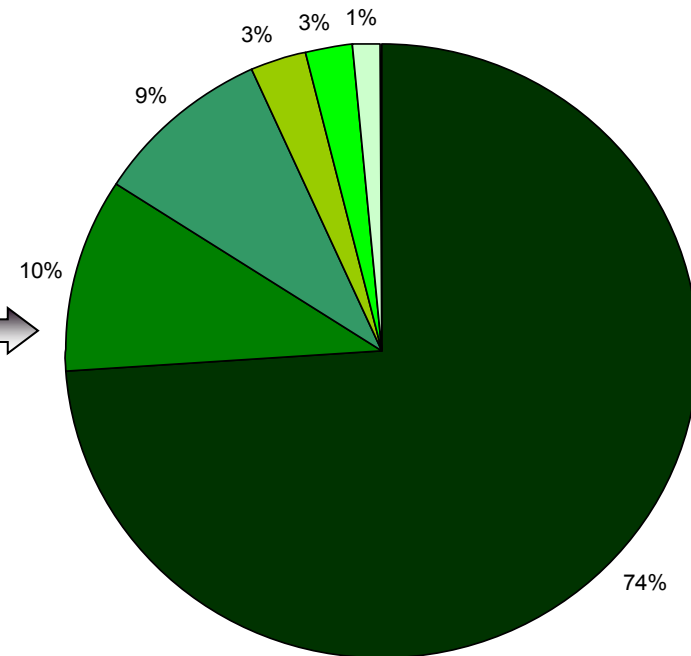
# Production d'électricité Suisse (2009)

Production d'électricité suisse

dont nouvelles énergies renouvelables

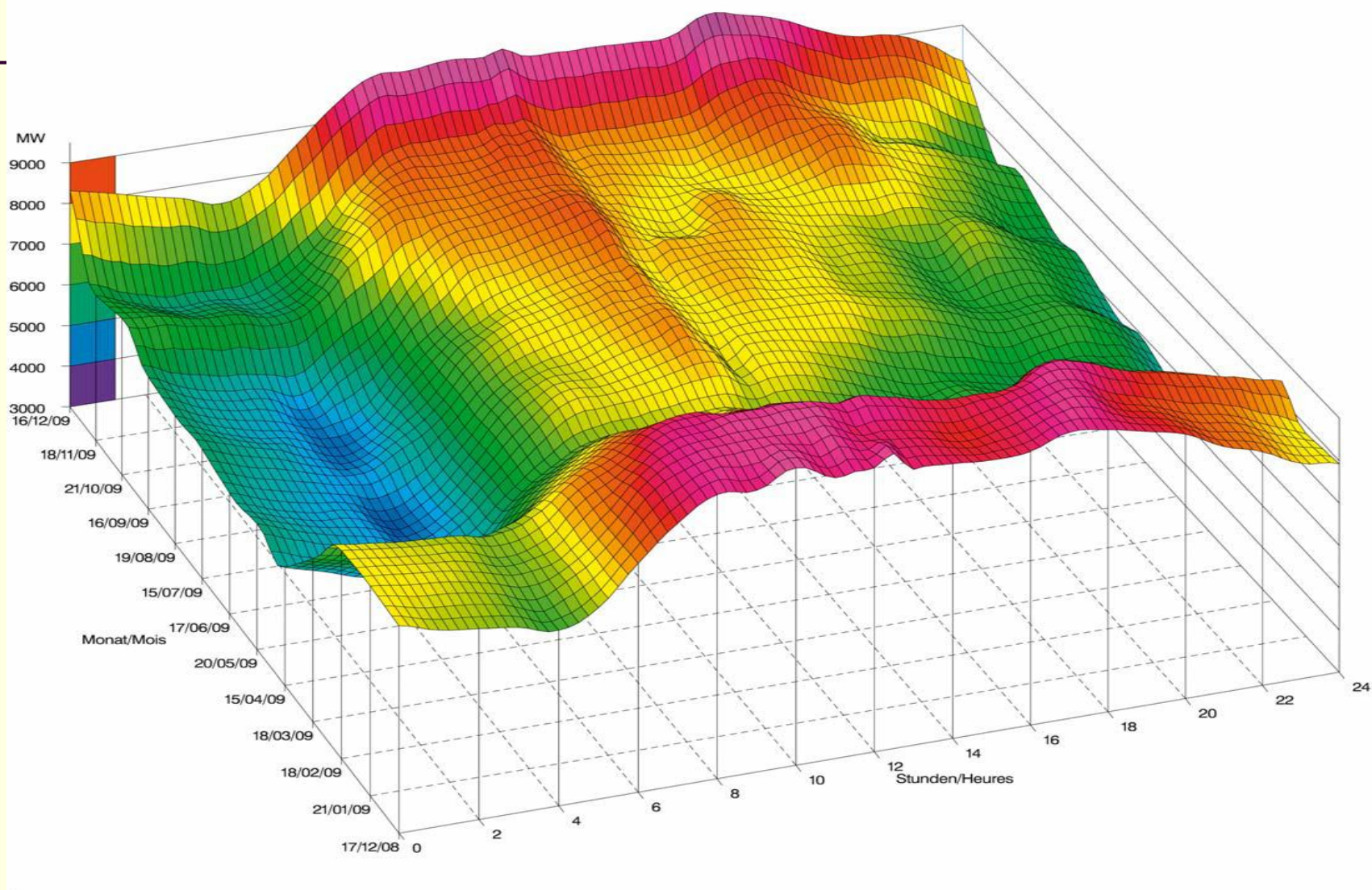


- Energie nucléaire
- Centrales à accumulation
- Centrales au fil de l'eau
- Divers
- Nouvelles énergies renouvelables



- Part issue des déchets
- Biomasse
- Part issue des eaux usées
- Energie photovoltaïque
- Biogaz
- Energie éolienne

Belastungswerte 2009 der schweizerischen Elektrizitätswerke  
 Charge horaire et mensuelle des centrales électriques suisses en 2009



Quelle: BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2009  
 Source: OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2009



# Les **E**nergies **R**enouvelables selon RPC

- **Centrales** hydroélectriques → 10 MW<sub>P</sub>théorique
  - **Solaire** photovoltaïque et photothermique
  - **Eolienne**, valorisation de l'énergie du vent
  - **Biomasse**, centrales à biogaz, déchets animaux et forestiers, bois, gazéification ...
  - **Géothermie**, chaleur provenant du sous-sol
  - Incinération des **déchets** (50 % « renouvelable »)
- 
- ✓ 2 % de la production électrique suisse en 2009
  - ✓ Demande croissante de la clientèle
  - ✓ Marché de niche, produits qu'un distributeur « doit avoir »



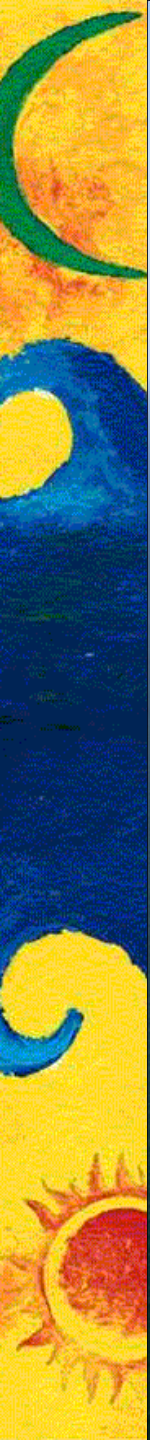
Aurich (D)  
Eolienne de  
présentation,  
600 kW,  
site régional  
d'observation







