

## ANNEXE 1 : PLANS DÉTAILLÉS DES AMÉNAGEMENTS














---



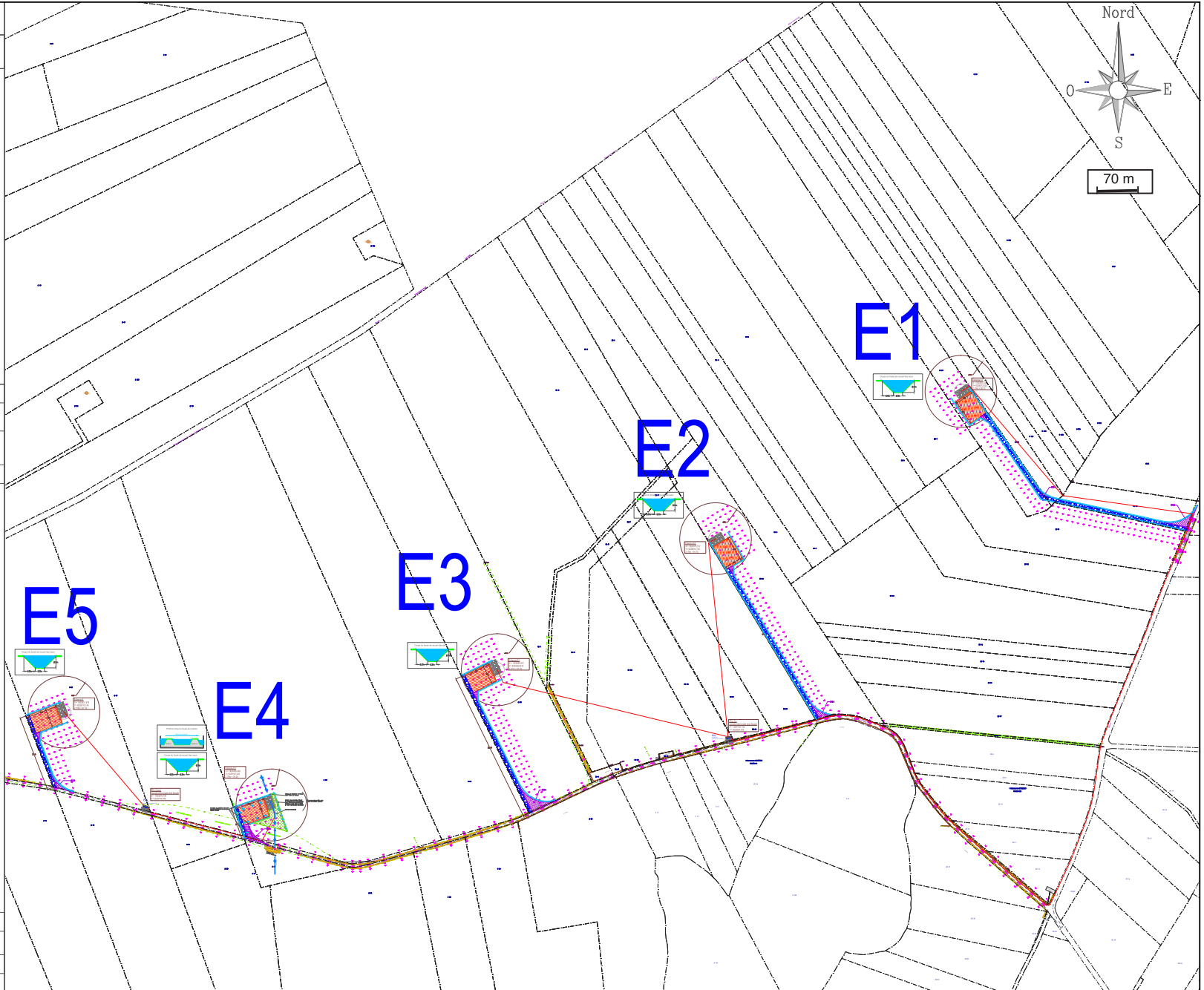
Parc éolien des Vallées  
Plan de masse\* avec ouvrages d'eau



IND.	DATE	DESCRIPTION	Revue par	Dessinateur
A	2 nov. 2016	Initial	-	BL
D	5 déc 2016	Ajout des ouvrages de gestion de l'eau	-	BL

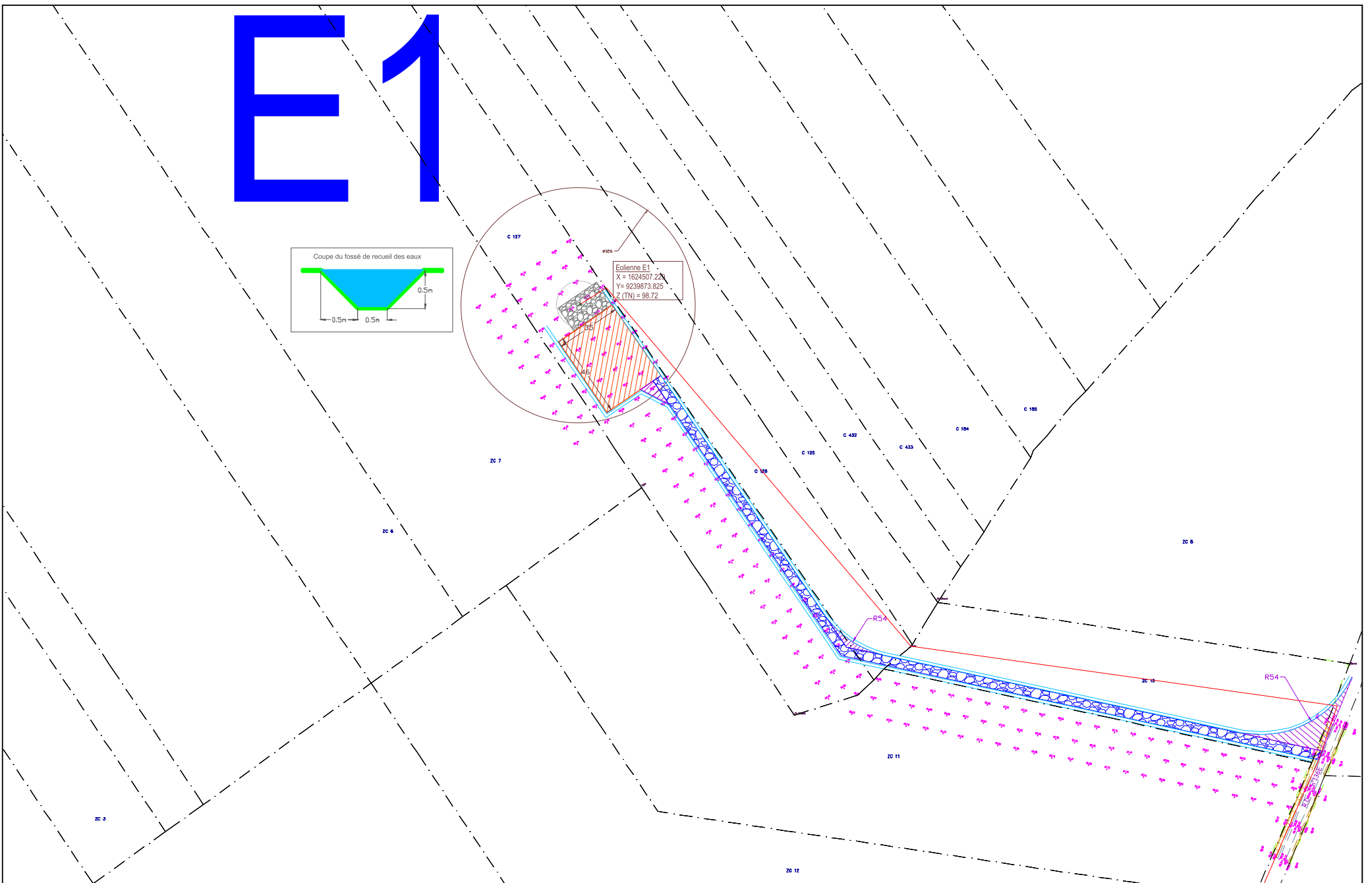
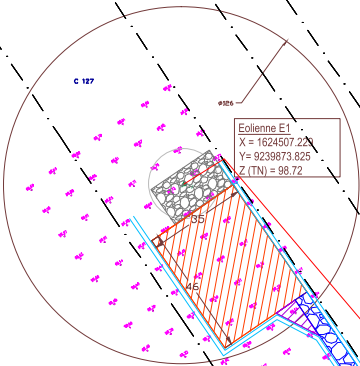
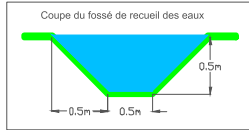
-  Rotor Ø126m
-  Massif de fondation estimé Ø25m
-  Empiècement pour VL
-  Plateforme de montage permanente
-  Aménagement de voirie de type pan coupé
-  Accès en création
-  Accès existant à élargir et/ou à renforcer
-  Réseaux intraparc (HTA, Fibre optique, équipotentielle Cu)
-  Limite de culture ou limite boisée
-  Bord de route existante
-  Talus existant
-  Point topographique (relevés GPS - réseau TERIA)
-  Ouvrages de gestion des eaux

Commune	Tortefontaine (62)
Parcelles	
Coordonnées en	



\*Voories et Plateformes dimensionnées sur la base des spécifications VESTAS V126

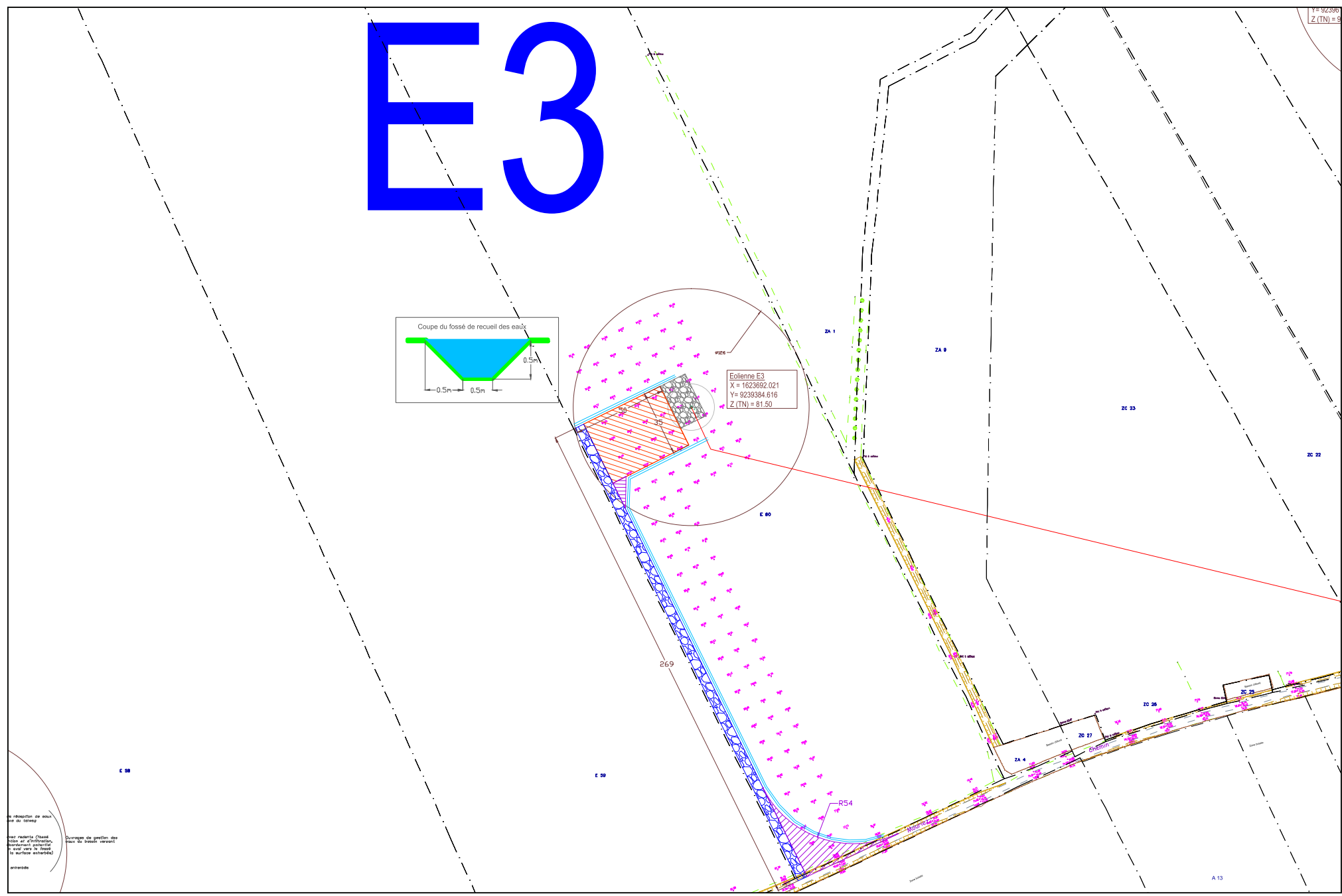
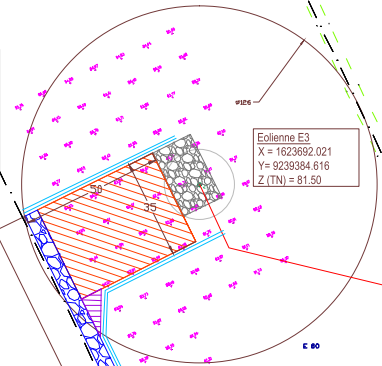
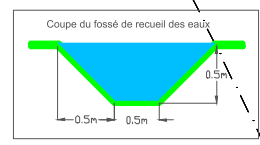
# E1







# E3



En absence de note  
sur ce plan

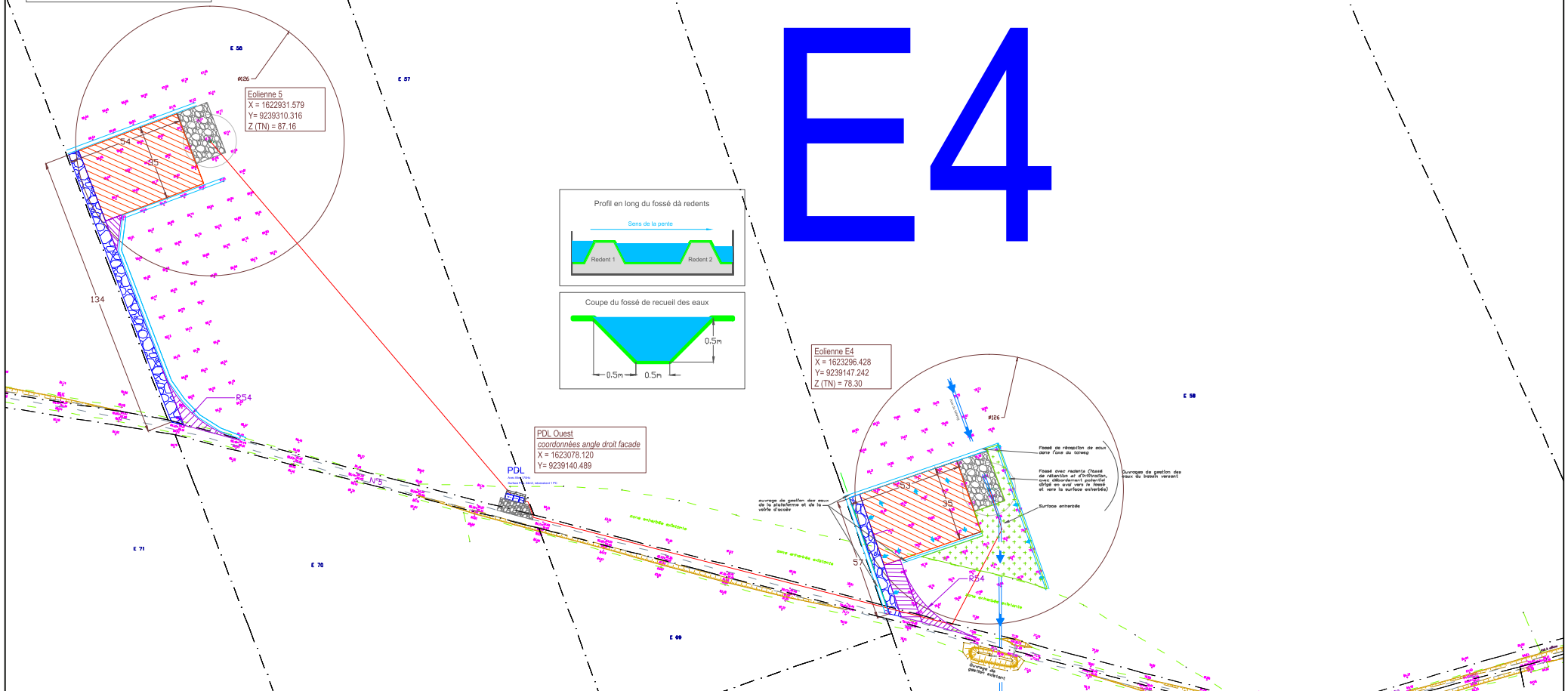
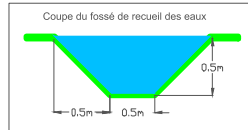
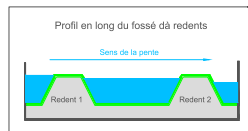
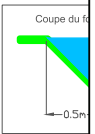
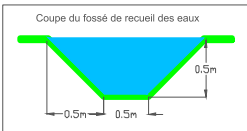
Les plans sont  
à l'échelle de 1/500.  
Les dimensions sont  
en mètres (sauf  
indication contraire)

