

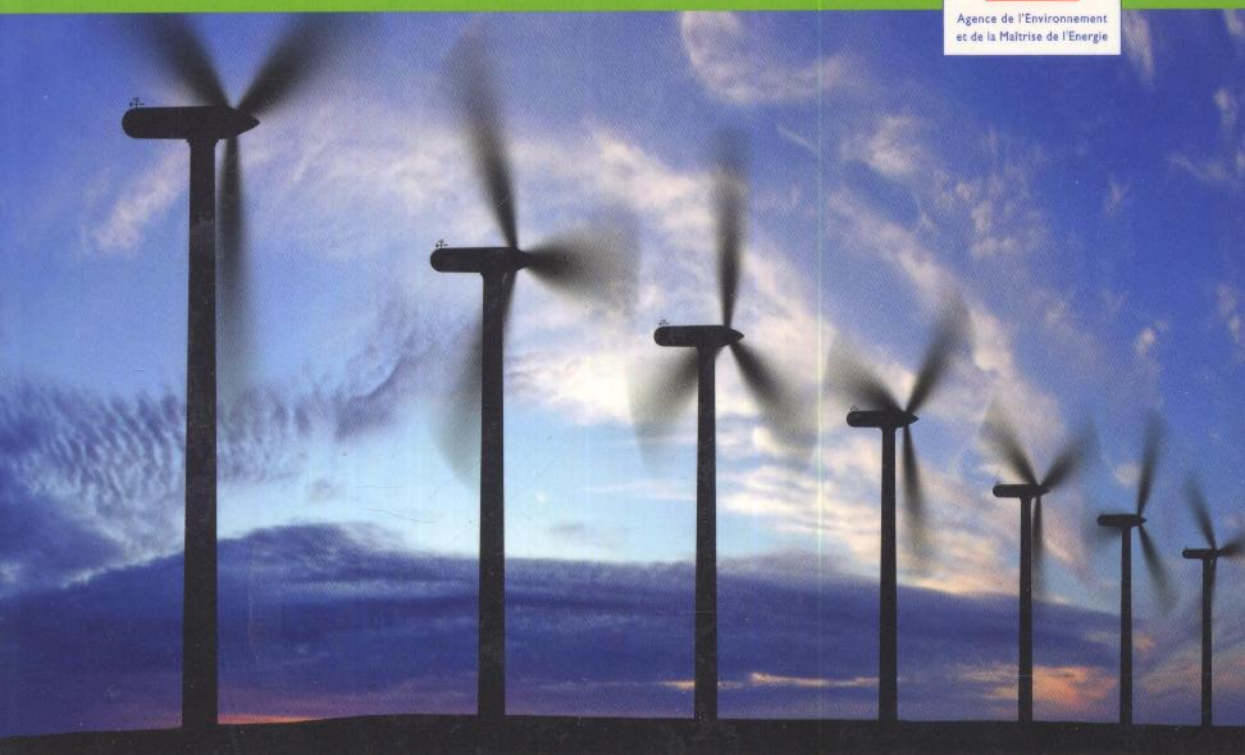
Marc Rapin  
Jean-Marc Noël

**L'USINE  
NOUVELLE**

ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie



# L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

Du petit éolien à l'éolien offshore

**2<sup>e</sup> ÉDITION**



059478

**DUNOD**

Marc Rapin  
Jean-Marc Noël

**L'USINE  
NOUVELLE**

ECL 174

# ÉNERGIE ÉOLIENNE



Du petit éolien à l'éolien offshore

Préface de Rémi Chabrilat

2<sup>e</sup> édition



059478

**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie

DUNOD

# TABLE DES MATIÈRES

Préface	V
Remerciements	X
Nomenclature	XI

## A

### Évolution et panorama actuel

<b>1 • L'avènement de l'éolien moderne</b>	<b>3</b>
1.1 Les moulins « américains »	3
1.2 L'évolution électrique : Poul La Cour, Louis Constantin et autres pionniers	11
1.3 Les premières réalisations	16
<b>2 • Le faux départ de l'après-guerre</b>	<b>25</b>
2.1 L'expérience française	25
2.2 Les développements danois et allemand	39
<b>3 • Le tournant du 1<sup>er</sup> choc pétrolier</b>	<b>43</b>
3.1 L'échec des grands prototypes downwind	43
3.2 Les petites machines upwind d'Europe du Nord	46
3.3 L'invasion du marché californien	48
3.4 Et en France... ?	50
<b>4 • L'actuel et l'avenir : MW et offshore</b>	<b>69</b>
4.1 Les développements des différentes machines	69
4.2 L'évolution du monde éolien	77
4.3 Les développements vers l'offshore	91
4.4 En conclusion	110