■ Enercon E126, 7.5 MW - axe à 135 m - Enercon E101, 3 MW

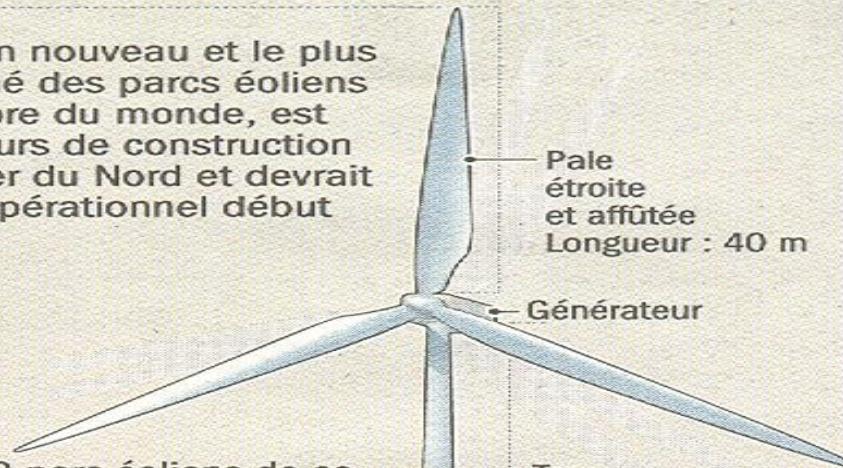


## INFOGRAPHIE DU JOUR

# Pays-Bas: parc éolien en pleine mer

- 98 m

Q7, un nouveau et le plus éloigné des parcs éoliens offshore du monde, est en cours de construction en Mer du Nord et devrait être opérationnel début 2008



► 5 à 10 parcs éoliens de ce genre vont probablement être construits dans les 5 prochaines années

- 15 m

0 m

Niveau de la mer

**Pile sous-marine**

- 25 m

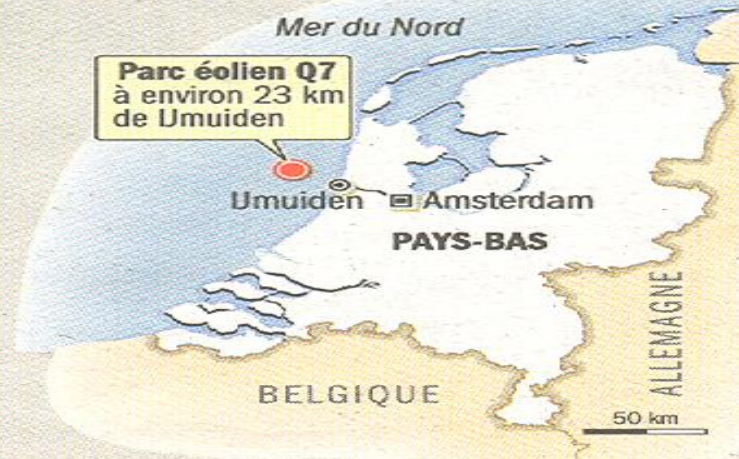
Poids: 320 t  
Longueur: 50 m  
Largeur: 4 m

Pile ancrée à 25 m de profondeur dans le sol

- 50 m

Les dessins ne sont pas à l'échelle

Source: Q7/Reuters



### DÉTAILS DU Q7

► Coût:	663 millions de francs
► Début des travaux:	2006 (2 <sup>e</sup> moitié)
► Mise en service attendue:	2008 (1 <sup>er</sup> trimestre)
► Générateurs:	60 turbines
► Puissance:	120 MW
► Surface:	14 km <sup>2</sup>
► Production d'énergie annuelle:	435 GWh
► Economie d'émissions de CO <sub>2</sub> :	225 000 tonnes par an
► Alimentation:	125 000 foyers

# La production éolienne mondiale en 2009

- 340'000 GWh en 2009
  - ~2 % de la production mondiale d'électricité
  - 5 fois la production suisse totale
  - couvrent la consommation de ~ 90 millions de ménages
- Puissance mondiale installée 2009 = 160'000 MW
- La moitié de cette puissance est installée en Europe
 

Allemagne	25'777 MW	~23'000 éoliennes
Espagne	19'149 MW	
Danemark	3'465 MW	
<b>Europe</b>	<b>76'152 MW</b>	

~ 3% de la production européenne d'électricité

...

**Suisse (2010)      ~ 42 MW      28 éoliennes !**



# La production éolienne mondiale en 2009

## ■ Etats-Unis

- Puissance installée totale en 2009 : 35'000 MW
- Puissance installée durant l'année 2009 : 10'000 MW
- Couvrent 2% de la production électrique américaine
- Alimente 10 millions de foyers

## ■ Chine

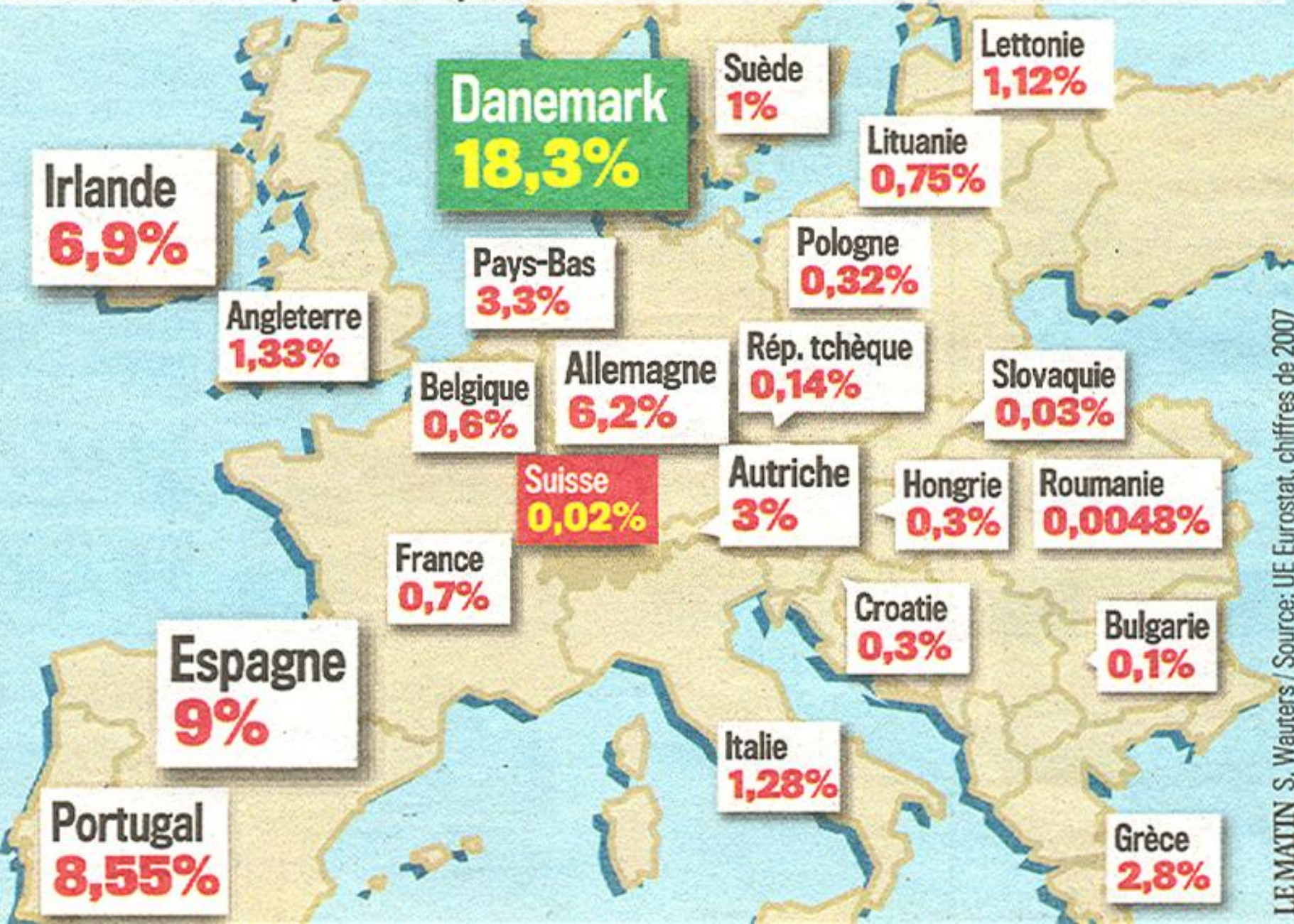
- Puissance installée totale en 2009 : 26'000 MW
- Puissance installée durant l'année 2009 : 14'000 MW
- **Nombre d'éoliennes installées durant l'année 2009 : ~7000 !**