Document de gestion des  
travaux de voirie

antenne

# E5













# E4



Parc éolien des Vallées  
Plan de principe du PDL Est




IND.	DATE	DESCRIPTION	Revue par	Dessinateur
A	2 nov. 2016	Initial	-	BL
B	15 nov. 2016	Modifications demandées par SE et GLM	-	BL

-  Rotor Ø126m et Ø130m
-  Massif de fondation estimé Ø25m
-  Empièremment pour VL
-  Plateforme de montage permanente
-  Aménagement de voirie de type pan coupé
-  Accès en création
-  Accès existant à élargir et/ou à renforcer
-  Réseaux intraparc (HTA, Fibre optique, équipotentielle Cu)
-  Limite de culture ou limite boisée
-  Bord de route existante
-  Talus existant
-  Point topographique (relevés GPS - réseau TERIA)

Commune	Tortefontaine (62)
Parcelles	
Coordonnées en	

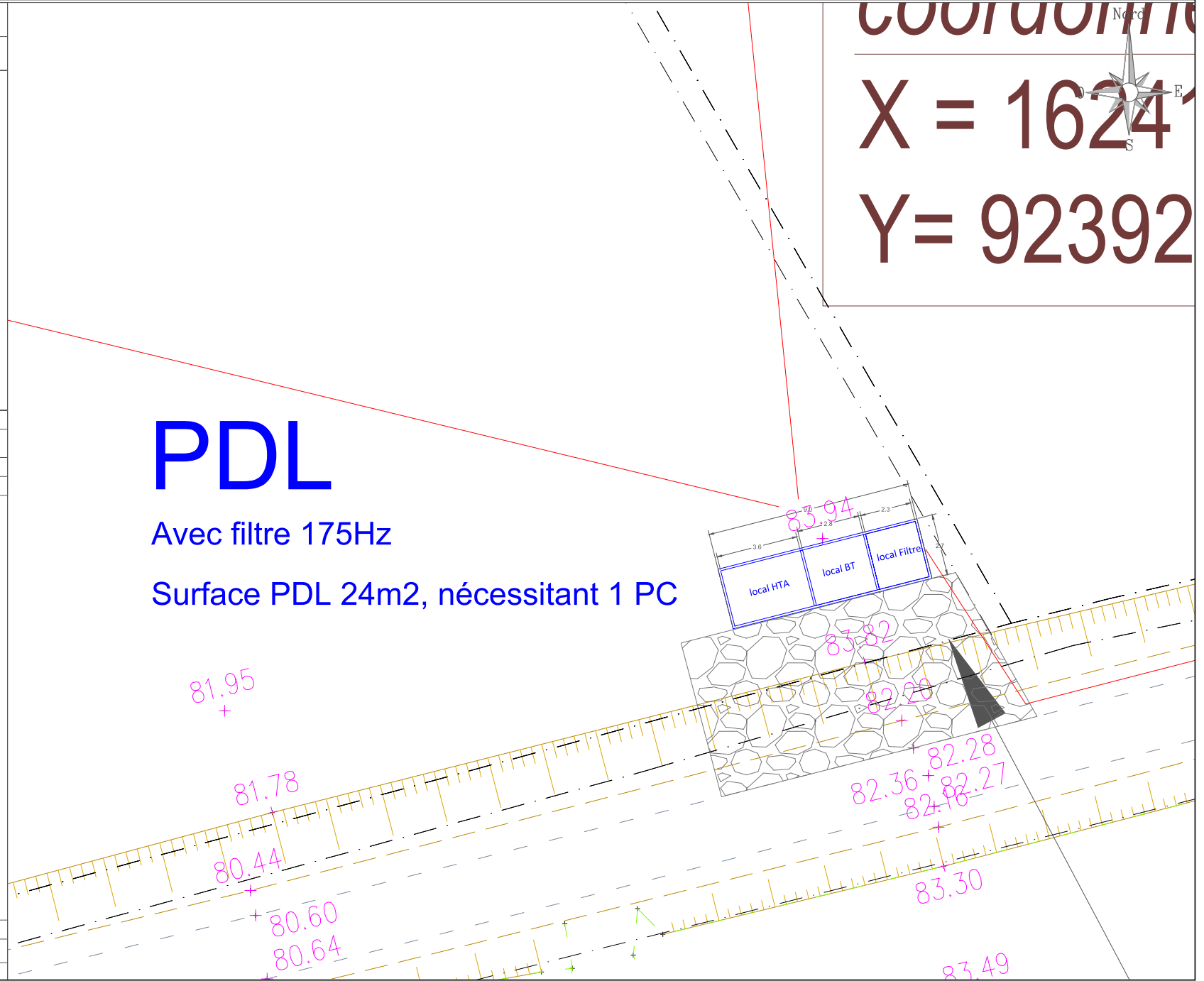
COORDONNÉES  
X = 1624  
Y = 92392



# PDL

Avec filtre 175Hz

Surface PDL 24m<sup>2</sup>, nécessitant 1 PC



Parc éolien des Vallées  
Plan de principe du PDL Ouest

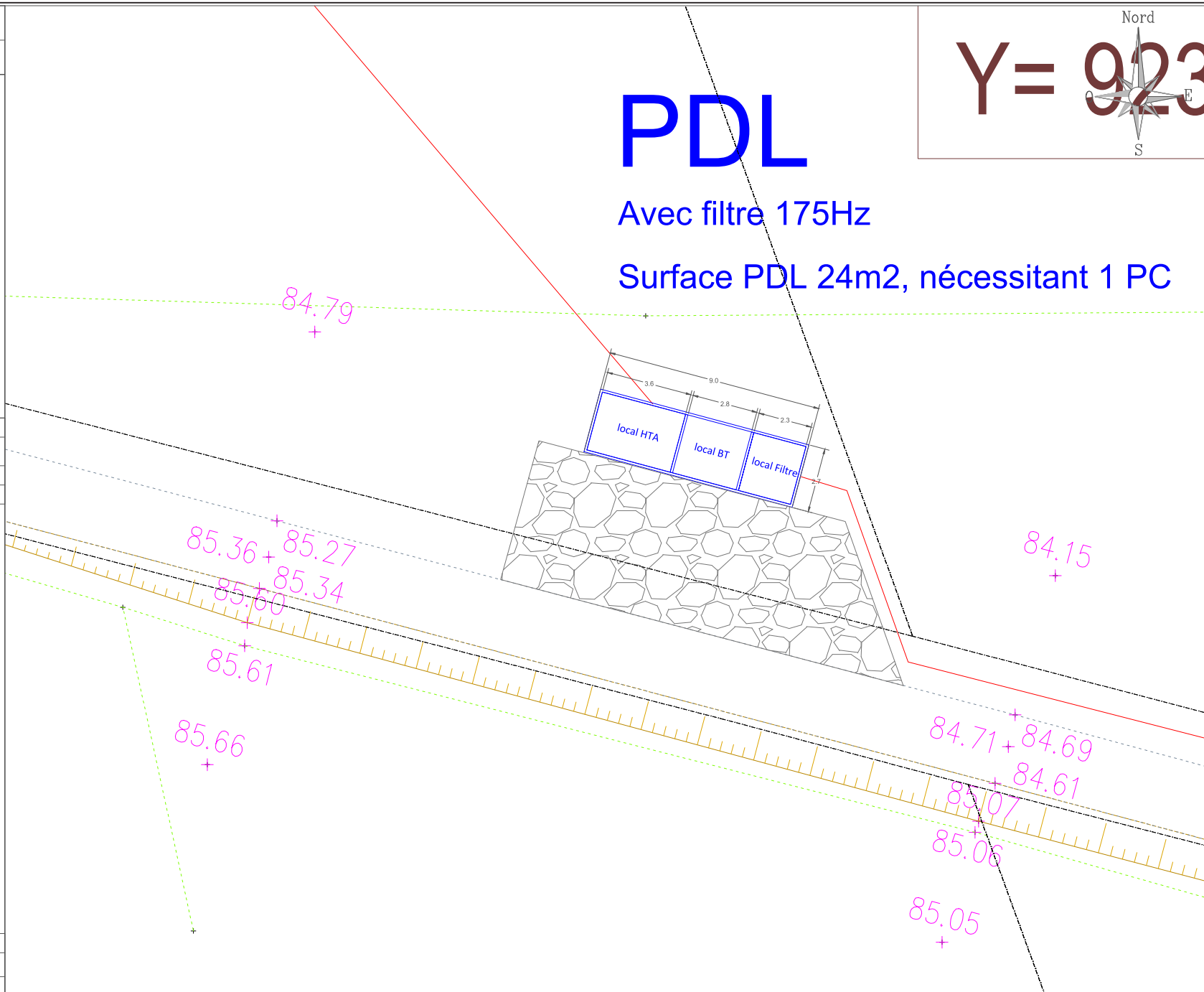


Nord  
Y= 923  
S













# PDL

Avec filtre 175Hz

Surface PDL 24m<sup>2</sup>, nécessitant 1 PC



IND.	DATE	DESCRIPTION	Revue par	Dessinateur
A	2 nov. 2016	Initial	-	BL
B	15 nov. 2016	Modifications demandées par SE et GLM	-	BL

-  Rotor Ø126m et Ø130m
-  Massif de fondation estimé Ø25m
-  Empierrement pour VL
-  Plateforme de montage permanente
-  Aménagement de voirie de type pan coupé
-  Accès en création
-  Accès existant à élargir et/ou à renforcer
-  Réseaux intraparc (HTA, Fibre optique, équipotentielle Cu)
-  Limite de culture ou limite boisée
-  Bord de route existante
-  Talus existant
-  Point topographique (relevés GPS - réseau TERIA)

Commune	Tortefontaine (62)
Parcelles	
Coordonnées en	



ANNEXE 2 : EXTRAIT KBIS DE LA SOCIÉTÉ WEB PARC ÉOLIEN DES  
VALLÉES

---





*Extrait Kbis*

**EXTRAIT D'IMMATRICULATION PRINCIPALE AU REGISTRE DU COMMERCE ET DES SOCIETES**

à jour au 2 décembre 2016

**IDENTIFICATION DE LA PERSONNE MORALE**

---

<i>Immatriculation au RCS, numéro</i>	824 088 595 R.C.S. Paris
<i>Date d'immatriculation</i>	02/12/2016
<i>Dénomination ou raison sociale</i>	<b>W.E.B PARC EOLIEN DES VALLEES</b>
<i>Forme juridique</i>	Société par actions simplifiée
<i>Capital social</i>	1 000,00 EUROS
<i>Adresse du siège</i>	22 rue Charcot 75013 Paris
<i>Activités principales</i>	Aménagement, construction, développement, maintenance, gestion de parcs éoliens, exploitation desdits parcs en vue de produire et de vendre de l'énergie.
<i>Durée de la personne morale</i>	Jusqu'au 01/12/2115
<i>Date de clôture de l'exercice social</i>	31 décembre
<i>Date de clôture du 1er exercice social</i>	31/12/2017

**GESTION, DIRECTION, ADMINISTRATION, CONTROLE, ASSOCIES OU MEMBRES**

**Président**

---

<i>Nom, prénoms</i>	Kolm Mélanie Rosemarie
<i>Date et lieu de naissance</i>	Le 01/07/1982 à Waidhofen Thaya (AUTRICHE)
<i>Nationalité</i>	Autrichienne
<i>Domicile personnel</i>	Loimanns 80 3874 Litschau (Autriche)

**Directeur général**

---

<i>Nom, prénoms</i>	Blais Nicolas
<i>Date et lieu de naissance</i>	Le 10/06/1978 à Rennes (35)
<i>Nationalité</i>	Française
<i>Domicile personnel</i>	2 rue de Québec 76000 Rouen

**Commissaire aux comptes titulaire**

---

<i>Dénomination</i>	AEQUITAS AUDIT - SOCIETE DE COMMISSARIAT AUX COMPTES
<i>Forme juridique</i>	Société à responsabilité limitée
<i>Adresse</i>	9 rue Delesalle ZA du pré Catelan 59110 La Madeleine
<i>Immatriculation au RCS, numéro</i>	046 350 088 Lille Métropole

**Commissaire aux comptes suppléant**

---

<i>Nom, prénoms</i>	Darrousez Jean-François
<i>Date et lieu de naissance</i>	Le 09/02/1963 à Lille (59)
<i>Nationalité</i>	Française
<i>Domicile personnel ou adresse professionnelle</i>	106 avenue du Hautmont 59420 Mouvaux

**RENSEIGNEMENTS RELATIFS A L'ACTIVITE ET A L'ETABLISSEMENT PRINCIPAL**

---

<i>Adresse de l'établissement</i>	22 rue Charcot 75013 Paris
<i>Activité(s) exercée(s)</i>	Aménagement, construction, développement, maintenance, gestion de parcs éoliens, exploitation desdits parcs en vue de produire et de vendre de l'énergie.
<i>Date de commencement d'activité</i>	01/12/2016
<i>Origine du fonds ou de l'activité</i>	Création
<i>Mode d'exploitation</i>	Exploitation directe



ANNEXE 3 : LETTRE SUPPORT DE WEB WINDENERGIE  
AG A LA SOCIÉTÉ WEB PARC ÉOLIEN DES VALLÉES,  
CHIFFRES D'AFFAIRES ET BILANS 2014, 2015 ET 2016 DE WEB  
WINDENERGIE AG

---



A Pfaffenschlag le 6 décembre 2016

**Objet : lettre d'engagement et de support – dossier de demande d'autorisation unique**

La société WEB Windenergie AG, société par actions (Aktiengesellschaft) de droit autrichien, au capital social de EUR 28.845.300,-, dont le siège social est situé Davidstraße 1 (Gewerbegebiet), A-3834 Pfaffenschlag, Autriche, immatriculée au registre de commerce (Firmenbuch) du tribunal local (Landesgericht) de Krems sous le numéro 184649 v et représentée par Frank Dumeier, CEO et Michael Trcka, CFO, a participé à la création d'une société de projet pour procéder au développement, à la construction, à la mise en service et à l'exploitation d'un parc éolien composé de 5 éoliennes situé sur les communes de Tortefontaine et Mouriez (le « **Projet** »). Cette société a été immatriculée sous la dénomination « W.E.B. Parc éolien des Vallées » (la « **Société** »). Son capital social est actuellement de 1000 euros et est détenu à hauteur de 70% par WEB Windenergie AG et à hauteur de 30% par WEB Windenergie Betriebsgesellschaft Deutschland GmbH, société à responsabilité limitée (Gesellschaft mit Beschränkter Haftung) de droit allemand, au capital social de EUR 3.400.000,-, dont le siège social est situé Am Nesseufer 14, 26789 Leer, Allemagne, immatriculée au registre de commerce (Handelsregister) du tribunal local (Amtsgericht) de Aurich sous le numéro HRB 111031 et représentée par les gérants Mag. Stefanie Markut and Mag. Leopold Reymaier, WEB Windenergie Betriebsgesellschaft Deutschland GmbH elle-même détenue à 100% par WEB Windenergie AG.

Dans le cadre du dépôt de la demande d'autorisation unique relative au **Projet**, la société WEB Windenergie AG entend par la présente attester qu'elle apportera tant son soutien financier que son soutien technique à la **Société** en vue de la réalisation et l'exploitation du **Projet** conformément aux engagements pris dans la demande d'autorisation unique susvisée.

