

Paul Gipe

# LE GRAND LIVRE DE L'ÉOLIEN

EDITIONS

**LE MONITEUR**



## Sommaire

|   |            |
|---|------------|
| <b>1. Introduction</b>  | <b>1</b>   |
| <hr/>   |            |
| Ateliers sur l'énergie éolienne, 2 • Organisation de l'ouvrage, 2 • Nomenclature : de quoi parlons-nous ? 3<br>• Leviers, bras de levier et couple, 6 • Equations : une véritable source d'informations, 6<br>• Comment éviter la fausse précision, 7 • Unités : il faut composer avec le système anglo-saxon, 8<br>• Taille : tout est relatif, 8  |            |
| <b>2. L'utilisation du vent</b>   | <b>13</b>  |
| <hr/>   |            |
| Alimentation des sites éloignés, 13 • Connexion au réseau, 17 • Un équipement à vocation publique, 18<br>• Chauffage, 19 • Pompage de l'eau, 22   |            |
| <b>3. La mesure du vent</b>   | <b>23</b>  |
| <hr/>   |            |
| Qu'est-ce que le vent ? 23 • La vitesse du vent dans le temps, 26 • Unités de mesure de la vitesse du vent, 27<br>• L'échelle de Beaufort, 28 • Puissance du vent, 29 • Symboles de la vitesse du vent, 30 • Densité de puissance,<br>30 • Atmosphère type internationale, 31 • Densité de l'air, 32 • Distribution des fréquences, 37 • Vitesse du<br>vent, puissance et altitude, 39 • Modèle logarithmique de cisaillement du vent, 40 • Le coefficient de gradient<br>vertical de la vitesse du vent $\alpha$ , 41 • Le jet nocturne, 44 • Publication des données éoliennes, 44 • Calcul du<br>coefficient de gradient vertical de la vitesse du vent $\alpha$ , 45 • Sources de données éoliennes aux Etats-Unis, 46<br>• Évaluez votre site, 47 • Évaluer la hauteur des obstacles, 49 |            |
| <b>4. Estimation de la production : à quoi s'attendre ?</b>   | <b>55</b>  |
| <hr/>   |            |
| Méthode de la surface balayée, 55 • Calculer la surface balayée, 61 • Méthode des courbes de puissance,<br>61 • Equivalences en fonction de la surface balayée, 62 • Eviter de confondre les vitesses moyennes, 62<br>• Estimations des fabricants, 63 • La méthode de calcul du productible, 65 • Nomenclature des courbes de<br>puissance, 66 • Déperditions d'électricité dans les centrales éoliennes, 67 • Mesure de la productivité, 67<br>• Rendement, 69  |            |
| <b>5. Le vent est-il rentable ?</b>   | <b>71</b>  |
| <hr/>   |            |
| Coût global actualisé de l'électricité et temps de retour, 72 • Facteurs économiques, 73 • Aspect économique pour<br>les particuliers, 75 • Aspect économique pour les exploitations agricoles et les entreprises, 76 • Interprétation du<br>tableau 5-1, 77 • Risques, 77 • Interprétation du tableau 5-2, 78 • Rentabilité, 78 • Le pari de Schafer Systems, 79   |            |
| <b>6. Évaluer la technologie : ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas</b>  | <b>83</b>  |
| <hr/>   |            |
| Orientation, 85 • Les gouvernails, 90 • Carénage ou concentration de flux, 92 • Portance et traînée, 93<br>• Aérodynamique, 95 • Eoliennes monopales, 103 • Ailettes et "Tip Torpedoes", 107 • Pales, 107 • Moyeux,<br>112 • Transmissions, 114 • Autres formes de multiplicateurs, 119 • Générateurs, 120 • Des aimants<br>vraiment permanents ?, 121 • Générateurs à flux axial, 124 • Systèmes de contrôle du rotor, 129<br>• Assemblage final, 144  |            |
| <b>7. Les mâts</b>  | <b>147</b> |
| <hr/>   |            |
| Hauteur, 147 • Des altitudes stratosphériques, 148 • Résistance à la déformation, 149 • Force de traînée et<br>poussée, 150 • Les types de mâts, 151 • Des mâts pas banals 156 • Autres possibilités, 159 • Le choix<br>d'un mât, 162   |            |