## ■ Inde

- Puissance installée totale en 2009 : 11'000 MW
- Puissance installée durant l'année 2009 : 1'300 MW

**La production mondiale double tous les 3 ans !**

Les chiffres représentent la part des éoliennes dans la production d'électricité des pays européens.



# La production éolienne en Suisse

## Sites principaux

■	Mont-Crosin	(BE)	16 éoliennes	23.6 MW	40 GWh/an 2011
■	Le Peuchapatte	(JU)	3 éoliennes	6.9 MW	15 GWh/an 2011
■	Gütsch	(UR)	3 éoliennes	2.4 MW	3.3 GWh/an 2011
■	St-Brais	(JU)	2 éoliennes	4.0 MW	~ 4 GWh/an 2010
■	Feldmoos	(LU)	1 éolienne	0.9 MW	1.4 GWh/an 2010
■	<b>Collonges</b>	<b>(VS)</b>	<b>1 éolienne</b>	<b>2.0 MW</b>	<b>4,8 GWh/an 2010</b>
■	<b>Martigny</b>	<b>(VS)</b>	<b>1 éolienne</b>	<b>2.0 MW</b>	<b>5.4 GWh/an 2010</b>

## Production en 2009 : 22.3 GWh

- 0,03 % de la production suisse d'électricité
- Couvre la consommation de 6'200 ménages

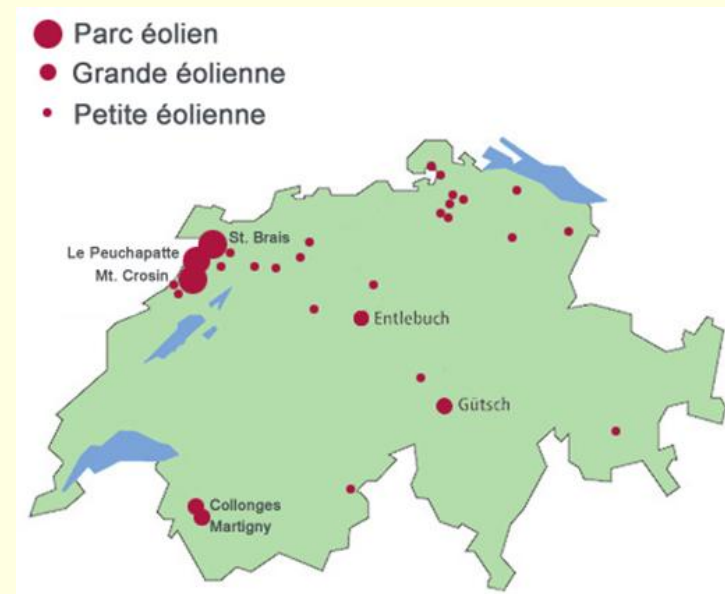
## Production attendue en 2011

(basée sur la puissance installée fin 2010 de 43 MW) : 74 GWh

- 0,1 % de la production suisse d'électricité
- Couvre la consommation de 21'000 ménages

## Horizon 2030 (concept d'énergie éolienne pour la Suisse) : 600 GWh

- 1 % de la production suisse d'électricité
- 300 MW de puissance installée, soit environ 150 éoliennes