A ce titre, la société WEB Windenergie AG s'engage à garantir les obligations applicables à la **Société** et prises par celle-ci au titre de la réglementation applicable aux éoliennes, que ce soit pendant la construction du **Projet**, son exploitation ou son démantèlement, ainsi qu'à lui apporter les capitaux propres nécessaires au financement, à la construction, à l'exploitation et à la démantèlement du **Projet**.

Pour WEB Windenergie AG

Frank Dumeier  
CEO  


Michael Trcka  
CFO  


## WEB Windenergie AG, Pfaffenschlag

### Compte de résultat consolidé

	2014	2013
<b>K€</b>		
<b>Chiffre d'affaires</b>	<b>53 995,6</b>	<b>48 093,9</b>
Autres produits d'exploitation	1 126,6	1 651,8
<b>Produits d'exploitation</b>	<b>55 122,2</b>	<b>49 745,8</b>
Coût des matières et des services externes achetés	-1 627,6	-1 412,4
Charges de personnel	-5 434,7	-4 993,4
Dotations aux amortissements	-21 089,5	-18 147,0
Autres charges d'exploitation	-10 479,8	-9 688,6
Somme intermédiaire	-38 631,7	-34 241,4
<b>Résultat d'exploitation (Bénéfice avant intérêts et impôts)</b>	<b>16 490,6</b>	<b>15 504,4</b>
Quote-part du résultat revenant aux entreprises associées évaluée selon la méthode de la mise en équivalence	129,6	-79,5
Résultats liés à d'autres participations	20,7	147,5
Revenus d'intérêts	850,5	220,6
Charges financières	-7 857,6	-6 216,8
Résultat financier - divers	-137,1	-1 243,2
<b>Résultat financier</b>	<b>-6 993,9</b>	<b>-7 171,5</b>
<b>Résultat avant impôts sur les bénéfices</b>	<b>9 496,6</b>	<b>8 332,9</b>
Impôt sur les bénéfices	-2 443,0	-2 215,6
<b>Résultat de l'exercice</b>	<b>7 053,6</b>	<b>6 117,3</b>
dont parts des actionnaires de la société mère	7 211,8	6 247,0
dont part prévue des détenteurs de capitaux hybrides	68,0	
dont participations minoritaires	-226,2	-129,6
<b>Bénéfice par action en euros</b> <sup>1</sup>	<b>25,0</b>	<b>21,7</b>

<sup>1</sup> dilué et non dilué sont identiques

## WEB Windenergie AG, Pfaffenschlag

### Bilan consolidé

	31/12/14	31/12/13
<b>K€</b>		
<b>Actif</b>		
Immobilisations incorporelles	3 765,6	3 812,6
Immobilisations corporelles	327 954,0	283 901,6
Participations dans des entreprises associées	2 003,6	1 898,5
Autres actifs financiers	2 249,3	2 197,1
Autres actifs non courants	6 752,0	13,1
Actifs d'impôts différés	340,3	622,6
<b>Actifs non courants</b>	<b>343 064,8</b>	<b>292 445,5</b>
Stocks	2 209,5	2 197,2
Créances sur livraisons et prestations	8 116,7	7 241,7
Créances sur des entreprises associées	0,0	101,1
Autres créances et actifs	5 225,3	4 883,8
Actifs exigibles sur impôts	1 716,5	702,8
Actifs liquides	27 351,8	9 310,4
<b>Actifs courants</b>	<b>44 619,7</b>	<b>24 437,0</b>
<b>Total de l'actif</b>	<b>387 684,5</b>	<b>316 882,4</b>
<b>Passif</b>		
Capital social	28 845,3	28 845,3
Réserves de capital	23 323,8	23 323,8
Capital hybride	4 355,5	0,0
Autres réserves	-2 059,3	-1 056,5
Résultats cummulés	38 674,7	34 856,4
Participation des associés de WEB AG	93 140,1	85 969,1
Participation d'autres associés (participations minoritaires)	6 761,6	931,9
<b>Capitaux propres</b>	<b>99 901,7</b>	<b>86 900,9</b>
Dettes financières à long terme	178 119,7	136 597,9
Emprunts obligataires	39 131,3	39 725,9
Passifs d'impôts différés	11 675,3	11 150,2
Provisions non courantes	6 956,3	5 291,5
Autres engagements à long terme	20,0	242,5
<b>Passifs non courants</b>	<b>235 902,6</b>	<b>193 008,0</b>
Dettes financières à court terme	25 703,5	23 578,0
Emprunts obligataires	11 104,0	1 009,4
Dettes fiscales	1 216,7	1 240,1
Engagements découlant de fournitures et de prestations de services et autres engagements	13 855,9	11 146,0
<b>Passifs courants</b>	<b>51 880,2</b>	<b>36 973,5</b>
<b>Total dettes</b>	<b>287 782,8</b>	<b>229 981,5</b>
<b>Total passif</b>	<b>387 684,5</b>	<b>316 882,4</b>
<b>Capital propre (capital hybride et participations minoritaires exclus) par action en euros</b>	<b>307,6</b>	<b>301,3</b>

## WEB Windenergie AG, Pfaffenschlag

### Compte de résultat consolidé

	Explications	2015	2014
K€			
<b>Chiffre d'affaires</b>	1	<b>66 596,1</b>	<b>53 995,6</b>
Autres produits d'exploitation	2	1 917,9	1 126,6
Coût des matières et des services externes achetés	3	-2 537,7	-1 627,6
Charges de personnel	4	-6 475,6	-5 434,7
Dotations aux amortissements	5	-25 269,9	-21 089,5
Autres charges d'exploitation	6	-12 773,6	-10 479,8
<b>Résultat d'exploitation (Bénéfice avant intérêts et impôts)</b>		<b>21 457,2</b>	<b>16 490,6</b>
Quote-part du résultat revenant aux entreprises associées évaluée selon la méthode de la mise en équivalence	12	335,1	129,6
Revenus d'intérêts	7	997,4	850,5
Charges financières	8	-9 356,8	-7 857,6
Résultat financier - divers	9	-362,9	-116,3
<b>Résultat financier</b>		<b>-8 387,3</b>	<b>-6 993,9</b>
<b>Résultat avant impôts</b>		<b>13 069,9</b>	<b>9 496,6</b>
Impôt sur les bénéfices	23	-3 743,3	-2 443,0
<b>Résultat de l'exercice</b>		<b>9 326,6</b>	<b>7 053,6</b>
dont part prévue des détenteurs de capitaux hybrides		303,2	68,0
dont participations minoritaires		397,9	-226,2
<b>dont parts des actionnaires de WEB AG</b>		<b>8 625,5</b>	<b>7 211,8</b>
<b>Bénéfice par action en euros (dilué et non dilué sont identiques)</b>		<b>29,9</b>	<b>25,0</b>

## WEB Windenergie AG, Pfaffenschlag

### Bilan consolidé

	Explications	31/12/15	31/12/14
K€			
<b>Actif</b>			
Immobilisations incorporelles	10	3 524,2	3 765,6
Immobilisations corporelles	11	349 449,7	327 954,0
Participations dans des entreprises associées et des entreprises communes	12	2 547,7	2 003,6
Actifs financiers non courants	13	7 733,3	9 001,3
Actifs d'impôts différés	23	339,4	340,3
<b>Actifs non courants</b>		<b>363 594,4</b>	<b>343 064,8</b>
Stocks	14	3 134,7	2 209,5
Créances sur livraisons et prestations	15	7 836,6	8 116,7
Autres créances et actifs	16	5 834,4	5 225,3
Actifs exigibles sur impôts		1 870,8	1 716,5
Actifs liquides	17	33 557,7	27 351,8
<b>Actifs courants</b>		<b>52 234,1</b>	<b>44 619,7</b>
<b>Total de l'actif</b>		<b>415 828,5</b>	<b>387 684,5</b>
<b>Capitaux propres et dettes</b>			
Capital social	18	28 845,3	28 845,3
Réserves de capital	18	23 323,8	23 323,8
Capital hybride	18	10 574,0	4 355,5
Autres réserves	18	-2 851,1	-2 059,3
Bénéfices non distribués	18	41 747,3	38 674,7
<b>Participation des actionnaires de WEB AG</b>		<b>101 639,3</b>	<b>93 140,1</b>
Participations minoritaires	19	5 765,7	6 761,6
<b>Capitaux propres</b>		<b>107 405,1</b>	<b>99 901,7</b>
Dettes financières	20	193 040,7	178 119,7
Emprunts obligataires	21	46 272,5	39 131,3
Passifs d'impôts différés	23	12 286,0	11 675,3
Provisions	24	7 950,8	6 956,3
Autres engagements à long terme	22	2 020,9	2 602,4
<b>Passifs non courants</b>		<b>261 571,0</b>	<b>238 485,0</b>
Dettes financières	20	26 214,5	25 703,5
Emprunts obligataires	21	9 212,4	12 082,2
Dettes fiscales		2 801,9	1 216,7
Engagements découlant de fournitures et de prestations de services et autres engagements	25	8 623,7	10 295,3
<b>Passifs courants</b>		<b>46 852,4</b>	<b>49 297,8</b>
<b>Total dettes</b>		<b>308 423,5</b>	<b>287 782,8</b>
<b>Total capitaux propres et dettes</b>		<b>415 828,5</b>	<b>387 684,5</b>
<b>Capital propre (capital hybride et participations minoritaires exclus) par action en euros</b>		<b>315,4</b>	<b>307,6</b>

## WEB Windenergie AG, Pfaffenschlag

### Compte de résultat consolidé

	Explications	2016	2015
<b>K€</b>			
<b>Chiffre d'affaires</b>	1	<b>66 342,9</b>	<b>66 596,1</b>
Autres produits d'exploitation	2	2 013,4	1 917,9
Coût des matières et des services externes achetés	3	-3 129,0	-2 537,7
Charges de personnel	4	-7 370,9	-6 475,6
Dotations aux amortissements	5	-26 352,4	-25 269,9
Autres charges d'exploitation	6	-14 680,9	-12 773,6
<b>Résultat d'exploitation (Bénéfice avant intérêts et impôts)</b>		<b>16 823,1</b>	<b>21 457,2</b>
Quote-part du résultat revenant aux entreprises associées évaluée selon la méthode de la mise en équivalence	12	84,5	335,1
Revenus d'intérêts	7	1 968,5	997,4
Charges financières	8	-10 003,1	-9 356,8
Résultat financier - divers	9	643,3	-362,9
<b>Résultat financier</b>		<b>-7 306,8</b>	<b>-8 387,3</b>
<b>Résultat avant impôts</b>		<b>9 516,3</b>	<b>13 069,9</b>
Impôt sur les bénéfices	23	-2 899,6	-3 743,3
<b>Résultat de l'exercice</b>		<b>6 616,6</b>	<b>9 326,6</b>
dont part prévue des détenteurs de capitaux hybrides		792,3	303,2
dont participations minoritaires		902,0	397,9
<b>dont parts des actionnaires de WEB AG</b>		<b>4 922,3</b>	<b>8 625,5</b>
<b>Bénéfice par action en euros (dilué et non dilué sont identiques)</b>		<b>17,1</b>	<b>29,9</b>

## WEB Windenergie AG, Pfaffenschlag

### Bilan consolidé

	Explications	31/12/16	31/12/15
<b>K€</b>			
<b>Actif</b>			
Immobilisations incorporelles	10	3 124,5	3 524,2
Immobilisations corporelles	11	444 873,1	349 449,7
Participations dans des entreprises associées et des entreprises communes	12	2 493,8	2 547,7
Actifs financiers non courants	13	23 492,3	7 733,3
Actifs d'impôts différés	23	123,8	339,4
<b>Actifs non courants</b>		<b>474 107,4</b>	<b>363 594,4</b>
Stocks	14	3 180,1	3 134,7
Créances sur livraisons et prestations	15	10 324,9	7 836,6
Autres créances et actifs	16	7 845,7	5 834,4
Actifs exigibles sur impôts		1 621,0	1 870,8
Actifs liquides	17	22 841,4	33 557,7
<b>Actifs courants</b>		<b>45 813,0</b>	<b>52 234,1</b>
<b>Total de l'actif</b>		<b>519 920,4</b>	<b>415 828,5</b>
<b>Capitaux propres et dettes</b>			
Capital social	18	28 845,3	28 845,3
Réserves de capital	18	23 323,8	23 323,8
Capital hybride	18	15 754,4	10 574,0
Autres réserves	18	-716,2	-2 851,1
Bénéfices non distribués	18	40 976,5	41 747,3
<b>Participation des actionnaires de WEB AG</b>		<b>108 183,9</b>	<b>101 639,3</b>
Participations minoritaires	19	21 130,5	5 765,7
<b>Capitaux propres</b>		<b>129 314,4</b>	<b>107 405,1</b>
Dettes financières	20	240 880,5	193 040,7
Emprunts obligataires	21	57 499,9	46 272,5
Passifs d'impôts différés	23	13 223,2	12 286,0
Provisions	24	11 265,4	7 950,8
Autres engagements à long terme	22	2 649,5	2 020,9
<b>Passifs non courants</b>		<b>325 518,6</b>	<b>261 571,0</b>
Dettes financières	20	43 013,6	26 214,5
Emprunts obligataires	21	3 506,4	9 212,4
Dettes fiscales		2 007,5	2 801,9
Engagements découlant de fournitures et de prestations de services et autres engagements	25	16 560,0	8 623,7
<b>Passifs courants</b>		<b>65 087,5</b>	<b>46 852,4</b>
<b>Total dettes</b>		<b>390 606,0</b>	<b>308 423,5</b>
<b>Total capitaux propres et dettes</b>		<b>519 920,4</b>	<b>415 828,5</b>
<b>Capital propre (capital hybride et participations minoritaires exclus) par action en euros</b>		<b>319,8</b>	<b>315,4</b>



## ANNEXE 4 : RAPPORT GÉNÉRAL DU PROCESSUS DE CONCERTATION

---



## Projet de parc éolien des *Vallées*

(Département du Pas-de-Calais)

### Concertation préalable

#### Rapport du garant

7 décembre 2016



#### Médiation & Environnement

Société Coopérative de Production affiliée à la Confédération Générale des SCOP  
Siège social : La Mercerie F-72800 Savigné-sous-Le Lude - siret 431 285 626 00013 APE/NAF 742 C

Tél : +33 (0)2 43 45 27 25 – Fax +33 (0)2 43 45 84 33

contact@mediation-environnement.coop – www.mediation-environnement.coop

## Résumé

Mis en œuvre sur proposition de la société WEB Energie du Vent, maître d'ouvrage du projet de parc éolien Tortefontaine-Mouriez (département du Pas-de-Calais), le dispositif de concertation préalable qui fait l'objet du présent rapport couvre la période de mai à novembre 2016.

Ce dispositif se traduit par la mise en place d'un Comité de pilotage qui s'est réuni à trois reprises dont la modération a été confiée à Médiation & Environnement, société qui place les processus participatifs au cœur de ses activités. Il se poursuivra par une information de la population prévue pour le mois de mars 2017.

Ce dispositif est conforme aux actions d'information et de concertation à destination des parties prenantes que mènent de nombreux maîtres d'ouvrage dans le cadre de leurs projets.

Il va cependant plus loin en ce que le dispositif retenu par WEB Energie du Vent superpose à la fonction du facilitateur de réunion un rôle de garant de cette concertation, dans l'esprit de l'ordonnance sur le dialogue environnemental d'août 2016.

C'est dans cette logique qu'est rédigé ce rapport du garant, par lequel celui-ci décrit le processus mis en œuvre et expose les principaux enseignements qu'il a relevés.

Il s'appuie sur les comptes rendus des réunions du Comité de pilotage et se conclue, enfin, par des recommandations.