|  |            |
|--|------------|
| <b>8. Economies de bouts de chandelle : à éviter...</b>  | <b>163</b> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fabriquer soi-même une petite éolienne, 164 • <b>A réaliser soi-même : éolienne à tambour de frein</b>, 165</li> <li>• Achat d'une éolienne d'occasion, 167 • <b>Eoliennes d'occasion</b>, 167 • <b>Eoliennes californiennes</b>, 174</li> <li>• <b>Dutch Valley Produce</b>, 179 • <b>L'esprit d'aventure</b>, 183 • Assemblage d'un kit, 185 • <b>Kennemerwind</b>, 185</li> <li>• Actions collectives, 186 • <b>Sydney Kabellaug</b>, 187</li> </ul>   |            |
| <b>9. Achat d'un système éolien</b>  | <b>191</b> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Le choix d'un produit, 191 • <b>Puissance nominale type</b>, 192 • <b>Bien plus qu'une simple turbine...</b> 194</li> <li>• Evaluer les revendeurs, 199 • <b>Ventilateurs et cages d'écureuil</b>, 199 • Contrats et garanties, 200</li> <li>• Etudes de cas, 201 • <b>A faire et à ne pas faire</b>, 203</li> </ul>  |            |
| <b>10. Connexion au réseau</b>   | <b>205</b> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>La loi PURPA aux Etats-Unis, 206 • <b>L'éolien sans limites</b>, 210 • <b>Les lois sur les énergies renouvelables</b>, 211</li> <li>• Lois sur les énergies renouvelables et quotas, 212 • <b>Qualité de l'électricité et sécurité</b>, 219</li> <li>• <b>Construite et exploitée en Australie</b>, 222 • Négocier avec la compagnie d'électricité, 224</li> <li>• Quelle taille choisir ? 227</li> </ul>   |            |
| <b>11. Systèmes hors réseau</b>  | <b>229</b> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Systèmes hybrides, 231 • <b>Exemple de deux villes</b>, 231 • <b>Baisse de la consommation</b>, 233 • <b>Données solaires et éoliennes aux Etats-Unis</b>, 236 • <b>Microsystème hybride</b>, 237 • <b>Système hybride pour bungalow</b>, 238</li> <li>• <b>Système hybride domestique</b>, 239 • Aspect économique des systèmes hors réseau, 244</li> <li>• Autres systèmes de production autonome, 244 • <b>Autarcie</b>, 247</li> </ul>  |            |
| <b>12. Le pompage de l'eau</b>   | <b>249</b> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>A la conquête de l'Ouest, 249 • <b>L'éternelle Dempster</b>, 251 • Pompes éoliennes mécaniques, 253</li> <li>• <b>Reconversion des éoliennes de pompage</b>, 257 • <b>Recherche dans le domaine du pompage éolien</b>, 259</li> <li>• Pompes éoliennes électriques, 261 • Estimation de la consommation d'eau, 265 • Stockage, 266</li> <li>• Irrigation, 267 • Regain d'intérêt pour les pompes éoliennes, 269</li> </ul>  |            |
| <b>13. Choix de l'emplacement</b>  | <b>271</b> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Restrictions physiques, 271 • Restrictions administratives, 274 • <b>Valeur foncière</b>, 274 • <b>Groupes d'opposition</b>, 288 • <b>L'entendra-t-on ?</b> 291 • <b>Sources du bruit des petites éoliennes</b>, 295 • <b>Projection d'ombres mobiles</b>, 301</li> </ul>   |            |
| <b>14. Installation</b>  | <b>307</b> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Réflexions sur l'autoconstruction</b>, 308 • Vérification des pièces, 309 • Fondations et ancrages, 309</li> <li>• Assemblage et levage des mâts haubanés, 317 • <b>Installation d'une éolienne domestique à l'aide d'une grue</b>, 321 • Mâts autoportants : assemblage et levage, 324 • Mâts basculants : assemblage et levage, 327</li> <li>• <b>Installation d'une éolienne moyenne</b>, 328 • <b>Liste indicative d'outils nécessaires à l'installation d'une microéolienne</b>, 331 • <b>Montage d'un mât haubané basculant à l'aide d'un Tirfor</b>, 332 • <b>Connecteurs pour microéoliennes</b>, 338 • Câblage, 339 • <b>Conversion de la jauge américaine au système métrique</b>, 342 • <b>Boîtes de jonction</b>, 346</li> <li>• Réseau de mise à la terre, 347</li> </ul> |            |
| <b>15. Exploitation, productivité et maintenance</b>   | <b>351</b> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en service des petites éoliennes, 352 • Contrôle du rendement, 353 • <b>Comment lire un compteur électrique ?</b> 355 • Maintenance, 355 • <b>Proven sur les îles Malouines</b>, 357 • <b>L'Enertech de Bushland</b>, 360</li> <li>• Coût de la maintenance, 363 • Durée de vie, 365</li> </ul>  |            |