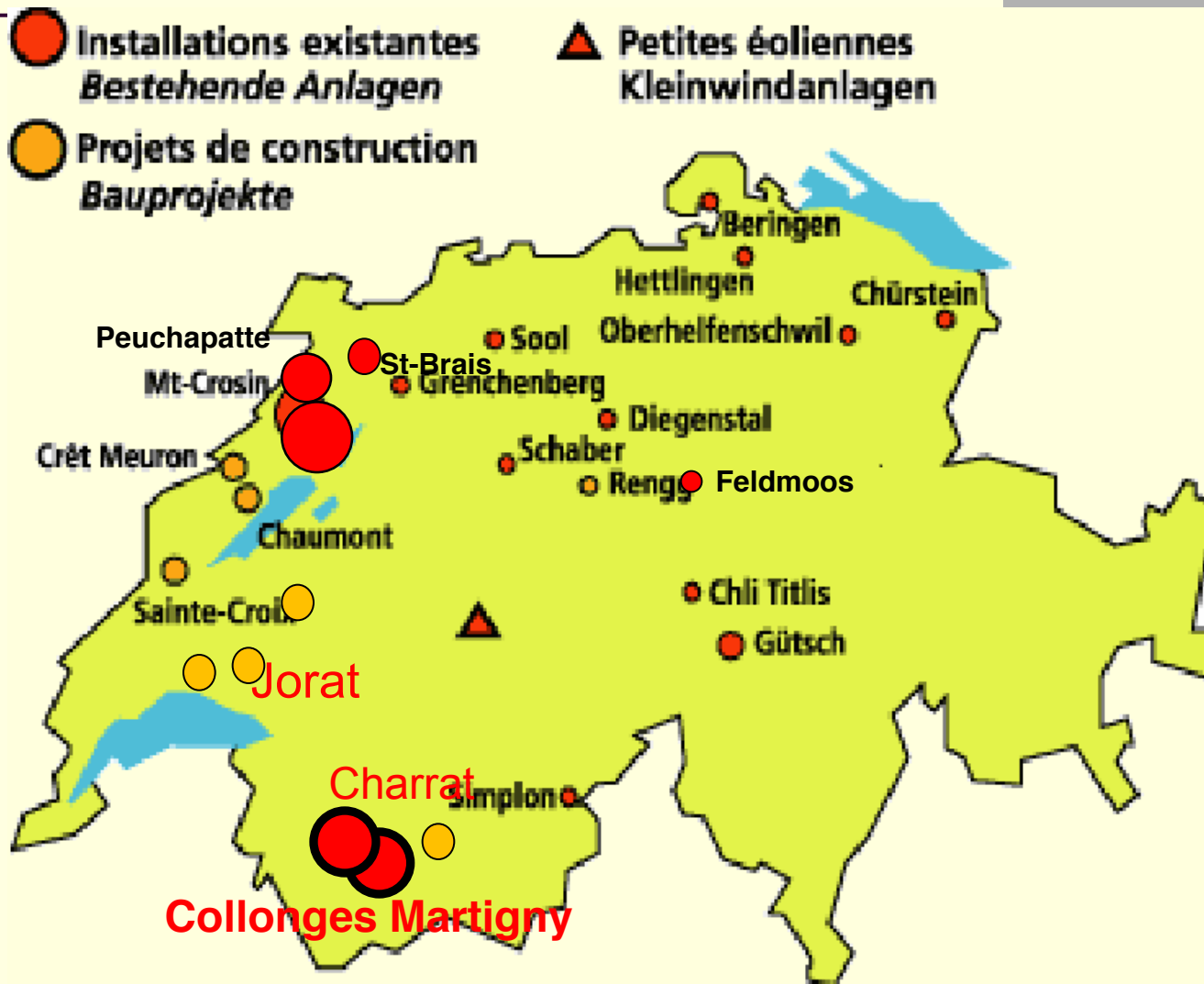


# Les projets éolien en Suisse

## ■ Sites en projet (~300 éoliennes ... dans l'air)

- |   |      |           |                            |              |
|---|------|-----------|----------------------------|--------------|
| ■ Crêt-Meuron (NE)                                    | 7    | éoliennes | procédure au TF terminée   | 14 GWh/an    |
| ■ Sainte-Croix (VD)                                   | 5-8  | éoliennes | procédure en cours         | 14 GWh/an    |
| ■ Schwyberg (FR)                                      | 9-10 | éoliennes | mesures en cours           | ~ 40 GWh/an  |
| ■ Martigny (VS)                                       | +2   | éoliennes | Plan Affectation Spécial   | ~ 9 GWh/an   |
| ■ Collonges (VS)                                      | +2   | éoliennes | procédure en cours au TF   | ~ 11 GWh/an  |
| ■ Charrat (VS)  | 1-5  | éoliennes | autorisation de construire | ~ 4.2 GWh/an |
| ■ EolJoux (JU)  | 7    | éoliennes | procédure en cours         | ~ 55 GWh/an  |
| ■ EolJorat N+S (VD)                                   | 13   | éoliennes | études en cours            | ~ 135 GWh/an |
| ■ Sanetsch, Grimsel, Grand-St-Bernard, Haut-Valais... |      |           |                            |              |
| ■ et plusieurs autres sites ...                       |      |           |                            |              |

# La production éolienne en Suisse



# Les éoliennes du Gütsch, 2332 m s.m.

600 kW, 2x900 kW, 3,2 GWh/an



# Les objectifs de la Confédération

- Programme éolien de SuisseEnergie 2004
- En 2010, 1 % de la production nationale devra provenir des ER (dix fois plus qu'en 2004)
- 5 à 10 parcs d'éoliennes en service d'ici à 2010
- Production éolienne annuelle 2010 prévue :  
entre 50'000 et 100'000 MWh (74'000 MWh prévus en 2011)
- Couverture de la consommation de 12'500 à 25'000 ménages
- En 2030, la production d'énergie éolienne devrait atteindre  
600 GWh, 150'000 ménages
  
- De par son caractère aléatoire, l'éolienne ne remplace pas une centrale de production classique (nucléaire, à charbon, à gaz, etc.)
- Elle permet une économie de combustible et une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et de NO<sub>x</sub>

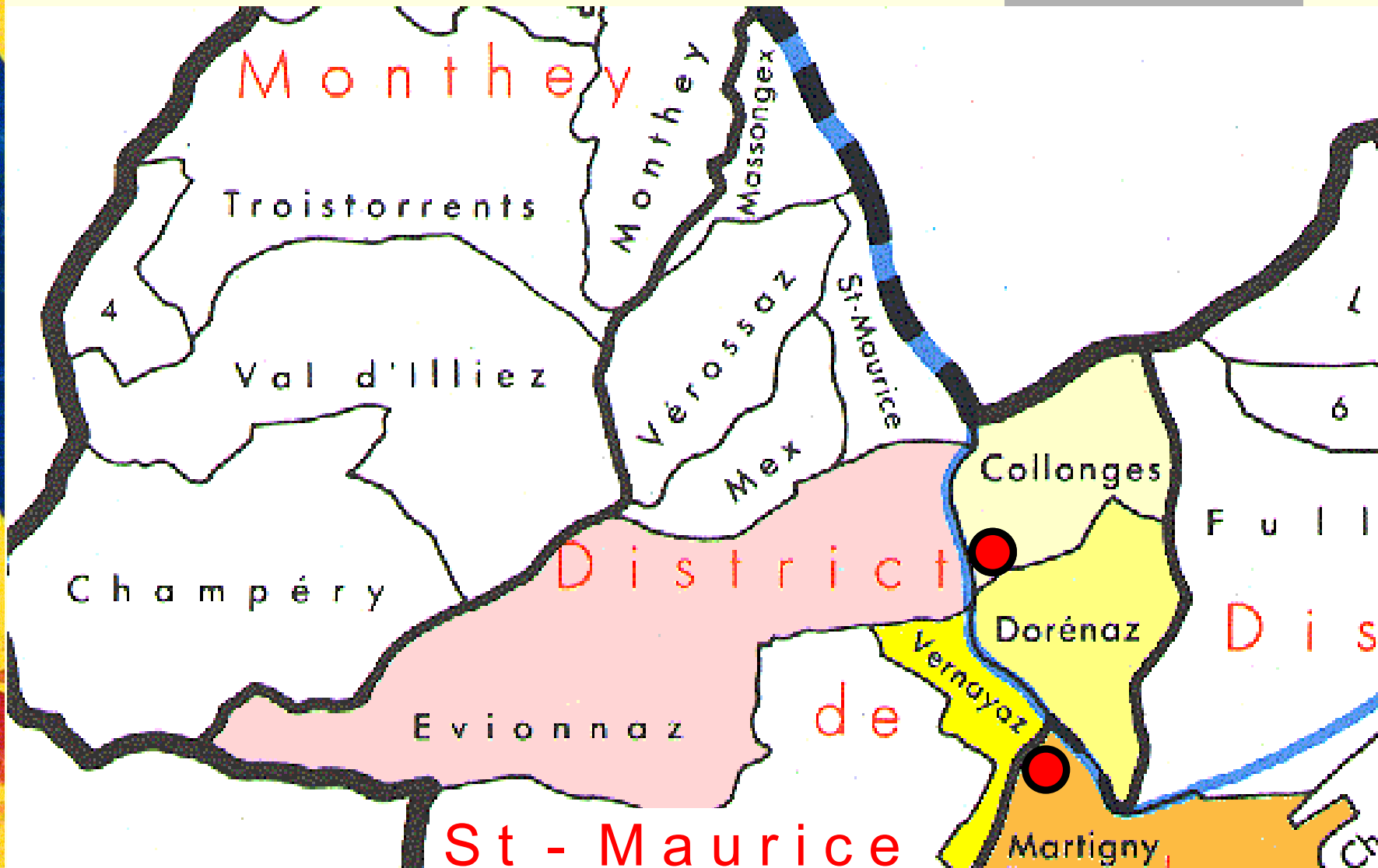
# De l'idée au premier kWh !

## Rhôneéole SA





# Partenariat autour du projet



# Ce que représentent les projets d'éoliennes de RhônEole



- Un projet collectif et un partenariat assurant sa maîtrise et ses retombées au plan local
- Une étape dans la mise en oeuvre d'un vrai projet de développement durable, basé sur la mise en valeur des ressources du territoire local et régional
- Une démarche de planification « exemplaire »
- Un futur centre d'information sur les énergies