## Sommaire

	page
1. Introduction	4
2. Contexte et mise en œuvre de la concertation	6
2.1. Contexte du projet	6
2.2. Désignation du garant	6
2.3. Précisions sur le garant	7
3. Modalités de la concertation	8
3.1. Dispositif de concertation	8
3.2. Rôle du Comité de pilotage	8
3.3. Fonctionnement du Comité de pilotage	8
3.4. Membres du Comité de pilotage	9
3.5. Publicité, affichage et diffusion des informations	9
4. Déroulement de la concertation	10
4.1. Lancement du Comité de pilotage	10
4.2. Principaux points traités par le Comité de pilotage dans sa séance du 9 mai	10
4.2.1. Caractérisation du projet	10
4.2.2. Débat sur les retombées économiques	11
4.2.3. Conditions de réalisation du projet	12
4.2.4. Mesures compensatoires et d'accompagnement du projet	13
4.2.5. Investissement participatif	13
4.3. Principaux points traités par le Comité de pilotage dans sa séance du 7 septembre	13
4.3.1. Propagation acoustique	14
4.3.2. Incidence paysagère	14
4.3.3. Caractérisation des milieux naturels	15
4.3.4. Examen des variantes proposées par WEB Energie du Vent	15
4.3.5. Cohabitation entre les différents développeurs sur le plateau de Lambus	15
4.3.6. La question des mesures compensatoires	17
4.4. Principaux points traités par le Comité de pilotage dans sa séance du 29 novembre	17
4.4.1. Vision d'ensemble prenant en compte tous les projets des développeurs	18
4.4.2. Mesures paysagères compensatoires (projets de WEB Energie du Vent et d'Infinivent)	18
4.4.3. Autres mesures compensatoires proposées	19
5. Poursuite de la concertation	21
5.1. Rappel	21
5.2. Permanences ou réunions publiques	21
5.3. Prochaines étapes	21
6. Principaux enseignements et recommandations	22
6.1. Enseignements généraux	22
6.1.1. Principaux enseignements sur le fond	22
6.1.2. Principaux enseignements sur la forme	23
6.2. Appréciation sur la concertation telle que menée jusqu'à présent	24
6.3. Recommandations	24

## 1. Introduction

Tout projet d'implantation d'un équipement et, plus largement, tout aménagement nouveau requiert une mise en dialogue des parties prenantes du territoire. Cette évidence s'inscrit progressivement dans les politiques sectorielles en même temps que la réglementation l'impose, et plusieurs textes en stipulent désormais la nécessité lorsqu'ils n'en déterminent pas l'encadrement<sup>1</sup>. Il en ressort une prise de conscience selon laquelle « il faut débattre en amont des projets ».

Concernant les grands projets d'aménagement, la lecture de la loi est claire : passé le seuil prévisionnel de 300 M€, la saisine de la CNDP est obligatoire ; il revient alors à cette dernière de décider ou pas d'organiser un débat public. En deçà, la loi ne fait qu'inciter le maître d'ouvrage à engager une concertation préalable à la décision de réaliser le projet, renvoyant à l'enquête publique le soin de recueillir l'expression des parties prenantes.

Tous les maîtres d'ouvrages savent le bien-fondé d'engager un dialogue avec les acteurs du territoire d'implantation du projet qu'ils souhaitent s'y voir édifier, et ce le plus tôt possible. Les projets de parcs d'aérogénérateurs ne dérogent pas à cette règle, d'autant que de la rencontre avec les parties prenantes dépend la qualité du projet in fine, prise ici dans le sens de son insertion territoriale.

Tous les opérateurs éoliens mobilisent donc des moyens humains pour mener à bien cette concertation avec les acteurs territoriaux. En règle générale, ces moyens sont sollicités en interne, les personnels concernés gérant alors les rencontres avec les principales parties prenantes (élus locaux, propriétaires fonciers, représentants associatifs, habitants, etc.) et prenant sur eux, parfois, l'animation des réunions publiques.

On le sait, l'implantation d'éoliennes, en France, génère des tensions. Celles-ci, pourrait-on résumer, font se dresser face à la légitimité des développeurs, qui sont dans la majorité des cas des sociétés de droit privé, des gens qui n'en veulent pas également porteurs de légitimité quelles que soient leurs raisons. Les engagements de notre pays dans une transition énergétique basée notamment sur une production accrue d'énergies renouvelables d'origine éolienne risquent d'attiser ces tensions, lesquelles seraient préjudiciables à l'ensemble des acteurs impliqués : les porteurs de projet dont l'activité serait freinée certes, mais aussi l'économie locale au titre des co-bénéfices apportés par le développement des projets et plus largement, la mise en œuvre concrète de la transition énergétique.

Il ne s'agit pas de laisser sous-entendre que tout projet, mauvais ou bon, serait bénéfique *sui generis*. Pour autant, un développeur animé par le souhait de « faire les choses bien » et de prendre en compte avec sincérité le territoire d'accueil de son projet doit pouvoir mettre en œuvre les conditions d'une appropriation collective effective.

La réalisation de cet objectif nécessite de concevoir ce dialogue territorial autour d'un dispositif de concertation préalable encadré par quelques règles simples.

<sup>1</sup> Directive R. Barre « information du public » de 1976, loi Bouchardeau « démocratisation de l'enquête publique » votée en 1983, circulaire Bianco « grands projets » de 1992, loi Barnier de 1995, convention d'Aarhus « participation du public » en 1998, loi Démocratie de proximité confirmant la CNDP en 2002, Grenelle de l'Environnement instaurant une « gouvernance écologique » en 2007, ordonnance sur le dialogue environnemental d'août 2016.

La première tient à la qualité du projet et donc au savoir-faire du développeur, qui doit pouvoir démontrer qu'il maîtrise parfaitement toutes les questions relatives aux préoccupations des acteurs locaux et notamment, celles susceptibles d'être considérées comme des nuisances potentielles (bruit, paysage, chantier, etc.).

La seconde a trait au bon sens. Si le développeur propose au débat local un projet si bien « ficelé » qu'il est impossible de discuter son adaptation, alors il est probable que le dialogue tourne court...

La troisième relève de la notion d'arbitrage. En de nombreuses occasions, le porteur de projet assure lui-même la présentation de son projet et l'animation des rencontres avec les parties prenantes, y compris en réunion publique. Il se trouve donc dans une position de « juge et partie » lorsqu'il souhaite départager les arguments « pour » et « contre », ce qu'on ne manque pas en général de lui renvoyer. La manière de contourner cette difficulté est de solliciter un tiers auquel il est demandé d'animer cette interface entre parties prenantes et porteur de projet : le « tiers-garant ».

C'est dans cet esprit que la concertation préalable autour du projet de parc éolien de Tortefontaine-Mouriez a été conduite. WEB Energie du Vent a sollicité Médiation & Environnement non seulement pour animer et modérer les rencontres du comité de pilotage du projet et la réunion publique, mais aussi et surtout pour attester de la qualité du dialogue et du respect de la déontologie du débat public dont nous résumons ci-dessous les principes essentiels :

- Que toute demande de parole soit honorée,
- Que toute question ou interrogation trouve réponse,
- Que tout engagement du maître d'ouvrage soit respecté,
- Qu'en aucun cas le facilitateur des débats ne se départisse de sa neutralité envers le projet,
- Qu'en résumé, ce facilitateur des débats soit le garant du dialogue et l'arbitre des échanges.

## 2. Contexte et mise en œuvre de la concertation

### 2.1. Contexte du projet

Le site du projet de Tortefontaine-Mouriez a été identifié par la société WEB Energie du Vent en continuité d'un parc éolien en exploitation. Les communes d'implantation figurent ainsi au sein d'un périmètre favorable à l'implantation d'éoliennes défini par les schémas de planification.

Le maître d'ouvrage a alors pris contact avec les communes concernées afin de solliciter des Conseils municipaux l'autorisation de mener des études, dans l'objectif de déterminer la préfaisabilité d'un projet éolien. Celles-ci s'y sont déclarées favorables. Parallèlement, le maître d'ouvrage a rencontré les propriétaires des parcelles de l'aire d'étude envisagée, ainsi que les services de l'Etat. On rappelle en effet que la procédure d'autorisation d'exploiter un parc éolien relève de l'autorité préfectorale, laquelle s'appuie sur de multiples avis techniques émanant en particulier des services de l'Etat.

L'aire d'étude du projet, définie par le maître d'ouvrage, couvre une superficie d'environ 500 hectares répartis sur les territoires de deux communes (Tortefontaine et Mouriez), et une communauté de communes (communauté de communes des Sept Vallées).

Au stade de lancement des études, en 2015, le potentiel éolien est large. Le maître d'ouvrage envisage d'implanter 6 à 8 aérogénérateurs selon les contraintes rencontrées, pour une puissance installée de 20 à 25 mégawatts. Le débat est donc largement ouvert, les études conduites par le maître d'ouvrage et leur confrontation avec les acteurs locaux permettant de nombreux échanges, y compris sur l'opportunité d'un tel projet.

### 2.2. Désignation du garant

C'est au cours de ces premières rencontres que le maître d'ouvrage a affirmé son souhait de travailler avec les acteurs du territoire. Il a proposé et pris l'engagement d'organiser la tenue d'une véritable concertation préalable reposant notamment sur un comité de pilotage et un dispositif public d'information, dont l'animation générale est confiée à un tiers plutôt que réalisée par ses soins, pour des raisons d'objectivité.

Après avoir consulté plusieurs sociétés, il a retenu la SCOP Médiation & Environnement qui lui a semblé en adéquation avec ses objectifs au titre des éléments suivants :

- Le dispositif proposé est modulable en tant que de besoin selon les impératifs de la situation et/ou les attentes des parties prenantes,
- Il repose sur les principes vus en p. 5 *Introduction* et va donc au-delà d'une simple animation de réunion (vérification du bon respect des engagements du maître d'ouvrage du projet, neutralité absolue envers le projet et son maître d'ouvrage, rôle de garant envers les différentes parties prenantes, etc.).

Cette collaboration entre le maître d'ouvrage du projet et Médiation & Environnement a été formalisée sous la forme d'un contrat de prestation.

### 2.3. Précision sur le garant

Médiation & Environnement est une société coopérative (SCOP) créée en 2000. Ses activités s'articulent principalement autour de la mise en œuvre de procédures liées à la démocratie participative et la concertation locale, le tout au service de politiques, programmes ou projets d'aménagement et de développement durable des territoires. Elle intervient également dans le domaine de la formation des acteurs territoriaux et participe à divers programmes de recherche, notamment dans le domaine des indicateurs environnementaux, des procédures de concertation, du métabolisme territorial ou de la prise en compte des enjeux du long terme.

L'animation du dispositif de concertation sur le projet de parc éolien de Tortefontaine-Mouriez a été confiée à Jean-Stéphane Devisse, cofondateur et directeur-associé de Médiation & Environnement. Ancien directeur des programmes de conservation du WWF, une des principales organisations non-gouvernementales de protection de l'environnement, membre de la CNDP (Commission Nationale du Débat Public) et du CNDDGE (Comité national du développement durable et du Grenelle de l'environnement) jusqu'en 2013, expert en concertation liée à l'implantation des grands équipements, il intervient régulièrement sur les questions éoliennes : il a réalisé, pour l'ADEME, un « Outil d'Insertion territoriale et sociale des éoliennes », organisé et animé une consultation publique préalable à la réalisation d'un schéma régional éolien et intervient depuis 15 ans dans les sessions de formation des agents de l'Etat et des porteurs de projets éoliens organisées par l'ADEME et l'IFORE. Enfin, il est l'un des référents français du Réseau Action Climat). sur les sujets *Gouvernance territoriale du changement climatique, Adaptation et réduction des vulnérabilités et Biodiversité*.

Son mandat passé à la CNDP et sa participation à plusieurs débats publics en tant que membre de commissions particulières du débat public le font adhérer aux principes et au rôle du garant, indépendant du maître d'ouvrage et de chacune des parties impliquées à un titre ou un autre dans le projet de Tortefontaine-Mouriez.

## 3. Modalités de la concertation

### 3.1. Dispositif de concertation

Ce dispositif s'est articulé autour d'un Comité de pilotage de projet. Celui-ci, dont la composition suit, accueille les parties prenantes qui le souhaitent. Il est construit de manière à refléter plusieurs sensibilités susceptibles d'apporter des points de vue différenciés et d'éclairer le contexte du projet de Tortefontaine-Mouriez, que celui-ci concerne les contraintes physiques ou l'appréciation que les riverains de l'aire du projet portent à ce dernier.

Le Comité de pilotage s'est réuni à trois reprises en présence du facilitateur, les 9 mai, 7 septembre et 29 novembre 2016 en mairie de Mouriez. D'une durée d'environ 2h00, ces rencontres ont réuni entre 11 et 12 personnes, représentant(s) du/des maître(s) d'ouvrage garants compris.

L'opportunité du projet, la méthodologie des études et leurs principaux résultats, les variantes d'implantations des éoliennes et les mesures compensatoires ont été débattues de manière à préparer la phase d'information de la population prévue pour se tenir en mars 2017.

Par principe, les membres du Comité de pilotage ainsi que toute personne qui le souhaite a eu la possibilité de s'adresser au garant en dehors des rencontres. Le garant a reçu une sollicitation.

### 3.2. Rôle du Comité de pilotage

Les membres du Comité de pilotage représentent la population et les usagers du territoire, en application des règles de la démocratie représentative (élus et représentants des communes et intercommunalités, représentants d'organisations professionnelles le cas échéant), et/ou des principes de la démocratie participative (représentants des propriétaires et des riverains).

Il apparaît que ce Comité est légitime à donner son avis sur le projet du maître d'ouvrage.

Le Comité n'est pas une instance d'arbitrage officielle (la décision d'implantation ou non d'un parc éolien appartient au Préfet de département). Toutefois, le choix est fait de verser le présent compte-rendu du garant au dossier du maître d'ouvrage, pour information des services instructeurs de l'Etat et par égard envers les participants à cette concertation.

Afin que le travail du Comité de pilotage soit fructueux, le maître d'ouvrage a mis à la disposition de ses membres toutes les informations que ceux-ci ont jugées nécessaires. Celles-ci ont été correctement débattues, la règle voulant qu'un sujet ne soit réputé clos qu'à partir du moment où plus personne ne souhaitait s'exprimer ou poursuivre les échanges à son sujet.

La situation spécifique de projet a conduit le Comité à inviter les différents développeurs actifs sur zone : WEB Energie du Vent bien entendu, puis Infinivent et enfin Intervent. Il sera fait mention plus loin de leurs apports respectifs.

### 3.3. Fonctionnement du Comité de pilotage

Les séances des 9 mai, 27 septembre et 29 novembre 2016 ont fait l'objet d'un ordre du jour, d'un compte rendu et d'une feuille de présence.

Au cours de sa 1<sup>ère</sup> réunion, le Comité a souhaité se réserver la possibilité d'ouvrir la session suivante à d'autres intervenants, leur présence concourant à l'enrichissement des débats et à l'amélioration des connaissances. C'est ainsi que M<sup>me</sup> la maire de Gouy-Saint-André et les représentants de la société Infinivent ont participé à la seconde réunion, et le représentant de la société Intervent à la suivante.

Chaque séance du Comité de pilotage a été enregistrée par le garant, avec l'accord de ses membres, et conservée sous un format numérique standard.

Comme convenu avec les participants, les comptes rendus ont été anonymisés. Les propos n'ont donc pas été nommément attribués.

### 3.4 Membres du Comité de pilotage

La liste des membres du Comité de pilotage a été constituée à partir des propositions des premières parties prenantes rencontrées par le maître d'ouvrage fin 2015, en particulier les élus des communes concernées. Initialement, les personnes proposées ont été invitées par le maître d'ouvrage.

Ce Comité est ouvert à toute personne qui en fait la demande, la participation du candidat restant soumise à l'approbation du Comité. Dans les faits, trois propositions additionnelles sont intervenues entre le 9 mai (date de la première réunion) et le 29 novembre 2016 (dernière réunion), concernant respectivement M<sup>me</sup> la maire de Gouy-Saint-André et les représentants des sociétés Infinivent et Intervent.

Les personnes suivantes ont participé à l'une ou l'autre des réunions du comité de pilotage :

M<sup>me</sup> Nathalie Capon, adjointe au maire de Mouriez  
M. Christophe Dedours, maire de Mouriez  
M. Daniel Degardin, maire de Tortefontaine  
M. Patrick Desreumaux, Communauté de communes des Sept Vallées  
M. Philippe Fiolet, Représentant des exploitants de Mouriez  
M. Alexis de Parcevaux, habitant du hameau de Lambus  
M. Damien de Riberolles, habitant du hameau de Lambus  
M. Francis Tetu, Conseil communal de Tortefontaine  
M<sup>me</sup> Françoise Thélou, maire de Gouy-Saint-André  
M. Frédéric Willemetz, Représentant d'une association locale de chasse  
M<sup>me</sup> Sara Elkouchi, Chef de projet, WEB Energie du Vent  
M<sup>me</sup> Cécile Farineau, Chargée de développement, société Infinivent  
M. Jean-Baptiste Lalot, Responsable développement, WEB Energie du Vent  
M. Alexandre Marchais, Chargé de projet, société Infinivent  
M. Honoré Matthieu, Chargé de projet, société Intervent  
M. Matthieu Utz, Chargé de développement, société Infinivent  
M. Jean-Stéphane Devisse, garant de la concertation

### 3.5 Publicité, affichage et diffusion des informations

Les réunions du Comité de pilotage des 9 mai, 7 sept. et 29 nov. 2016 ont été convoquées par voie électronique et/ou postale par le maître d'ouvrage. Elles ont été suivies d'un compte-rendu rédigé et adressé aux participants par le garant, par voie électronique et/ou postale également.