## B

### Les différents sous-systèmes de l'éolienne

<b>5 • Le potentiel de conversion</b>	<b>113</b>
5.1 La limite de Betz	113
5.2 Caractérisations des éoliennes	116
<b>6 • La pale : l'organe premier de la conversion d'énergie</b>	<b>119</b>
6.1 Structure et dynamique de pale	119
6.2 Aérodynamique de la pale	139
6.3 Aéroélasticité de la pale	146
<b>7 • Le rotor</b>	<b>151</b>
7.1 Fonctionnement du rotor	152
7.2 Comportement dynamique	161
7.3 Conception du rotor	180
<b>8 • Les équipements de la génération électrique</b>	<b>185</b>
8.1 Étapes du développement	186
8.2 Équipements individuels	188
8.3 Équipements couplés aux réseaux	192
8.4 Les solutions alternatives : entraînement direct et alternateurs à aimants permanents	209
8.5 Le couplage au réseau	221
<b>9 • Approche système</b>	<b>225</b>

## C

### Montage de projet pour un parc éolien

<b>10 • Aspects techniques et économiques</b>	<b>231</b>
10.1 La connaissance du vent	231
10.2 Le gisement éolien	243
10.3 Coûts et prix du kWh	251
10.4 Parc offshore	258
10.5 Retombées économiques	259

<b>11 • Aspects environnementaux, contraintes et servitude</b>	<b>261</b>
11.1 L'outil SRE	261
11.2 L'impact visuel	265
11.3 Le bruit	270
11.4 L'interférence électromagnétique	272
11.5 La faune et la flore	274
<b>12 • Aspects administratifs</b>	<b>277</b>
12.1 L'étude d'impact	278
12.2 La demande de raccordement	278
12.3 L'enquête publique	279
12.4 Le permis de construire	279
12.5 Offshore et CNDP	281
<b>13 • Exemple de réalisations</b>	<b>283</b>
13.1 Parc de Goulien (Bretagne)	283
13.2 Parc éolien de Bouin (Vendée)	284
13.3 Parc éolien de Summerview (Alberta, Canada)	285
13.4 Parc éolien offshore de Saint-Nazaire (Pays-de-Loire)	286

---

**Annexe : chronologie  
des réalisations éoliennes françaises**

<b>A.1 • Les éoliennes lentes multipales</b>	<b>291</b>
<b>A.2 • Les 1<sup>res</sup> éoliennes rapides</b>	<b>296</b>
<b>A.3 • Les développements de l'après-guerre</b>	<b>301</b>
<b>A.4 • Après le 1<sup>er</sup> choc pétrolier</b>	<b>310</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>325</b>
<b>Index</b>	<b>337</b>

ÉLECTRONIQUE

ÉNERGIES

FROID ET  
GÉNIE CLIMATIQUEGESTION  
INDUSTRIELLE

ENVIRONNEMENT

MÉCANIQUE  
ET MATÉRIAUXÉLECTROTECHNIQUE  
ET AUTOMATIQUE

# L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

## Du petit éolien à l'éolien offshore

Préface de Rémi Chabrillat

En partenariat avec :

**L'USINE  
NOUVELLE**

**2<sup>e</sup> ÉDITION**

**Marc Rapin**

est chargé de la mise en œuvre d'outils aérodynamiques sur les rotors et ailes d'avion à l'Onera.

**Jean-Marc Noël**

est consultant en énergie éolienne.

L'objectif de cet ouvrage opérationnel, richement illustré, est de comprendre les développements, les enjeux et les problématiques actuels et futurs de l'éolien.

Cette seconde édition met l'accent sur les parcs offshore, des solutions techniques jusqu'aux actuels projets français. Une nouvelle partie est également réservée au montage d'un parc éolien : étude des gisements, aspects économiques, administratifs et environnementaux, dimensionnement, etc., illustrée de cas judicieusement choisis en France et dans le monde.

*L'énergie éolienne* est un guide pratique indispensable pour tous les ingénieurs et techniciens en énergétique (recherche, études, production, etc.), mais aussi pour toute personne curieuse de découvrir cette technologie en plein essor.

### POINTS FORTS

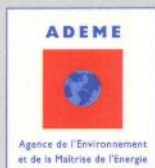
- ✓ Description détaillée des développements français et nombreuses données chiffrées sur le marché mondial.
- ✓ Photos et schémas techniques de nombreux modèles.
- ✓ Montage d'un projet de parc éolien de A à Z.

### CONTENU DE L'OUVRAGE

- Historique des éoliennes modernes
- Le potentiel de conversion
- Les différents sous-systèmes : la pale, le rotor, la génération électrique
- Le couplage au réseau
- Montage de projet d'un parc éolien



6218788  
ISBN 978-2-10-059712-3



Les actus



du savoir