# Les parcs d'éoliennes de RhônEole



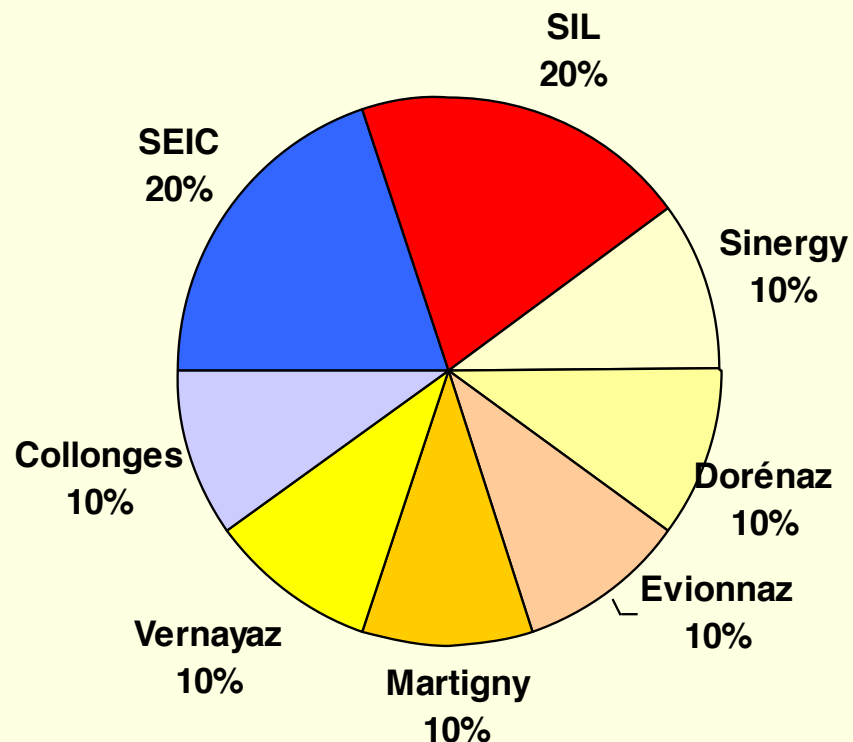
- L'énergie éolienne: un nouveau défi après la mise en valeur du potentiel hydroélectrique du Valais, avec une technologie en plein développement
- Une contribution concrète à la promotion et à la diversification des énergies renouvelables en Suisse
- Une réponse **modeste** mais **intelligente** aux défis posé par l'épuisement des ressources pétrolières, gazières et à l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>
- *4-5 éoliennes de ce type sont nécessaires chaque année pour alimenter les nouveaux clients des SI Lausanne !*

# RhônEole SA, société d'exploitation



Constituée le 27 juin 2005

## Capital-actions de 2'250'000 CHF



Planification: Bureau d'ingénieurs KohleNusbaumer, Lausanne

# Valorisation de l'énergie

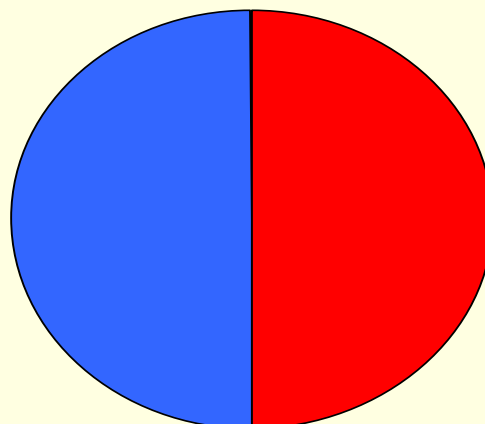
- Les coûts de production sont similaires à ceux des centrales hydroélectriques de même puissance, 3-4 fois inférieurs à ceux du solaire photovoltaïque !

- Cette énergie est certifiée



**Répartition de l'énergie 2010 de l'éolienne Cime-de-l'Est  
4'800'000 kWh → ~2400 h pleine charge !**

**SIL 50%**  
**~2'400'000 kWh**



**SEIC 50%**  
**~2'400'000 kWh**

# Aspects économiques Mont d'Ottan

---

- Investissement : 5.5 millions CHF
- Production annuelle attendue :> 5.0 millions de kWh
- Production 2010 : 5.4 millions de kWh
- Prix de revient du kWh : 18-20 ct/kWh
- Durée de vie : 20 ans ... au moins ! ?

... et lorsque cette technologie sera obsolète,  
on démontera les installations !

# Petites éoliennes ... ... ou grandes éoliennes ?



# Quelques grandes éoliennes ...

- Pour obtenir la même production qu'une éolienne de 100 m de haut (5'000'000 kWh/an) ...

© Suisse Eole





... ou beaucoup de petites ?

- ... il faut environ 200 éoliennes de 30 m de haut !!!