## 4. Déroulement de la concertation

### 4.1. Lancement du Comité de pilotage

Réuni pour son lancement le 9 mai 2016, le Comité de pilotage a permis à ses participants d'entendre WEB Energie du Vent exposer les différentes étapes dans le développement d'un projet éolien, de situer le projet de Tortefontaine-Mouriez dans un phasage général, et de faire part de leurs attentes à l'égard du maître d'ouvrage. Enfin, cette première rencontre a permis au Comité de débattre d'une proposition de dispositif de concertation pour les mois suivants.

Les échanges ont montré une grande vigilance des membres du Comité à ce que ce projet de parc éolien ne dégrade pas la qualité de vie des habitants, et que sa conception respecte les règles de l'art en matière d'intégration et de dialogue territorial. Au vu de la situation spécifique de Tortefontaine-Mouriez, il a été décidé d'associer les autres développeurs Infinivent et Intervent, afin que le Comité dispose d'une vision d'ensemble du développement éolien sur le territoire intercommunal.

En réponse, le développeur a réaffirmé son souhait de travailler avec les acteurs du territoire, la phase de conception du projet devant permettre de répondre à toutes les interrogations. Il a également rappelé son engagement en faveur de la tenue d'une véritable concertation, confiée à un tiers neutre et indépendant à l'égard du projet et du maître d'ouvrage : le garant.

Il a été convenu en conclusion de la première rencontre d'un calendrier général au cours duquel les résultats des études sont débattus jusqu'au dépôt du dossier en préfecture, prévu fin 2016.

### 4.2. Principaux points traités par le Comité de pilotage dans sa séance du 9 mai

En introduction, le maître d'ouvrage rappelle que le territoire des communes de Tortefontaine et Mouriez dispose de six éoliennes implantées sur le plateau de Lambus, trois éoliennes en construction, tandis que plusieurs autres sont en développement. Son projet se situe dans le même secteur et comporte quant à lui 6 à 8 aérogénérateurs.

Le maire de Mouriez rappelle alors les points suivants :

- WEB Energie du Vent n'est pas le seul développeur présent sur le territoire,
- Confronté à cette situation et ayant à connaître la prospection qui se déroule dans les communes proches, le Conseil municipal de Mouriez a exprimé son attachement à ce qu'aucun projet éolien ne se développe en dehors d'une densification de l'existant.

Suite à cette mise au point (qui sera rappelée à chaque séance du Comité de pilotage), le maître d'ouvrage expose l'état de son projet afin que tous les membres du Comité de pilotage disposent du même niveau d'information.

#### 4.2.1. Caractérisation du projet

L'identification du site lui a permis de dimensionner le projet dans ses grandes lignes, à commencer par les contours d'une aire d'étude au sein de laquelle il a débuté la caractérisation des contraintes. Parallèlement, et en préalable au lancement des études, il s'est rapproché des élus communaux ainsi que des propriétaires et exploitants concernés par l'éventualité d'une implantation d'éoliennes.



Ces contraintes portent sur l'éloignement du projet des habitations les plus proches, des réseaux (électriques, routiers...) et autres servitudes, des éoliennes déjà implantées, mais aussi du patrimoine historique et des milieux naturels. Concernant ces derniers, les études environnementales, dont l'objectif est de préciser l'état initial de la faune et de la flore locale, ont débuté en août 2015 pour une durée de 12 mois. Celles-ci doivent en effet se dérouler sur un cycle annuel complet.

A ce jour, ce projet comporte 5 éoliennes dont les caractéristiques sont les suivantes : puissance unitaire de 3,6 MW au maximum, hauteur totale entre 125 et 150 m. L'ensemble pourrait développer une puissance totale maximum de 18 MW, soit la consommation domestique d'environ 20 000 à 25 000 personnes (la production finale dépendra *in fine* du nombre d'éoliennes, de leur puissance mais aussi de la force et de la régularité du vent). Présentant les prochaines étapes du développement de son projet, le maître d'ouvrage a insisté sur les points suivants :

- Les études sont en cours depuis août 2015, et leurs résultats seront présentés au prochain Comité de pilotage,
- Ces études comprennent les sujets suivants :
  - Inventaires écologiques portant sur les milieux naturels et notamment oiseaux migrateurs et chauves-souris, éléments du patrimoine faunistique particulièrement pris en compte lors du développement de parcs éoliens.
  - Etudes paysagères, le développeur devant notamment prendre en compte plusieurs édifices inscrits à l'inventaire des monuments historiques (communes de Tortefontaine, Gouy-Saint-André, Douriez et Dampierre-sur-Authie)
  - Etudes acoustiques comprenant une mesure de l'état initial sur laquelle on superpose artificiellement le signal sonore des éoliennes afin de modéliser une incidence éventuelle du projet sur la vie des habitants et d'en réduire les impacts,
  - Mesures de vent afin de prévoir la qualité de la ressource dont dépend la production d'électricité, effectuées depuis un mât de mesure implanté sur le territoire.
- Plusieurs de ces études (mesures de vent, modélisations acoustiques, présence des chauves-souris) nécessitent l'implantation de ce mât de mesure.

Le phasage général du développement du projet s'oriente vers un dépôt du dossier de demande d'autorisation unique en préfecture du Pas-de-Calais à la fin 2016. C'est à l'issue de son instruction par les services de l'Etat que le Préfet autorisera ou non la réalisation du projet, le maître d'ouvrage devant démontrer l'intégration la mieux réussie possible dans son territoire d'implantation, y compris sous l'angle de l'avis des représentants de la population.

A cours des échanges, les participants sont assez peu revenus sur les points précédents, plusieurs membres du Comité de pilotage souhaitant débattre de l'opportunité du projet davantage que de ses modalités de réalisation. La question des retombées économique a été particulièrement discutée.

*Rappel de la décision n°1 du Comité de pilotage du 9 mai 2016 : Les résultats d'étude seront présentés par le maître d'ouvrage lors des prochaines réunions du Comité.*

#### 4.2.2 Débat sur les retombées économiques

Succédant à la présentation par le maître d'ouvrage d'une hypothèse de retombées fiscales possibles pour les communes et la Communauté de communes des Sept Vallées, le débat porte sur l'intérêt

jugé faible, par les représentants de la commune de Mouriez notamment, de retombées d'origines fiscales puisque l'essentiel de la contribution économique territoriale (CET) serait versé à l'EPCI. Le cas de la répartition de la CET issue de l'exploitation des éoliennes déjà implantées sur les communes de Mouriez et Tortefontaine, qui se traduit par un avantage au profit des communes supérieur à ce qu'une simple répartition aurait dû permettre est jugé difficile à reproduire.

Au-delà de cette question, le débat d'opportunité s'est déplacé sur le terrain du projet territorial porté par la CC des Sept Vallées, fortement axé sur le tourisme de mémoire. Les sites historiques sont en effet nombreux sur le territoire et dans ses abords proches (Azincourt, Crécy, multiples sites du souvenir des combats de la 1<sup>ère</sup> guerre mondiale), contribuant à une fréquentation assidue tant de la part de visiteurs régionaux (métropole lilloise en particulier) qu'étrangère au territoire. Le représentant de la CC des Sept Vallées considère que cet axe de développement économique repose sur une certaine forme d'authenticité du paysage qu'il juge peu compatible avec la présence d'aérogénérateurs, précisant toutefois que si telle est la position de sa collectivité, il n'entend évidemment pas dicter celle des communes.

Les représentants de Mouriez et de Tortefontaine rappellent qu'au vu des retombées économiques dont bénéficieraient leurs communes, ils ne souhaitent aucun développement éolien supplémentaire en dehors du site du plateau de Lambus ; seule une densification de l'existant leur paraît donc acceptable, ce qui serait en accord avec le projet proposé par le maître d'ouvrage.

Les échanges se déplacent alors sur les conditions de réalisation ainsi que sur les mesures compensatoires et d'accompagnement du projet.

#### 4.2.3. Conditions de réalisation du projet

Pour le Comité de pilotage, les éoliennes sont des objets « clivant » : les opinions pour ou contre sont tranchées, et l'intensité de la prospection par les développeurs renforce ce sentiment. Si le projet doit se faire, exprime-t-il en substance, il doit aller au-delà d'un simple respect des obligations légales. Comme il n'est pas le seul développeur, son maître d'ouvrage doit montrer en quoi son projet se distinguerait des autres par une mise en œuvre particulière ou des conditions de réalisation meilleures que celles de ses concurrents. Plusieurs points sont abordés successivement.

- Choix des parcelles d'implantation : le souhait est exprimé que les éoliennes soient implantées prioritairement dans des parcelles dont les propriétaires n'ont pas bénéficié des retombées du parc existant ;
- Travaux sur voirie : les maires font état de leur vigilance au sujet de travaux sur la voirie communale qui seraient rendus nécessaires par l'implantation des éoliennes. Si travaux il doit y avoir, expriment-ils, ceux-ci ne doivent pas se traduire par des désagréments à l'égard des habitants et leurs impacts doivent être nuls (passage en souterrain, par exemple, sous la voirie publique).
- Démantèlement des éoliennes en fin de vie : le maître d'ouvrage précise que les conditions de démantèlement sont très encadrées, avec remise en état du site et arasement de 0,40 m pour les chemins, 1 m pour les terres arables et 2 m pour les forêts, ainsi que fracturation des massifs de fondation. Une autre possibilité, cependant, consiste au démontage des éoliennes arrivées en fin de vie et leur remplacement par d'autres machines.



#### 4.2.4 Mesures compensatoires et d'accompagnement du projet

Les propositions suivantes sont évoquées par les membres du Comité :

- Impact visuel des feux de position des éoliennes : un riverain du parc existant, habitant le hameau de Lambus, souligne que la nuit en hiver, lorsque la végétation a perdu ses feuilles, les feux à éclat des éoliennes existantes constituent une gêne visuelle. Il suggère la plantation d'arbres à feuilles persistantes ;
- Mesures d'accompagnement pour le gibier : importante pour ses praticiens, la chasse au perdreau pâtit d'un effondrement des populations d'oiseaux jugé préoccupant. Il est suggéré d'aménager, en bordure des zones d'emprise des éoliennes, des massifs de végétation nécessaires au gîte et à la reproduction des perdrix grises, ainsi que des agrainoirs ;

Plusieurs autres suggestions sont également faites :

- Installation de fenêtres à double vitrage pour réduire les nuisances sonores éventuelles des éoliennes,
- Participation à des travaux d'embellissement de la commune,
- Restauration d'une chapelle,
- Pose de la fibre optique...

Sans se prononcer sur le fond, le maître d'ouvrage note qu'il est imposé par la réglementation que les mesures compensatoires et d'accompagnement présentent un lien avec le projet de parc éolien ; en tout état de cause, il s'estime disposé à en discuter.

#### 4.2.5 Investissement participatif

Le maître d'ouvrage fait part de son engagement à proposer aux riverains, collectivités et propriétaires/exploitants, de participer au financement du projet à hauteur de 30 000 €/MW installé. Cet investissement participatif repose sur une prise d'obligations par les investisseurs, qui recevront en contrepartie une rémunération de leur placement. Les conditions seront définies à la mise en service du projet. Ce type d'investissement, qui permet d'investir l'épargne locale dans les projets locaux, suscite un développement important, notamment en matière d'énergies renouvelables.

### 4.3. Principaux points traités par le Comité de pilotage dans sa séance du 7 septembre

Conformément aux recommandations du 9 mai dernier, le Comité de pilotage accueille M<sup>me</sup> le maire de Gouy-Saint-André, en tant que membre permanent du Comité, ainsi que les représentants de la société Infinivent, invités à participer aux travaux du Comité sur le volet « Cohabitation entre les différents développeurs sur la même zone ». En effet, la zone d'étude de Tortefontaine-Mouriez dispose déjà d'un parc éolien en exploitation propriété d'Infinivent, dont l'extension est en cours et doit être poursuivie par un nouveau projet. Cette situation particulière explique l'attention qu'accordent les membres du Comité à l'égard de la mise en cohérence des différents parcs. Un 3<sup>ème</sup> développeur, Intervent, qui a rencontré les élus dans la perspective d'implanter trois éoliennes supplémentaires, n'a pu se rendre disponible.

Les points suivants ont été traités particulièrement au cours de cette séance :

- Résultats des études conduites par WEB Energie du Vent dans le cadre de son projet,
- Examen des variantes du projet,

- Mise en cohérence entre les différents projets et les différents développeurs,
- Mesures compensatoires.

#### 4.3.1. Etude acoustique

Le développeur signale qu'aucune éolienne projetée dans ses deux variantes ne se situe à moins de 600 m (variante à 8 machines) ou de 800 m (variante à 6 machines) des habitations les plus proches, distances supérieures à ce qu'impose la réglementation (éloignement de 500 m au minimum). Une étude de propagation acoustique a été menée en juillet et août 2016, dont l'analyse est en cours. On rappelle que la méthodologie d'étude imposée par la réglementation consiste en la mesure de l'état initial (l'environnement sonore actuel), dont les résultats seront disponibles à la mi-septembre, sur laquelle on superpose le signal sonore des modèles d'éoliennes dont la construction est projetée. L'incidence de ces dernières ne peut excéder 3 dB supplémentaire (de nuit) ou 5 dB (de jour).

De cette simulation acoustique dépendra un positionnement précis des éoliennes.

#### 4.3.2. Etude d'incidence paysagère

L'étude paysagère prend en compte la vision des éoliennes depuis les monuments et sites classés ou remarquables, à l'instar de l'abbaye de Dommartin par exemple, et leur insertion visuelle dans le paysage dont jouissent les riverains et les habitants des communes les plus proches.

Tout d'abord, le site d'implantation projeté est un plateau agricole au sein duquel des éoliennes sont déjà en exploitation et d'autres en cours de développement. D'autre part, la configuration du site permet à WEB Energie du Vent d'envisager une implantation qui écarterait toute perception certaine depuis les monuments et sites remarquables proches, y compris la vallée de l'Authie, la plupart de ceux-ci se situant en contrebas de l'aire d'étude.

S'agissant de leur insertion dans l'environnement immédiat, le développeur a présenté plusieurs simulations photographiques dans lesquelles il a intégré la hauteur maximale des machines dont il projette l'installation, mais aussi les éoliennes en fonctionnement et celles en développement par Infinivent (il n'a pas pu prendre en compte celles d'Intervent, dont le projet d'implantation précis n'était pas connu à date). Cette présentation a fait l'objet de plusieurs interrogations de la part des membres du Comité :

- Ne peut-on rien faire pour réduire l'intensité des feux de position des éoliennes ? *Réponse : le développeur n'a aucune marge de manœuvre, il est soumis à la réglementation ;*
- En fonction de l'ensoleillement à certaines périodes de l'année et à certaines heures, la rotation des pales entraîne une gêne pour les conducteurs empruntant le réseau secondaire. Que peut-il être fait ? *Réponse de WEB Energie du Vent : cet effet de scintillement est pris en compte par le développeur essentiellement pour les habitations.*
- Une harmonisation de la hauteur des machines entre les différents parcs est-elle prévue ? *Réponse des développeurs : Le parc d'Infinivent en exploitation est composé d'aérogénérateurs de 125 m de haut, tandis que son extension prévoit des machines de 150 m. WEB Energie du Vent a pris en compte cette dernière dimension pour les éoliennes de son propre projet. (A noter que la perception de la taille des machines n'est pas liée qu'à la hauteur « hors tout » des machines, mais aussi à la distance à l'observateur).*

### 4.3.3. Caractérisation des milieux naturels

WEB Energie du Vent fait état des éléments principaux permettant de caractériser l'intérêt écologique de la zone d'étude dans un périmètre de 10 km autour du projet : présence de boisements et de haies bocagères ; proximité avec la vallée de l'Authie et autres zones humides. Ces deux spécifications écologiques n'interfèrent pas de la même façon avec le projet éolien.