|  |            |
|--|------------|
| <b>16. Sécurité</b>  | <b>367</b> |
| <p>Accidents mortels, 367 • <b>Terry Mehrkam, 368</b> • Dangers, 369 • <b>Freinage dynamique des petites turbines, 371</b><br/> • Sécurité sur les mâts et matériel d'escalade, 374 • <b>Le travail sur les mâts et les autoconstructeurs, 380</b><br/> • Plates-formes d'accès, 382 • Echelles, 382 • Autres astuces pour travailler sur les mâts, 382<br/> • <b>Le Haut des Ailes : premier parc éolien français à propriété communautaire, 383</b> • Sécurité électrique sur les<br/> petites éoliennes, 386 • Cordes et câbles, 388 • Poulies, 389 • Treuils et palans pour petites éoliennes,<br/> 390 • Prévention des accidents, 390</p>  |            |
| <b>17. Perspectives d'avenir</b>   | <b>393</b> |
| <p>Des applications en pleine expansion, 393 • <b>MinWind : agriculteurs propriétaires, 396</b> • Technologie améliorée,<br/> 399 • Les obstacles à l'éolien, 401 • Ce qui est vraiment nécessaire, 403 • L'énergie pour la vie, 406<br/> • 2006 : la situation en Europe, 406</p>   |            |
| <b>Annexe</b>  | <b>409</b> |
| <p>Constantes, 409 • Conversions, 409 • Echelle des équivalences d'énergie, 411 • Echelle des équivalences<br/> de puissance, 411 • Tableaux de correction de la densité de l'air, 411 • Distribution des vitesses du vent,<br/> 414 • Carte des ressources éoliennes aux Etats-Unis, 417 • Classes de flux d'énergie éolienne selon<br/> Battelle, 418 • Cartes des ressources éoliennes dans le monde, 419 • Estimations de la production<br/> annuelle, 424 • Estimation de la capacité de pompage des pompes éoliennes, 429 • Modèles de flux de<br/> trésorerie, 430 • Organisations non gouvernementales, 432 • Laboratoires gouvernementaux, 434<br/> • Sites Internet, 435 • Réseaux électroniques, 435 • Ateliers, 436 • Consultants internationaux en énergie<br/> éolienne, 436 • Caractéristiques d'une sélection de petites éoliennes, 437 • Fabricants de petites<br/> éoliennes, 444 • Caractéristiques d'une sélection d'éoliennes de taille moyenne, 446 • Fabricants d'éo-<br/> liennes supérieures à 1 MW, 448 • Eoliennes reconditionnées, éoliennes d'occasion, 450 • Eoliennes de<br/> pompage mécaniques, 450 • Fabricants d'éoliennes de pompage, 450 • Mâts pour petites éoliennes, 452<br/> • Fabricants de couronnes d'orientation et roulements spéciaux, 452 • Pales du rotor, 453 • Catalogues<br/> de vente à distance, 453 • Dispositifs anémométriques, 454 • Pylônes anémométriques, 454 • Données<br/> éoliennes et météorologiques, 455 • Périodiques, 455 • Etudes de marché, 457 • Fabricants de logiciels<br/> de conception et de développement de parcs éoliens, 457 • Matériel d'ancrage et de haubanage, 458<br/> • Harnais de sécurité et dispositifs d'arrêt de chute, 458 • Onduleurs, 458 • Batteries, 459 • Plans de<br/> construction de petites éoliennes, 459 • Tirlors, 460 • Echelle de Beaufort en plusieurs langues, 460<br/> • Vidéos, 461 • D'autres adresses et grands acteurs de l'éolien en France, 462 • Lexique multilingue, 466</p> |            |
| <b>Bibliographie</b>   | <b>475</b> |
| <p>Levage et manutention, 475 • Energie solaire : le photovoltaïque, 475 • La technologie éolienne, en<br/> anglais, 476 • Histoire de l'énergie éolienne moderne, 476 • Ressources éoliennes et emplacement, 477<br/> • Bruit et esthétique, 477 • Concevoir, construire ou installer sa propre éolienne, 478 • Pompage, 478<br/> • Technologie éolienne en allemand, 478 • Technologie éolienne en français, 479 • Technologie éolienne<br/> en espagnol, 479 • Technologie éolienne en suédois, 479</p>   |            |
| <b>Glossaire terminologique de l'énergie éolienne</b>  | <b>481</b> |