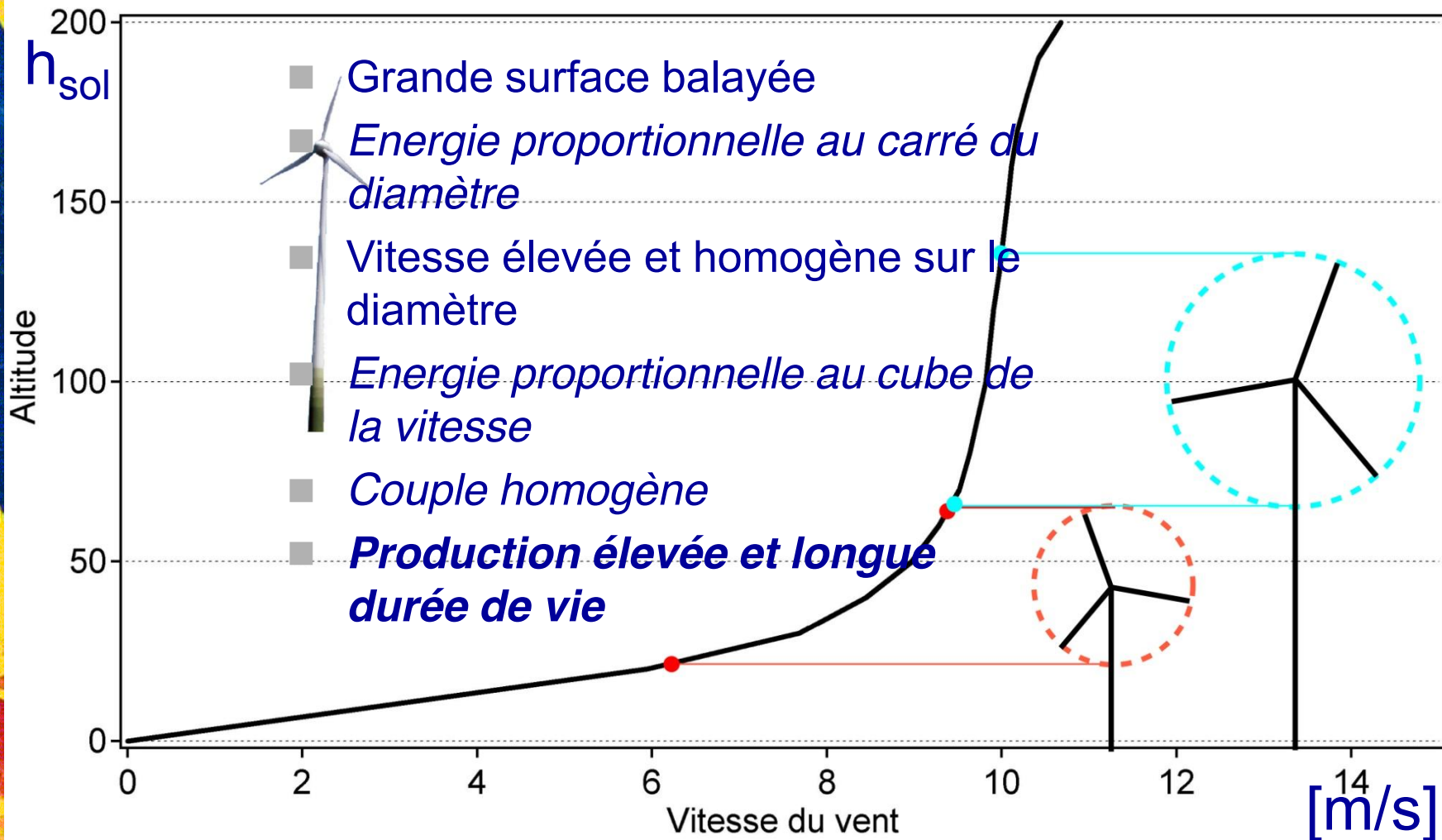
© Suisse Eole



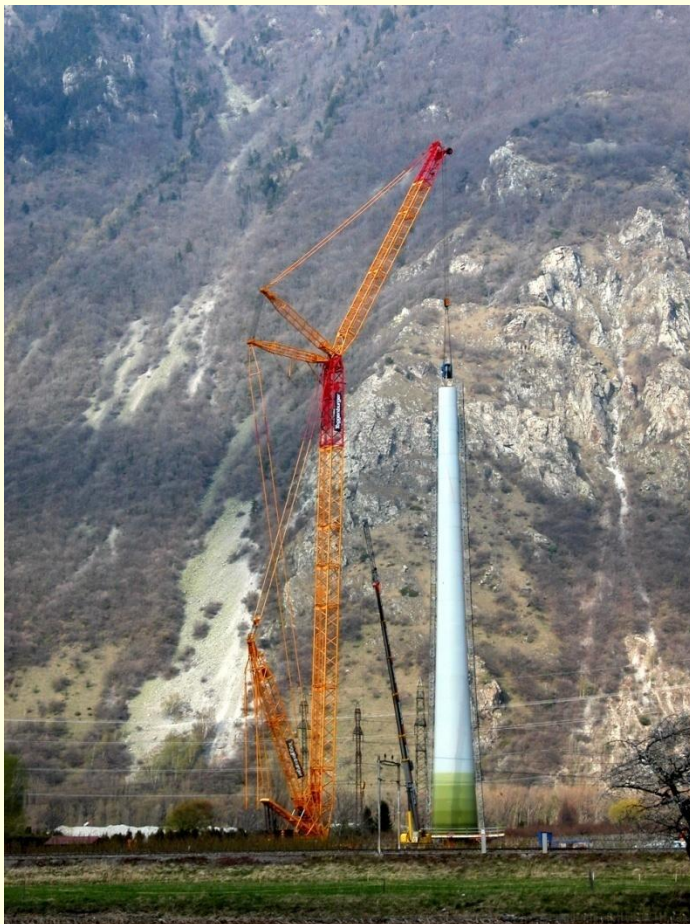
# Alors pourquoi de grandes éoliennes ?

- Pour éviter la dissémination des éoliennes dans le paysage
- Pour bénéficier des meilleures technologies industrielles
- Pour réduire les coûts de production, les grandes éoliennes produisant un courant nettement moins cher que les petites, grâce à l'effet de taille ...
- ... et pour profiter des meilleures vitesses de vent !

# Pourquoi une hauteur de 100 m ?



# Le Projet « Mont d'Ottan »



# Mont d'Ottan

- **Eolienne à axe horizontal ENERCON E-82**
- Rotor tripales à vitesse variable, sans multiplicateur, nouveau profil
- Mât conique de 73 m béton + 25 m acier
- Diamètre du rotor 82 m
- Puissance 2'050 kW (2700 CV) 2071 kW vérifiés !
- Emissions sonores très faibles
- Coût total 5.5 millions de francs
- Durée d'exploitation prévue 20 ans
- Retour d'expérience :  
plus de 3000 appareils similaires en service (~  
12'000 éoliennes produites par Enercon)



# Plus d'informations techniques (1)

- **Eolienne à axe horizontal ENERCON E-82**
- Surface balayée 5'281 m<sup>2</sup>
- Rotation nacelle +/- 2.5 tours
- Vitesse de démarrage 2.3 m/s, 8.3 km/h
- Vitesse de rotation 6 – 19,5 t/m (13 Hz max)
- Vitesse en bout de pales 290 km/h
- Puissance nominale 2 MW à 12 m/s, 39 km/h
- Vitesse d'arrêt 28-34 m/s, 100-122 km/h
- Tenue aux rafales 220 km/h



# PluS d'informations techniques (2)

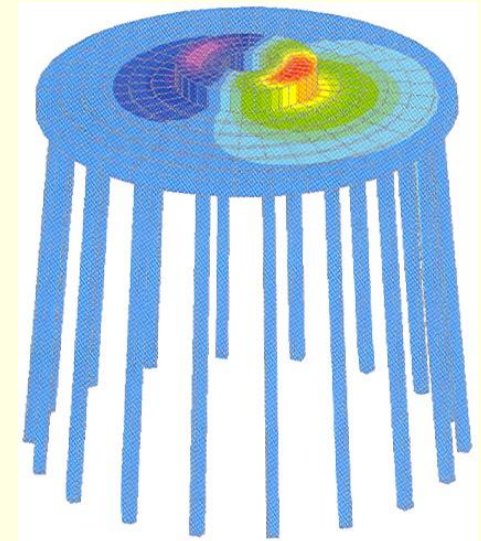
- **Eolienne à axe horizontal ENERCON E-82**
- Alternateur synchrone 72 pôles, triphasé 460 V
- Redressement
- 7 convertisseurs DC-AC de 300 kW/400V/50Hz
- 700 capteurs de mesures
- Plus de 2000 paramètres contrôlés
- Télégestion Enercon SCADA
- Centre de surveillance de Magdeburg
- Interventions depuis la Forêt-Noire



# Les fondations



Type : béton armé, 42 t de fer  
Surface : 200 m<sup>2</sup>  
Volume : 400 + 200 = 600 m<sup>3</sup>  
Pieux : 37 pieux x 17 m x 0.65 m  
: (200 m<sup>3</sup> de béton)