Plusieurs boisements et les haies implantés au sein de l'aire d'étude constituent des habitats potentiels de plusieurs espèces de chiroptères (chauve-souris), dont l'intérêt en termes de protection de la biodiversité est manifeste. Il s'agit donc d'un enjeu important mais non rédhibitoire, que le développeur doit prendre en compte dans son schéma d'implantation.

La vallée de l'Authie, le marais du Haut-Pont et le marais communal de Nempont-Saint-Firmain constituent des habitats de nombreuses espèces fréquentant les zones humides, dont certaines d'entre-elles (oiseaux en déplacement) sont susceptibles de fréquenter la zone d'étude. Cette potentialité ne constitue pas non plus une contrainte rédhibitoire.

### 4.3.4 Examen des variantes proposées par WEB Energie du Vent

Deux scénarios d'implantation sont soumis aux membres du Comité de Pilotage, à l'appui notamment d'un ensemble de simulations photographiques par lesquelles il ressort que la « variante à 8 » offre une visibilité accrue des machines.

Livrée telle quelle, cette première comparaison, assortie d'une prise en compte d'éléments supplémentaires (à commencer par l'implication territoriale de la commune de Douriez dans la « variante à 8 » alors qu'elle reste à l'écart de la « variante à 6 »), montre que la recherche du moindre impact incite le développeur à privilégier cette dernière : l'impact paysager est plus faible, et la distance aux habitations est plus grande.

A noter que cette modélisation des implantations possibles des machines respecte une recommandation du Comité de pilotage émise dans sa séance précédente : « (...) que les éoliennes soient implantées prioritairement dans des parcelles dont les propriétaires n'ont pas bénéficié des retombées du parc existant » (compte-rendu du Comité de pilotage du 9 mai 2016).

Prenant acte de l'option privilégiée par le développeur, les participants au Comité du 7 septembre débattent alors longuement de deux sujets qu'ils jugent primordiaux :

- la poursuite éventuelle du développement éolien dans le territoire de projet au-delà du projet de WEB Energie du Vent,
- les mesures compensatoires afférentes à ce dernier. Comme les interventions ont fréquemment croisé les différents projets portés par WEB Energie du Vent et Infinivent (et même, dans une certaine mesure, celui d'Intervent), ces deux sujets sont abordés sous l'angle plus global de la cohabitation entre les différents développeurs.

### 4.3.5 Cohabitation entre les différents développeurs sur le plateau de Lambus

#### La poursuite du développement éolien

Il s'agit là d'une préoccupation majeure des membres du Comité de pilotage. Même si le principe de densification des parcs est acté (notamment par le conseil municipal de Mouriez, ceci pour le seul

secteur de Lambus), ces membres ne souhaitent pas une croissance exponentielle du nombre d'éoliennes dans leur environnement immédiat. Posée directement aux développeurs, la question est la suivante : « à quel potentiel estimez-vous la capacité éolienne totale du Plateau de Lambus ? » La réponse est à prendre avec beaucoup de prudence. Les représentants de WEB Energie du Vent et Infinivent s'accordent pour estimer à une trentaine, au maximum, le nombre d'éoliennes de caractéristiques analogues à celles qu'ils projettent (3,5 MW pour 150 m de haut) qui pourraient être implantées techniquement. Cette précision signale que la capacité technique est loin d'être le seul paramètre à prendre en compte ; l'acceptabilité locale (élus et riverains), les contraintes physiques (acoustiques, paysagères, écologiques, capacitaires électriques, VRD, etc.), mais aussi la perception du(des) projet(s) par les services instructeurs de l'Etat constituent autant de critères.

La question se pose alors d'associer l'ensemble des développeurs dans la démarche de concertation.

#### Pour une cohérence entre les projets

Les propos qui suivent reformulent les échanges entre les membres du Comité, tout en restant sous la responsabilité du rédacteur.

Il faut se mettre à la place des élus des communes concernées et des riverains des projets : aujourd'hui, trois développeurs cherchent à cohabiter sur une même zone, porteurs de trois projets rendus à des avancements différents, et dont les niveaux de détails sont bien connus dans un cas (projet d'extension d'Infinivent), très avancé pour un autre (projet de WEB Energie du Vent), et presque au stade de la découverte pour le troisième (Intervent). Qui plus est, ces trois développeurs ne partagent pas forcément la même politique en termes d'insertion locale de leurs projets (concertation avec les acteurs locaux et information à la population tout particulièrement), et peuvent avoir intérêt à rester en compétition puisqu'au final, l'autorisation d'implanter un parc revient aux services de l'Etat au titre d'une instruction des projets sur dossier.

Constat n°1 : Les acteurs locaux ne parviendront à se faire une idée précise de l'évolution de leur environnement qu'à la condition que les développeurs leur présentent simultanément leurs projets respectifs.

Constat n°2 : Si tout ou partie de ces projets est incompatible, et/ou si aucune cohérence d'ensemble ne se dégage, seule cette confrontation entre les projets permettra aux acteurs locaux de se faire une opinion précise.

Constat n°3 : L'information de la population devra s'effectuer dans la logique des travaux présentés au Comité de pilotage par WEB Energie du Vent, puisque le projet de cette dernière société prend en compte le parc existant et celui en construction d'Infinivent ; tandis que le projet d'Intervent ne porte que sur un petit nombre d'éoliennes. C'est à cette condition que pourra se dégager une perception d'ensemble englobant les différents projets.

#### Les développeurs vont continuer à travailler ensemble

Les constats précédents sont partagés entre le Comité de pilotage et les développeurs. Ils ont motivé WEB Energie du Vent, initiateur de cette démarche de concertation, à prendre l'attache d'Infinivent et d'Intervent. Au cours de cette séance du 7 septembre, les deux premiers ont exprimé publiquement leur volonté de travailler ensemble et de restituer ces travaux devant le Comité :

- En prenant en compte les contraintes de chaque projet,
- En proposant ensemble des solutions aux perturbations potentielles,
- En organisant une communication commune : réunion publique et/ou permanence publique au cours de laquelle les développeurs informeront à partir d'une vision d'ensemble alimentée par les trois développeurs.

Pour autant, le Comité de pilotage insiste sur un besoin de cohérence qui aille au-delà de ces principes, et qui fasse véritablement écho à l'affirmation partagée par les développeurs présents de contribuer par leurs réalisations à un projet de territoire. Selon le Comité, c'est l'opportunité de proposer des mesures compensatoires avec un minimum d'ambition qui fera sens auprès des acteurs locaux, dont plusieurs d'entre eux font part de leurs attentes que soient apportées des garanties réelles quant à leur mise en œuvre.

#### 4.3.6. La question des mesures compensatoires

Ce sujet a été âprement débattu entre les développeurs et le Comité de pilotage, dont les membres font une condition de réussite. Or, la concomitance entre les projets de WEB Energie du vent et Infinivent permet aux développeurs de travailler ensemble ces mesures à l'échelle des deux projets, et d'en débattre avec les membres du Comité de pilotage ; les mesures retenues seront intégrées au dossier administratif de demande d'autorisation et prendront de ce fait une dimension officielle et irrévocable.

WEB Energie du Vent rappelle cependant que le détail des mesures compensatoires ne peut être précisé que sur la base d'un projet mieux défini (variante retenue, incidences potentielles connues), et donc à partir des résultats d'étude dont l'analyse sera terminée début octobre. A cette occasion, WEB Energie du Vent et Infinivent mettront au débat des propositions détaillées de mesures d'accompagnement et de compensation en rapport avec le projet :

- Traitement paysager du site et de ses abords par plantation de haies et d'arbres qui devront également respecter la réglementation en vigueur (distances aux machines),
- Actions spécifiques auprès des riverains, si par cas il s'avère que l'implantation projetée des éoliennes est susceptible de constituer une gêne manifeste à leur égard,
- Actions spécifiques en faveur de la biodiversité, par exemple pour le maintien ou le renforcement des populations de perdreaux,

*Rappel de la décision n°1 du 7 septembre 2016 : Les mesures compensatoires seront proposées de concert entre WEB Energie du Vent et Infinivent. Elles seront présentées au Comité de pilotage.*

#### 4.4. Principaux points traités par le Comité de pilotage dans sa séance du 29 novembre

Pour la première fois, le Comité de pilotage a réuni les représentants des trois sociétés actives sur le plateau de Lambus : WEB Energie du Vent, Infinivent et Intervent. Cette séance a donc permis de tracer une vision d'ensemble alimentée par les projets des trois développeurs, comme demandé avec insistance par le Comité dès sa première séance, puis d'examiner les propositions de mesures compensatoires conçues conjointement par WEB Energie du Vent et Infinivent.

#### 4.4.1. Vision d'ensemble prenant en compte tous les projets des développeurs

Par projet nous entendons tout parc éolien en exploitation, en développement ou en étude.

Le site comprend à date les projets suivants :

- . 6 éoliennes en fonctionnement, exploitées par la société Infinivent
- . 3 éoliennes dont le permis de construire est accordé, portées par la société Infinivent
- . 4 à 5 éoliennes en développement, portées par la société Infinivent, cette imprécision provenant de la situation suivante : le parc en exploitation devait comporter initialement une 7<sup>ème</sup> machine, qui n'a pas été installée. Le permis de construire de cette 7<sup>ème</sup> éolienne est à présent caduc ; selon que cette 7<sup>ème</sup> machine est confirmée, son implantation sera intégrée à ce nouveau développement.
- . 2 à 3 éoliennes en projet par la société Intervent : 2 si Infinivent confirme son projet précédent avec 5 éoliennes ; 3 si le projet d'Infinivent n'en comporte que 4
- . 5 éoliennes en développement, portées par la société WEB Energie du Vent, objet initial de ce Comité de pilotage.

Le total général porte à 21 le nombre d'éoliennes qui pourraient être implantées à terme sur le site. Une mise en cohérence est donc indispensable ainsi qu'une information globale à destination de la population ; on se souvient en effet que plusieurs membres du Comité de pilotage s'étaient émus d'une situation vécue comme une intrusion dans leur territoire de projets de type industriels sur lesquels ils n'avaient pas prise, faute d'en savoir assez. Cette première cartographie complète de l'ensemble des projets connus est donc un élément d'information tout à fait important.

A noter que ces projets reposent tous sur un foncier sécurisé par chacun des développeurs auprès des propriétaires concernés.

Sur le plan technique, ces éoliennes développeraient une puissance unitaire de 3,45 à 3,6 MW pour une hauteur jusqu'à 150 m (projet de WEB Energie du Vent notamment), l'ensemble répondant bien aux attentes des élus communaux, à savoir une implantation dans la continuité et par densification au sein de cette même unité territoriale que constitue le plateau de Lambus.

#### 4.4.2. Mesures paysagères compensatoires (projets de WEB Energie du Vent et d'Infinivent)

Ces mesures reposent principalement sur un traitement paysager conforté par des plantations d'arbres et reconstitutions de haies bocagères, en des endroits particuliers de l'environnement des projets et selon des angles de vue précis. Leur objectif est de masquer les éoliennes à la vue des habitants, et/ou de détourner le regard vers ces nouveaux éléments visuels que constitueront les plantations végétales.

D'une manière générale, toute plantation ou intervention proposée par WEB Energie du Vent et Infinivent sur le terrain d'autrui exige les conditions suivantes :

- une emprise foncière disponible,
- l'accord du propriétaire du terrain concerné
- un accès possible dans la parcelle concernée par la plantation.

L'entretien des plantations est pris en charge par les développeurs pendant les 4 premières années ; il incombe ensuite aux propriétaires des parcelles concernées.

A noter qu'il existe une pépinière à Tortefontaine.

### Mesures compensant l'incidence visuelle des éoliennes sur les habitations les plus proches

. Hameau du Lambus : ce hameau est situé en position dominante et la végétation existante ne permet pas de masquer les éoliennes en projet. La mesure consiste donc à densifier les haies existantes et planter de nouveaux arbres de haut-jet.

. Hameau de Saint-Josse : prolongement d'une haie en façade Est et plantation d'arbres de haut-jet.

. Gouy-Saint-André : fermeture des fenêtres de visibilité par densification des haies et alignements d'arbres existants.

. Ferme du Petit-Saint-André : plantation d'une haie le long de la RD 138 en limite de propriété.

### Mesures compensant l'incidence visuelle des éoliennes aux entrées et sorties des hameaux du Lambus et de Saint-Josse

. Hameau de Saint-Josse : plantations de haies et d'arbres afin de masquer les éoliennes à la vue des passants et mise en valeur des éléments patrimoniaux particuliers (croix en bord de route, chapelle).

. Hameau du Lambus : plantation de tilleuls et prolongement de haies bocagères, autres aménagements localisés destinés à détourner le regard des passants sur les éoliennes et donc d'en minimiser l'impact visuel.

#### 4.4.3. Autres mesures compensatoires proposées

##### La question de l'écoulement des eaux superficielles

Ce sujet est particulièrement sensible. La nature du sol et la topographie du site induisent des problèmes d'érosion qui se traduisent par des interventions coûteuses pour curer les ouvrages hydrauliques. L'imperméabilisation des plateformes des éoliennes et de leurs chemins d'accès risquant d'accentuer ce phénomène de manière localisée, les développeurs soumettent au Comité de pilotage les mesures destinées à les prévenir. Il s'agit principalement :

- d'un aménagement des plateformes intégrant une gestion des eaux de pluie sur leur emprise et le long des chemins d'accès,
- d'une aide à la lutte contre l'érosion par entretien et curage, avec les communes, des bassins de rétention d'eau mis en place dans le cadre du programme de lutte contre l'érosion. L'objectif de cette mesure est d'éliminer les boues qui se déposeront et conserver ainsi toute leur capacité de stockage.

Prenant acte de ces propositions, le Comité propose qu'un maximum de surfaces (bords de chemins et de plateformes, berges des fossés et autres dispositifs propres à améliorer l'écoulement des eaux) soit végétalisé, de manière à reconstituer un « buvard » naturel (celui-ci aurait pour double effet de différer l'écoulement superficiel et permettre une meilleure infiltration en sous-sol). Une telle mesure, ajoute-t-il, serait de plus bénéfique à la biodiversité.

##### Contribuer à la préservation de la biodiversité

Cette question a déjà été abordée lors des rencontres précédentes du Comité de pilotage. On connaît, du reste, l'attachement de plusieurs de ces membres à cet égard, et pas seulement sur le plan du maintien des populations de perdreaux.

Il faut souligner également une étude produite par la Fédération des Chasseurs, qui milite également dans ce sens.

La plantation de couverts végétaux à proximité des éoliennes est sévèrement encadrée par la réglementation. Les pouvoirs publics stipulent en effet qu'une couverture végétale attire les animaux et donc crée les risques de surmortalité, par exemple pour les chiroptères attirés par les insectes eux-mêmes attirés par les jeunes pousses, les fleurs et autres baies sauvages.

Le bon sens recommande une analyse peut-être un peu plus nuancée. Tout d'abord, tous les couverts végétaux ne sont pas propices à attirer les insectes volants et leurs prédateurs : on peut donc chercher à privilégier une végétation basse, couvrante ou rampante, composées de plantes non-mellifères (pour faire court). Car de nombreux animaux cherchent le couvert végétal non pas tellement pour se nourrir, mais aussi pour s'abriter ; et parmi ceux-ci figurent de nombreuses espèces qui ne volent pas : les amphibiens et reptiles, les mammifères « à pattes » (de loin les plus nombreux) et autres oiseaux plutôt terrestres, à l'instar des perdrix, seraient heureux que soit mis à leur disposition un couvert végétal implanté pour la circonstance ; il est assez peu probable qu'ils soient impactés par les pales des éoliennes qui tourneraient au-dessus de leurs têtes.

Ce couvert végétal aurait également pour objectif de ralentir les écoulements superficiels des eaux de pluie, d'en améliorer l'infiltration (le long du réseau racinaire), et de freiner le charriage des fines et autres matériaux vers l'aval.

Allier les objectifs de lutte contre l'érosion, préservation de la biodiversité et maintien des populations d'un gibier prisé des chasseurs (le perdreau) mérite au moins qu'on se penche sur la ou les mesures compensatoires qui pourraient y concourir simultanément.

*Rappel de la décision n°1 du 29 novembre 2016 : WEB Energie du Vent et Infinivent organiseront une rencontre entre les écologues et hydrologues avec lesquels ils travaillent pour étudier l'opportunité et les modalités de mesures appropriées, permettant simultanément de lutter contre l'érosion et préserver/restaurer la biodiversité du site. Ils y associeront la Fédération des chasseurs du Pas-de-Calais, puis prendront l'attache de la DREAL pour estimer la recevabilité des mesures proposées. Ils tiendront informés de leur démarche les membres du Comité de pilotage.*



## 5. Poursuite de la concertation

### 5.1 Rappel

Le dispositif de concertation préalable repose sur le Comité de pilotage, instance qui se réunit autant que de besoin. Il s'agit d'un dispositif volontaire, mis en place sur proposition de WEB Energie du Vent dans le périmètre de Mouriez, Tortefontaine et Gouy-Saint-André. Il est distinct de l'enquête publique, phase de consultation réglementaire dans un rayon de 6 km autour du projet, dont les modalités seront définies par la préfecture et placées sous l'autorité du tribunal administratif.

Il comprend cependant un dispositif particulier d'information de la population sous la forme de permanences ouvertes au public, comme décidé par le Comité de pilotage dans sa séance du 7 septembre dernier. Pour des raisons de calendrier, cette information interviendra après le dépôt du dossier de WEB Energie du Vent en Préfecture du Pas-de-Calais ; elle est prévue pour mars 2017.

### 5.2. Permanences ou réunions publiques

Au-delà du cercle des élus locaux, exploitants agricoles et riverains du site, réunis par le présent Comité de pilotage, l'information de la population est incontournable. Les habitants qui le souhaitent doivent être en mesure de se faire une opinion sur un projet dont ils ignorent tout, et ce en amont de la phase d'instruction administrative, c'est-à-dire alors qu'il est encore modifiable.

Le Comité de pilotage a tranché en faveur de permanences d'information publiques animées par les maîtres d'ouvrage, qui comportent l'avantage d'être en mesure de présenter le projet et répondre aux questions en petits groupes, en particulier avec des personnes que l'effet « masse » des réunions publiques rebutent.

Ces permanences se tiendront à Mouriez et Tortefontaine au mois de mars, sur la base d'un fonds documentaire mis à la disposition du public par les trois sociétés WEB Energie du Vent, Infinivent et Intervent et qui comprendra une carte générale d'implantation des différents projets, des photomontages et autres documents utiles.

*Rappel de la décision n°2 du 29 novembre 2016 : Deux permanences d'information des habitants se tiendront au mois de mars 2017 à Mouriez et Tortefontaine. Elles seront animées par les développeurs WEB Energie du Vent, Infinivent et Intervent.*

### 5.3. Prochaines étapes

Les prochaines étapes sont les suivantes :

- **Début décembre 2016** : Dépôt du dossier de demande d'extension du parc éolien d'Infinivent en préfecture du Pas-de-Calais
- **Mi-décembre 2016** : Dépôt du dossier de demande d'autorisation unique porté par WEB Energie du Vent en préfecture du Pas-de-Calais
- **Mars 2017 (prévision)** : présentation du projet à la population (permanences d'information)
- **Courant 2017** : Dépôt du dossier de demande d'autorisation du projet porté par Intervent.

Aucune rencontre du Comité de pilotage n'est programmée dans l'immédiat.

## 6. Principaux enseignements et recommandations

### 6.1. Enseignements généraux

#### 6.1.1. Principaux enseignements sur le fond

Pour avoir animé de nombreuses concertations portant sur des projets d'aménagement ou d'implantation d'équipements, le garant confirme que le dispositif appliqué au projet Tortefontaine-Mouriez est correctement proportionné au projet ainsi qu'au jeu d'acteurs du territoire concerné.

Tout développeur qui se place en interface avec la population et ses représentants se trouve face au dilemme suivant :

- S'il présente un projet peu précis dans sa définition, ses interlocuteurs lui font reproche de ne pas savoir réellement ce qu'il veut, voire de cacher ce projet pour avancer masqué.
- S'il décrit très précisément un projet laissant paraître que celui-ci ne peut connaître aucune évolution, on l'accuse de mener une « pseudo concertation » dans laquelle tout est décidé et plus rien n'est à débattre.

La posture de WEB Energie du Vent est donc la bonne : exposer sa méthode de développement de projet, faire dire par les acteurs locaux la ou les implantations qu'ils ne veulent pas et à quelles conditions le projet du maître d'ouvrage pourrait être porté à la connaissance de la population.

De cette manière, maître d'ouvrage et acteurs locaux ont pu avancer de concert :

- L'énoncé, par les acteurs locaux, des conditions d'un accord possible (mais pas certain) à la réalisation du projet met le maître d'ouvrage sous pression. Le garant les a ainsi entendu à plusieurs reprises souligner leur attente d'un projet exemplaire afin qu'il ne nuise à personne (incidences sonores et visuelles en particulier).
- Le rappel constant par le maître d'ouvrage de la méthodologie d'étude lui a permis d'exposer son savoir-faire.
- L'accord des acteurs locaux autour d'une variante unique doit être interprété non comme un « chèque en blanc » pour la réalisation du projet, mais comme un « consentement à continuer ».

Cette attitude générale de l'ensemble des parties prenantes peut se résumer comme l'illustration du principe d'un projet devant comporter « un maximum d'effets pour un minimum d'impacts ». Dans le cas contraire (trop d'impacts et peu d'effets), aucune partie prenante n'est engagée si loin qu'elle se trouverait dans l'incapacité de faire marche arrière. Toutes les parties prenantes sont donc bien sur un même pied d'égalité, ce qui constitue le fondement de la concertation (le principe « d'équivalence »).

Cette manière de dialoguer est très constructive. La concertation a débutée par : « personne ne vous demande d'exprimer votre accord ou votre opposition au projet, mais de préciser quelles seraient ses conditions de réussite » ; elle devrait s'achever logiquement par : « comment renforcer les effets (bénéfiques) du projet et réduire ses impacts (négatifs) ? »

Il serait donc utile que cette phase de concertation se poursuive dans les étapes ultérieures du projet par une négociation sur un renforcement de ces effets bénéfiques. On pense aux mesures

compensatoires, et à l'assemblage d'un partenariat de projet, par lequel la dimension participative évoquée par le maître d'ouvrage pourrait prendre une certaine consistance (épargne locale et prise de dette, gouvernance participative, etc.).

### 6.1.2. Principaux enseignements sur la forme

Bien entendu, les éléments précédents n'augurent rien du déroulement de l'enquête publique ni du parcours du dossier dans sa phase d'instruction administrative. L'on est en droit cependant de se demander si la forme prise par ce dispositif de concertation est la bonne.

Le Comité de pilotage, tant dans sa composition que dans son fonctionnement a accaparé la fonction d'instance de gouvernance locale du projet. Son caractère ouvert garanti par principe à un acteur local structuré d'être invité à y siéger. Son fonctionnement, basé sur l'échange autour des différentes composantes du projet, a permis à tous ses membres de contribuer aux réflexions du groupe et d'exprimer un avis personnel. Le rythme de ses réunions a reposé exclusivement sur l'avancée du dossier et tout particulièrement les échéances dans le rendu des études, sujet déterminant pour une prise de position des membres du Comité. Le garant estime que ce Comité de pilotage remplit donc pleinement sa fonction.

S'agissant de l'information de la population, le calendrier a rendu impossible sa mise en œuvre avant le dépôt du projet. Le garant lui-même plaide pour un nombre très réduit de réunions publiques dès lors qu'elles traitent de projets d'équipements ou d'aménagements clivants. Le choix se porte sur deux permanences publiques à Mouriez et à Tortefontaine qui se tiendront en mars 2017 (prévisionnel), avec pour avantage d'informer les gens qui le souhaitent en petit groupes, donc avec un haut niveau de détail dans une ambiance « apaisée » ;

Car en effet, sur un sujet potentiellement porteur de conflictualité à l'instar des éoliennes, une réunion publique abandonne parfois très rapidement sa fonction informative, pour s'engager dans une confrontation de postures peu propice à l'échange argumentaire.

Nul ne conteste que l'information du public soit un préalable au débat ; elle seule permet à nos concitoyens de se faire une opinion en prenant connaissance de points de vue différenciés. Lorsqu'il s'agit de grands projets structurants, le garant avoue sa préférence, plutôt qu'en faveur de réunions publiques qui échouent dans leur fonction informative, pour des auditions de personnes qualifiées ouvertes au public. Ceci pour éviter que la parole soit capturée par des porteurs d'intérêts qui n'ont pas pour objectif d'éclairer un public « profane » sinon d'imposer leur point de vue.

Ce dispositif est bien adapté aux grands projets ; il est hors de portée des « petits » à l'instar d'un parc éolien de quelques mégawatts ou millions d'euros.

Le schéma d'information retenu pour le projet Tortefontaine-Mouriez, entre autres outils, repose sur une mise en œuvre simple : les permanences locales ouvertes au public. Cette « simplicité » pallie à une grande constance en matière de développement de projets : le désintérêt d'une majorité de la population, que l'on euphémisera en « arbitrage des temporalités privées au détriment du collectif », et qui se traduit bien souvent par une fréquentation décevante des dispositifs de concertation organisés à son endroit.

Il n'est pas évident qu'un dispositif étoffé par plusieurs réunions publiques rallie un public fondamentalement plus nombreux.

Par la suite, le dispositif prévu par l'enquête publique prendra le relais avec pour mission, notamment, de donner une direction quant à l'intérêt général du projet.

Cet intérêt général, faut-il le rappeler, comprend l'attachement de la population à vivre dans un environnement de qualité et aussi l'engagement de notre pays de répondre aux besoins énergétiques de nos concitoyens en faisant appel aux ressources renouvelables.

### 6.2. Appréciation sur la concertation telle que menée jusqu'à présent

Dans l'ensemble, les membres du Comité de pilotage du projet de Tortefontaine-Mouriez estiment utiles les rencontres du Comité de pilotage, qui ont permis d'échanger directement avec WEB Energie du Vent dans un premier temps (1<sup>ère</sup> réunion du 9 mai), WEB Energie du Vent et Infinivent (2<sup>ème</sup> réunion du 7 septembre), WEB Energie du Vent, Infinivent et Intervent, enfin, ce 29 novembre. Alors qu'ils ne disposaient jusqu'à présent que d'éléments épars, c'est d'une vision d'ensemble du développement éolien du site de Lambus qu'ils bénéficient maintenant, ce qui leur a permis d'inciter les développeurs à concevoir ensemble les mesures compensatoires de leurs projets respectifs.

S'agissant du cas particulier de l'information des riverains, un des participants a porté l'appréciation suivante : « *même si je n'habite pas le site d'implantation, j'en cultive les terres et depuis chez moi, je vois les éoliennes. La représentante de WEB Energie du Vent est venue me voir pour m'exposer son projet et recueillir mon avis, comme elle l'a fait avec tous les propriétaires, exploitants et habitants de l'aire d'étude. Je trouve ça très bien.* »

Le garant salue cette ode à la concertation locale.

### 6.3. Recommandations

A ce stade du projet et après examen des attentes exprimées par les membres du Comité de pilotage, le garant émet les recommandations suivantes :

- Le dialogue instauré au sein du Comité devra se poursuivre sous une forme à déterminer par le Comité lui-même, afin de faire suite à la concertation qu'il a engagée
- Il devra se traduire par une information régulière de la population à l'aide d'outils de communication et selon une périodicité à définir ultérieurement par le Comité
- Le caractère participatif envisagé par le maître d'ouvrage devra faire l'objet d'une clarification en temps voulu, avec des précisions quant aux possibilités concrètes offertes aux parties prenantes (investissement, gouvernance, etc.)
- Ces recommandations n'auront de sens qu'à l'issue de l'instruction administrative du dossier et si l'autorité délivre un permis de construire et une autorisation d'exploiter
- En tout état de cause, le Comité devra veiller à ce que l'information du public qu'il pourrait diligenter n'interfère pas avec le processus de mise à l'enquête publique, afin d'éviter tout amalgame ou assimilation erronée avec la procédure légale.

Fait à Savigné-sous-Le Lude le 7 décembre 2016  
Le garant de la concertation

Jean-Stéphane Devisse



*Coordonnées directes : tél 06 72 84 79 31 – courriel : [jdevisse@free.fr](mailto:jdevisse@free.fr)*

**Médiation & Environnement**

Société Coopérative de Production affiliée à la Confédération Générale des SCOP  
Siège social : La Mercerie F-72800 Savigné-sous-Le Lude - siret 431 285 626 00013 APE/NAF 742 C

Tél : +33 (0)2 43 45 27 25 – Fax +33 (0)2 43 45 84 33  
[contact@mediation-environnement.coop](mailto:contact@mediation-environnement.coop) – [www.mediation-environnement.coop](http://www.mediation-environnement.coop)





## ANNEXE 5 : EXEMPLE D'ACTE DE CAUTIONNEMENT POUR GARANTIES FINANCIÈRES

---



Client n°: 538557 / Contrat n°: 378166 / Caution n°: 1

Vu le code de l'environnement, le Décret n°2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées pris pour application de l'article L. 553-3,

Vu l'arrêté du 26 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent pris en application des articles R. 553-2 et R. 553-5 du code de l'environnement,

**ATRADIUS CREDITO Y CAUCION S.A. DE SEGUROS Y REASEGUROS**, Société de droit espagnol au capital de 24 869 770,85 euros dont le siège social est situé Paseo de la Castellana 4 – 28046 à Madrid, immatriculée au registre commercial de Madrid sous le numéro M-171144, et dont la succursale en France est située au 159 RUE ANATOLE FRANCE CS50118 92595 LEVALLOIS-PERRET CEDEX immatriculée au Registre du Commerce et des Sociétés de Nanterre sous le numéro 823 646 252, représentée par Pietro Lanzilotta et Marc Cambourakis, ou par délégation le(s) signataire(s) de la présente, dûment habilité(s) à cet effet.

Après avoir rappelé qu'il a été porté à sa connaissance que :

WP FRANCE 4  
22 RUE CHARCOT  
75013 PARIS  
N° de siren :790342422

Ci-après dénommé "LE CAUTIONNE"

titulaire de l'autorisation donnée par arrêté préfectoral en date du 13/02/2014 du préfet de LA MARNE (51) d'exploiter une installation de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent sise 51320 FAUX VESIGNEUL a demandé à l'établissement susvisé ci-après dénommé « la Caution » de lui fournir son cautionnement solidaire.

Déclare par la présente, en application de l'article L. 553-3 du code de l'environnement, des articles R. 553-1 et suivants du code de l'environnement et des articles 3 et suivants de l'arrêté du 26 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent pris en application des articles R. 553-2 et R. 553-5 du code de l'environnement, se constituer caution solidaire en renonçant aux bénéfices de division et de discussion, d'ordre et pour compte du cautionné dans les termes et sous les conditions ci-après :

#### Article 1- Objet de la garantie

La présente garantie constitue un engagement purement financier. Elle est exclusive de toute obligation de faire et elle est consentie dans la limite du montant maximum visé à l'article 2 du présent acte en vue de garantir au préfet mentionné le paiement en cas de défaillance du cautionné des dépenses liées au démantèlement des installations de production, à l'excavation d'une partie des fondations, à la remise en état des terrains et à la valorisation ou l'élimination des déchets de démolition ou de démantèlement, conformément à l'article R. 553-6 du Code de l'environnement et à l'article 1 de l'arrêté du 26 août 2011.

Les conditions techniques de remise en état sont définies à l'article 1 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent pris en application des articles R. 553-2 et R. 553-5 du code de l'environnement

La présente garantie ne couvre pas les indemnités dues par l'exploitant aux tiers qui pourraient subir un préjudice par le fait de pollution ou d'accident causé par l'activité de ce dernier, ni les engagements et obligations dus par l'exploitant au titre de la responsabilité environnementale.

#### Article 2 – Montant

Le montant maximum du cautionnement est de :  
**653 645.00 EUR six cent soixante trois mille six cent quarante cinq euros.**

#### Article 3 – Durée et renouvellement

##### 3.1 Durée

Le présent engagement de caution prend effet à compter du 13/12/2016. Il expire le 18/12/2021 18 heures sauf si l'exploitation ne nécessite plus une garantie financière au titre de l'article L. 553-3 du code de l'environnement. Passé cette date ou après décision du préfet de lever l'exigence de garantie financière, il ne pourra plus y être fait appel.

##### 3.2 Renouvellement

Le cautionnement pourra être renouvelé dans les mêmes conditions que celles objet des présentes, sous réserve :  
- que le cautionné en fasse la demande au moins 6 mois avant l'échéance ; et  
- que la caution marque expressément son accord de renouvellement au bénéficiaire. Cet accord devra intervenir conformément à l'article R. 515-2 du Code de l'environnement, au moins trois mois avant l'échéance du cautionnement.