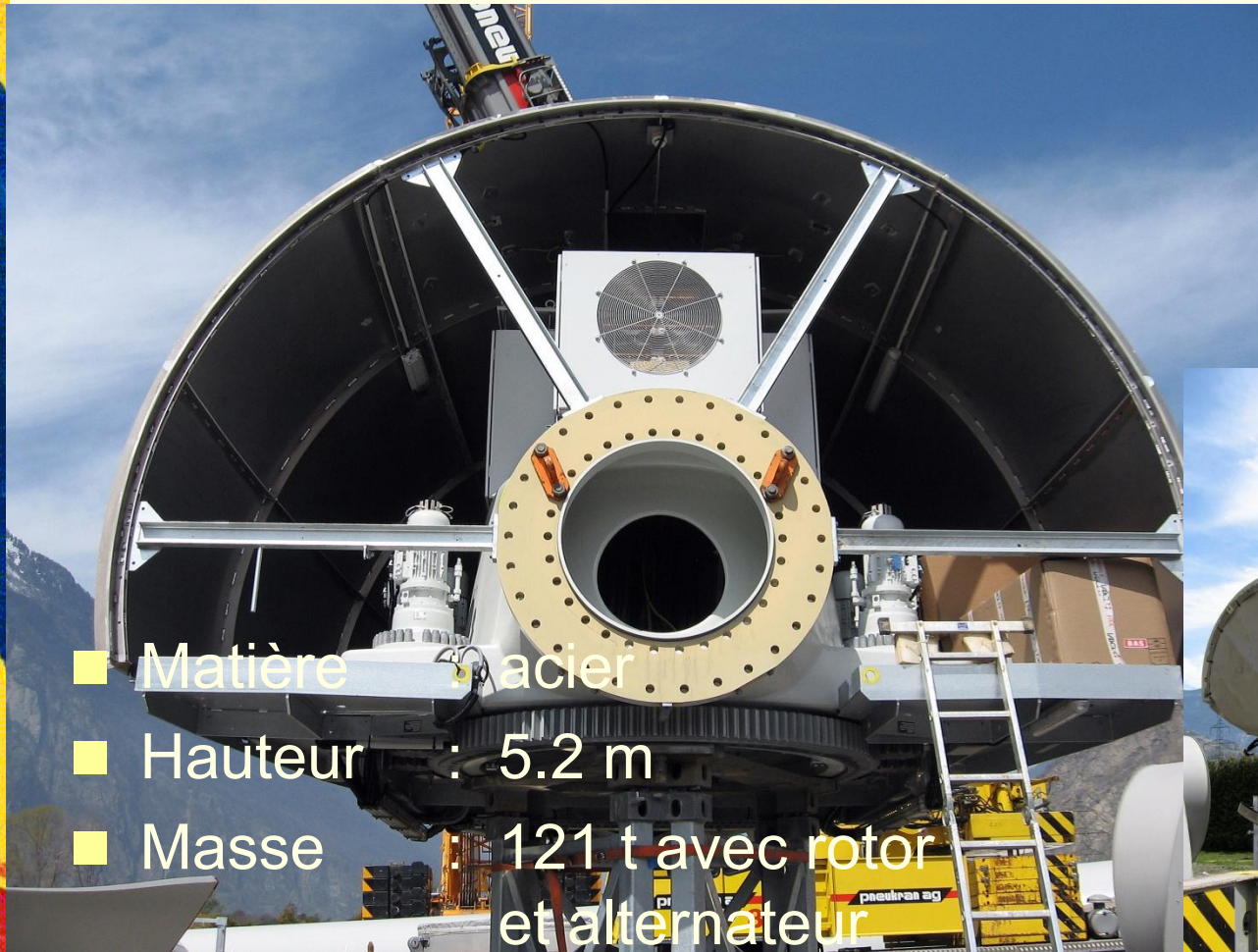
# La tour

- Matière : béton + acier
- Hauteur : 98 m
- Forme : conique
- Diamètre : de 7.5 à 2.0 m
- Masse : 781 t



# La nacelle

- Matière : acier
- Hauteur : 5.2 m
- Masse : 121 t avec rotor et alternateur



# Tout se passe à l'intérieur de la nacelle !



# Les pales

- Matière : fibre de verre et fibre de carbone
- Dimensions : 38.50 m x 3 m
- Masse : 3 x 9.0 t



# Le montage de la tour : le 1<sup>er</sup> élément



# Le montage de la tour: les éléments béton



# Le montage de la tour: l'élément acier



# L'alternateur





# Le profil des pales



# Montage au sol des pales au rotor



# Gigantesque !



# Instants solennels !



# Instants solennels !



■ 25 avril 2008

# Les instruments de pilotage



Girouette

Anémomètre

E-70

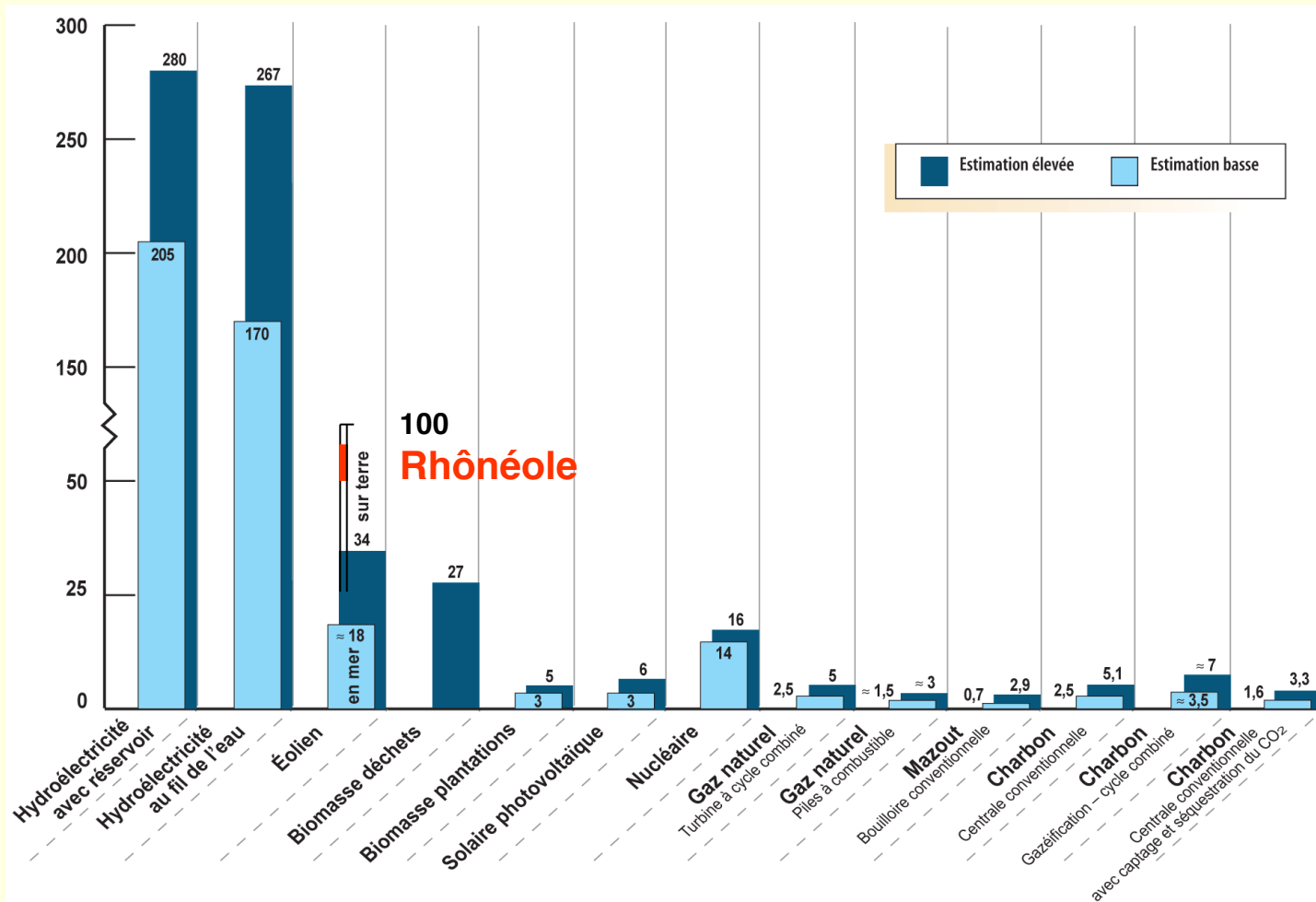
# A la base du développement durable: le rendement énergétique d'une réalisation

---

$$\eta_e = \frac{\text{Quantité totale d'énergie produite}}{\text{Quantité totale d'énergie grise}}$$

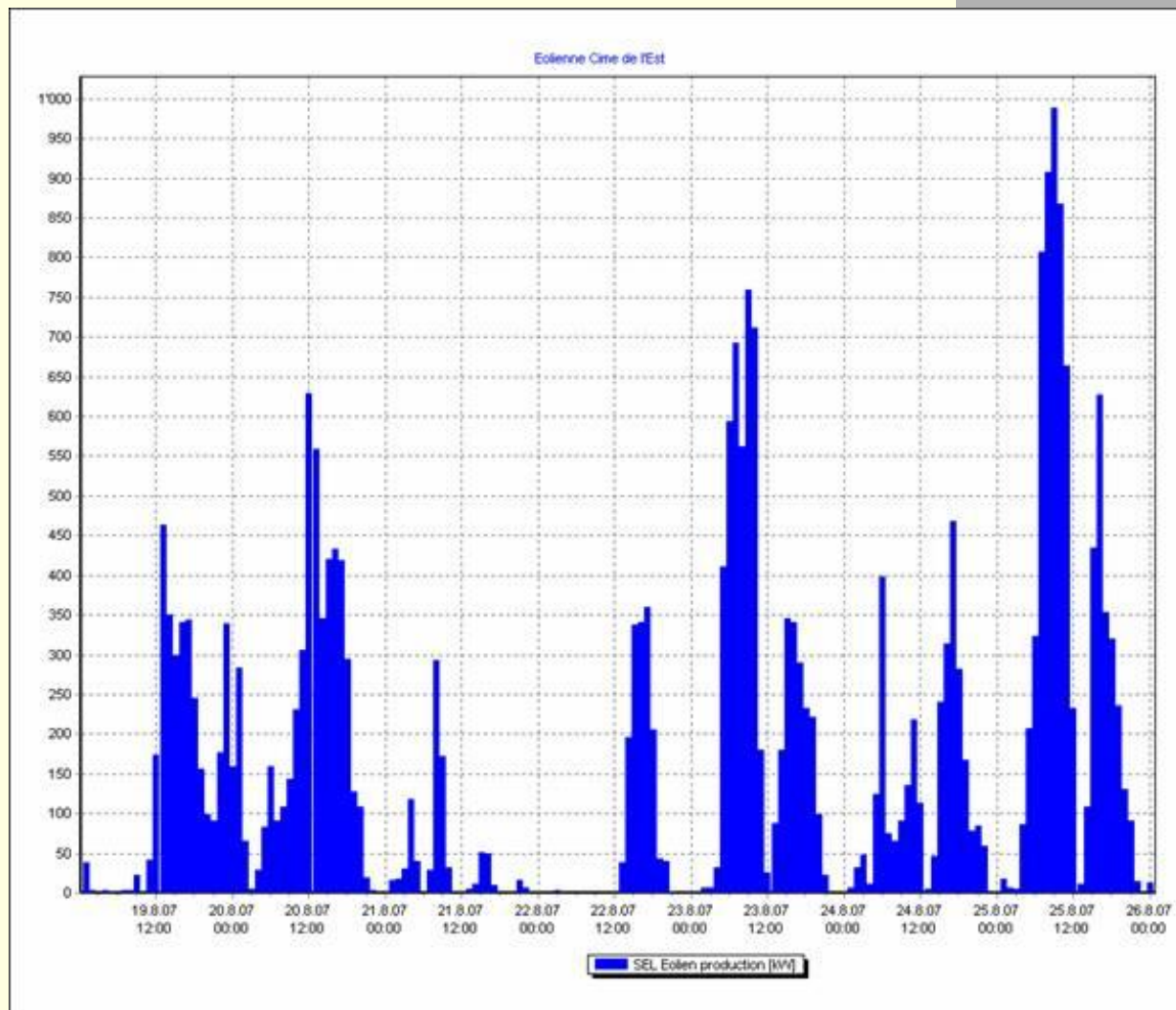
(construction, entretien, énergie auxiliaire, démantèlement, élimination)

# A la base du développement durable: le rendement énergétique de l'investissement



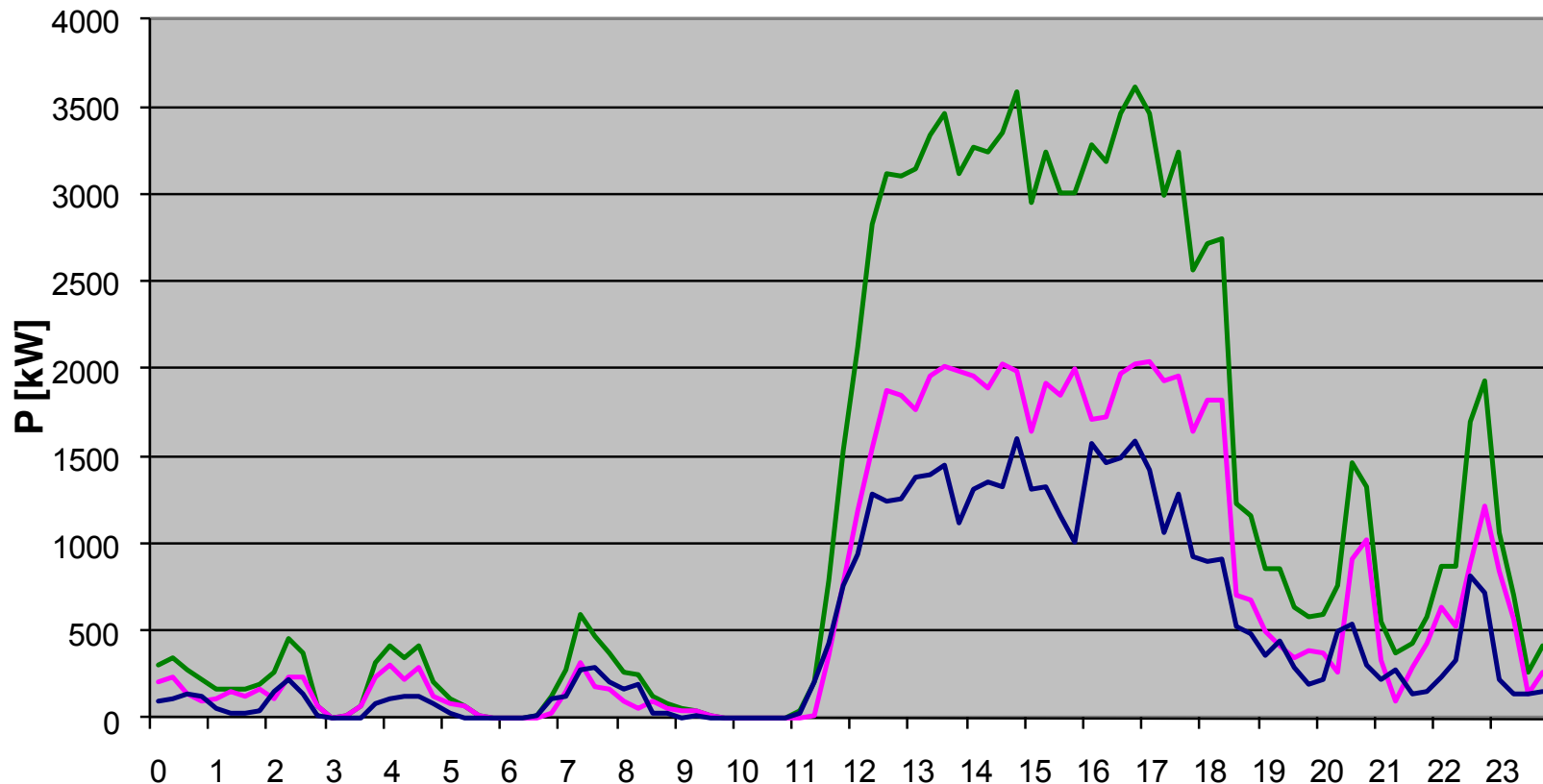


# Production de l'éolienne, 19-26 août 2007



### Production Eoliennes RhôneEole

09.09.10



- Cumul puissance
- Cime\_de\_l\_Est
- Mont\_d\_Ottan

Depuis le début du mois :

**11'243 kWh**

**90'661 kWh**

**16'400 kWh**

**130'353 kWh**

L'éolienne « Cime de l'Est » a fêté ses 5 ans !

Mise en service 2005, elle a fêté  
ses 5 ans  
le 5 décembre dernier.

Elle a produit 23 millions de kWh,  
et a été active 78% du temps



---

**Elancée  
fièrement**

**dans la plaine  
du Rhône,**

**je brasse de  
l'air, certes,**

**mais j'en fais de**

**L'ÉNERGIE**

***moi !***