##### 3.3. Non-renouvellement.

En cas de non-renouvellement du cautionnement, la caution informera le préfet par lettre recommandée avec accusé de réception au moins trois mois avant l'échéance du cautionnement. Cette obligation est sans effet sur la durée de l'engagement de caution.

##### 3.4. Caducité.

Le cautionnement deviendra automatiquement caduc et la caution sera libérée de toute obligation en cas de fusion-absorption du cautionné après autorisation de changement d'exploitant en faveur de l'absorbant.

#### Article 4 – Mise en jeu de la garantie

En cas de non-exécution par le cautionné d'une ou des obligations mises à sa charge et ci-dessus mentionnées, le présent cautionnement pourra être mis en jeu uniquement par le préfet susvisé par lettre recommandée avec demande d'avis de réception adressée à la caution à l'adresse ci-dessus indiquée, dans l'un des cas suivants :

- soit après mise en jeu de la mesure de consignation prévue à l'article L. 171-5 du code de l'environnement, c'est-à-dire lorsque l'arrêté de consignation et le titre de perception rendu exécutoire ont été adressés au cautionné mais qu'ils sont restés partiellement ou totalement infructueux ;
- soit en cas d'ouverture d'une procédure de liquidation judiciaire à l'encontre du cautionné ;
- soit en cas de disparition du cautionné personne morale par suite de sa liquidation amiable ou judiciaire ou du décès du cautionné personne physique.

Dans tous cas, aux fins de mettre en jeu le cautionnement, le préfet devra mentionner que les conditions précisées ci-dessus ont été remplies.

#### Article 5 - Attribution de compétence

Le présent cautionnement est soumis au droit français avec compétence des tribunaux français.

Fait à LEVALLOIS-PERRET, le 12/06/2017

  
Pietro Lanzilotta et Marc Cambourakis  
Directeurs Généraux  
Responsables Caution France

  
Pietro Lanzilotta et Marc Cambourakis  
Directeurs Généraux  
Responsables Caution France

le 12 juin 2017

NOM : WP FRANCE 4  
NUMERO CLIENT : 53895721378881

WP FRANCE 4  
22 RUE CHARCOT  
75013 PARIS

**FACTURE**

FACTURE N° : 1845851	FACTURATION MANUELLE
Date : 12/06/2017	PERIODE DU 19/12/2016 au 18/12/2017
Produit : GARANTIE ICPE	
N° 554885	

COMMISSION SUR CAUTION EMISE N°1 MONTANT 663 645 EUR

LIBELLE	PRIX UNITAIRE	TAUX	QUANTITE	MONTANT( EUR)
<b>GARANTIE ICPE</b>				
COMMISSION SUR CAUTION EMISE				3 981,87

TOTAL COMMISSIONS	3 981,87
<b>NET A PAYER</b>	<b>3 981,87</b>

Exempté de TVA, en vertu de l'article 135,1 (a) de la directive TVA (2006/112/CE)

Pour toutes questions relatives à ce document, interrogez votre interlocuteur à  
ATRADIUS CREDITO Y CAUCION S.A. DE SEGUROS Y REASEGUROS :  
ATRADIUS CREDITO Y CAUCION S.A. DE SEGUROS Y REASEGUROS  
Tél : 01 41 05 84 84  
E-mail :

**Attention ! En cas de paiement par virement, merci d'utiliser impérativement les coordonnées bancaires suivantes:**

RIB : 30003 00670 00020040485 05  
IBAN : FR7630003006700002004048505 SWIFT : SOGEFRPP

**Mode de paiement**

REGLEMENT A RECEPTION, A L'ORDRE DE :  *Payer à l'ordre à votre débiteur*  
ATRADIUS CREDITO Y CAUCION S.A. DE SEGUROS Y REASEGUROS  
SEGUROS Y REASEGUROS  
BP 40629  
60206 COMPIEGNE, CEDEX  
Client : 53895721378881  
Facture N° : 1845851  
Montant : 3 981,87

Cession Assurance-crédit Recouvrement  
88, rue André France - CS2028  
92096 Levallois-Perret Cedex (FR)  
Tel : (33) 01 41 05 84 84  
Rég. 38033/D612/3002004048505 Tit. FR-38214-H032  
SIRET : 50237587  
www.atradius.fr  
Société fiduciaire (Espagne)  
Régistre du Commerce  
Madrid N° 171 144

le 12 juin 2017

NOM : WP FRANCE 4  
NUMERO CLIENT : 53895721378881

WP FRANCE 4  
22 RUE CHARCOT  
75013 PARIS

**FACTURE**

FACTURE N° : 1845852	FACTURATION MANUELLE
Date : 12/06/2017	PERIODE DU 19/12/2017 au 18/12/2018
Produit : GARANTIE ICPE	
N° 554885	

COMMISSION SUR CAUTION EMISE N°1 MONTANT 663 645 EUR

LIBELLE	PRX UNITAIRE	TAUX	QUANTITE	MONTANT( EUR)
<b>GARANTIE ICPE</b>				
COMMISSION SUR CAUTION EMISE				3 981,87
OUVERTURE DE DOSSIER	350,00		1	350,00
FRAIS DE TEXTE REFERENCE	50,00		1	50,00

TOTAL COMMISSIONS	3 981,87
<b>NET A PAYER</b>	<b>4 381,87</b>

Exempté de TVA, en vertu de l'article 135,1 (a) de la directive TVA (2006/112/CE)

Pour toutes questions relatives à ce document, interrogez votre interlocuteur à  
ATRADIUS CREDITO Y CAUCION S.A. DE SEGUROS Y REASEGUROS :  
ATRADIUS CREDITO Y CAUCION S.A. DE SEGUROS Y REASEGUROS  
Tél : 01 41 05 84 84  
E-mail :

**Attention ! En cas de paiement par virement, merci d'utiliser impérativement les coordonnées bancaires suivantes:**

RIB : 30003 00670 00020040485 05  
IBAN : FR7630003006700002004048505 SWIFT : SOGEFRPP

**Mode de paiement**

REGLEMENT A RECEPTION, A L'ORDRE DE :  *Payer à l'ordre à votre débiteur*  
ATRADIUS CREDITO Y CAUCION S.A. DE SEGUROS Y REASEGUROS  
SEGUROS Y REASEGUROS  
BP 40629  
60206 COMPIEGNE, CEDEX  
Client : 53895721378881  
Facture N° : 1845852  
Montant : 4 381,87

Cession Assurance-crédit Recouvrement  
88, rue André France - CS2028  
92096 Levallois-Perret Cedex (FR)  
Tel : (33) 01 41 05 84 84  
Rég. 38033/D612/3002004048505 Tit. FR-38214-H032  
SIRET : 50237587  
www.atradius.fr  
Société fiduciaire (Espagne)  
Régistre du Commerce  
Madrid N° 171 144

## ANNEXE 6 : EXEMPLE D'OFFRE DE SERVICE D'UN TURBINIER (VESTAS)

---





Indicative Quotation for

WEB  
Flesquières

March 29<sup>th</sup>, 2017



## Table of Contents

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>5</b>
1.1 WIND TURBINE PRICING SUMMARY	5
1.2 AOM 5000® O&M AGREEMENT PRICING SUMMARY	6
1.2.1 PRODUCTION PRELIMINARY CALCULATION	6
1.2.2 AOM 5000® PRICING SUMMARY AOM 5000 – V100 2MW	6
1.3 VALIDITY	8
<b>2. SCOPE OF WORK AND SUPPLY</b>	<b>9</b>
2.1 SCOPE OF WORK	9
2.2 SUPPLY OF WIND TURBINES	10
2.2.1 WIND TURBINE TECHNICAL SPECIFICATION	10
2.2.2 AUXILIARY EQUIPMENT INCLUDED IN WIND TURBINE	10
2.3 SUPPLY OF ANCHOR CAGES	10
2.4 SUPPLY OF SCADA SYSTEM	10
<b>3. COMMERCIAL TERMS &amp; CONDITIONS</b>	<b>11</b>
3.1 TIME OF DELIVERY	11
3.2 PAYMENT TERMS	11
3.2.1 THE PAYMENT TERMS APPLICABLE COULD BE OFFERED	11
3.3 PAYMENT SECURITY FROM EMPLOYER	12
3.4 DEFECTS LIABILITY PERIOD	12
3.5 LIMITATIONS OF LIABILITY	12
3.6 PARENT COMPANY GUARANTEE	12
<b>4. TRANSPORT, INSTALLATION, &amp; COMMISSIONING</b>	<b>13</b>
4.1 TRANSPORT OF WIND TURBINES	13
4.2 CRANE CAPACITY	13
4.3 COMMISSIONING OF WIND TURBINES & SCADA	13
4.4 TEST ON COMPLETION	13
<b>5. SERVICE AND MAINTENANCE: ACTIVE OUTPUT MANAGEMENT 5000</b>	<b>14</b>
5.1 PRICING PARTICULARS	14
5.2 ACTIVE OUTPUT MANAGEMENT PARTICULARS	15
5.2.1 AVAILABILITY GUARANTEE	15
5.2.2 SCHEDULED MAINTENANCE	15
5.2.3 UNSCHEDULED MAINTENANCE	15
5.2.4 VESTAS TURBINE WATCH™	15
5.2.5 REPORTING	15
5.2.6 DOCUMENTATION UPDATE	15
5.2.7 TURBINE CONTROL SOFTWARE UPDATES	16
5.2.8 WEB-BASED CUSTOMER PORTAL	16
5.2.9 OPTIONS	16
<b>6. VESTAS IN FRANCE</b>	<b>17</b>
6.1 VESTAS IN FRANCE	17
6.2 VESTAS OPERATIONS IN FRANCE	17
6.3 VESTAS AOM 5000 BENEFIT	18
<b>7. CONFIDENTIALITY AND DISCLAIMER</b>	<b>20</b>

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 WIND TURBINE PRICING SUMMARY

We are pleased to submit this indicative quotation as response to your enquiry to provide Wind Turbines, SCADA and auxiliary equipment for your wind power plant (the "Wind Farm").

This below indicative quotation is based on the following assumptions:

- A contract signature of Supply and installation agreement and 15 year service contract agreement in Q2 2017.
- A commencement date of the contract in Q3 2017.
- An availability Bonus revenue of 50% from Year 1 to the term from 95%: if VESTAS does exceed an availability of 95%, the incremental revenue generated by this additional performance should be shared equally between VESTAS and WEB.
- Access & Site Road modifications and preparation of roads and crane pads are considered in the Road survey communicated to the Customer. Works to be performed by the customer are indicated in this Road Survey. Entry Point remains to be discussed and agreed.
- Prices are expressed in Euro and free of value added tax (VAT) and do not include any options
- Standard VESTAS France contractual conditions shall be applied.

	Flequières (Base Scenario)	Flequières (Alternative Scenario 1)  Alternative payment Schedule:	Flequières (Alternative Scenario 2)  OPEX Y1&2=0  without payment schedule effect of Alternative scenario 1
Number of wind turbines	6	6	6
Turbine type	V126-3,45/3,6 MW Hi torque	V126-3,45/3,6 MW Hi torque	V126-3,45/3,6 MW Hi torque
Rotor diameter	126 m	126 m	126 m
Tower height	117 m	117 m	117 m
Tip Height	180 m	180 m	180 m
Final price including without CMS per WTG (excluding VAT)	██████████	██████████	██████████
CMS price to be added (compulsory for AOM4000/5000) per WTG (excluding VAT)	██████████	██████████	██████████
Services price to be added if applicable	Refer to 5.2.9	Refer to 5.2.9	Refer to 5.2.9

The confirmation of the Wind turbines subject to wind and load assessment that shall be conducted upon supplier selection. Such Wind and Load assessment shall (i) evaluate whether the loads envelop applied to the Wind turbine is within the design parameters of the Wind turbine model and define the operational parameters (eg Wind sector management) to be applied on the Wind Turbine for the project.

### 1.2 AOM 5000® O&M AGREEMENT PRICING SUMMARY

Subject to a satisfactory completion of an evaluation of the particular climatic and wind characteristics at each Wind Turbine within the Wind Farm, VESTAS will offer a AOM5000 service agreement.

#### 1.2.1 PRODUCTION PRELIMINARY CALCULATION

Considering the information received from the customer, a preliminary production output has been estimated as follow. However, to get a refine estimate, it is required to get the complete site data from the customer to perform a preliminary Wind & Site basic evaluation. In addition, this calculation considers no acoustic losses as an assumption. The service offer being based on the production mentioned below, if such production changes in the future, the service offer will have to be adjusted accordingly.

	Flequières
	6 x V126 3,45/3,6MW
AEP MWh - Gross P50	61 882
AEP MWh - Net P50	75 378
AEP MWh - Net P75	70 048
AEP MWh - Net P90	65 232

#### 1.2.2 AOM 5000® PRICING SUMMARY AOM 5000

Based on this production output mentioned above, VESTAS could offer the following indicative pricing mentioned below. Note that any change in the production output estimate could lead to a revision of the service offer. It is hence important that production estimates from the Buyer and the Supplier be aligned.

Note that at this stage we are offering a 20 year service contract.

The below options proposed shall be agreed at the effective date (signature date)

OPTION 1 - AOM 5000	Year 1-3	Year 4-20
6 x V126 3,45MW H117m	AOM 5000	AOM 5000
Base Price in € excl.VAT per WTG per year	██████████	██████████
Variable Price in € excl.VAT per WTG per MWh	0	8,0
Availability Guarantee Energy Based (LPP)	Y1 = 96%	Y4-15=97%
	Y2-3= 97%	Y16-20= 96%



OPTION 2 – AOM 5000 + AOM 3000	Year 1-3	Year 4-20
6 x V126 3,45MW HH117m	AOM 5000	AOM 3000 specific exclusion of gearbox, generator, converter, transformer; other components included
Base Price in € excl.VAT per WTG per year	██████	██████
Variable Price in € excl.VAT per WTG per MWh	0	5,0
Availability Guarantee Energy Based (LPP)	Y1 = 96% Y2-3= 97%	N/A

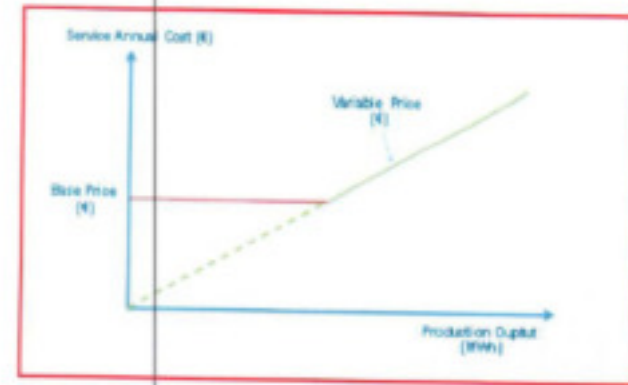
OPTION 3 – AOM 5000 + AOM 2000	Year 1-3	Year 4-20
6 x V126 3,45MW HH117m	AOM 5000	AOM 2000 no unscheduled maintenance of blades or any other components
Base Price in € excl.VAT per WTG per year	██████	██████
Variable Price in € excl.VAT per WTG per MWh	0	0
Availability Guarantee Energy Based (LPP)	Y1 = 96% Y2-3= 97%	N/A

\*The base price is the minimum amount that the customer will pay every year per wind turbine.

\*\*the annual variable price corresponds to the annual production in MWh multiplied by the variable price.

- If the  $Production\ Output \times Variable\ price > Base\ price$ , the service annual price will be the  $Production\ Output \times Variable\ price$
- If the  $Production\ Output \times Variable\ price < Base\ price$ , the service annual price will be the Base Price

The graph below illustrates the Service offer Scheme



### 1.3 VALIDITY

This Quotation is valid for 1 month (30) days from issuance, where after it expires and is null and void unless it has been released by a binding and effective Contract between the Parties.

## 2. SCOPE OF WORK AND SUPPLY

### 2.1 SCOPE OF WORK

The scope of works includes:

Item	Description	
1.1	V126 3,45/3,6 MW Wind Turbine	Including auxiliary equipments
1.2	Anchor Cage Foundation Parts	One Anchor Cage foundation part to be embedded in the foundation
1.3	SCADA System	1 functional Vestas Online Compact SCADA system + 1 PPC
1.4	Transportation from place of manufacture to project site	Transportation of wind turbines, anchor cages, SCADA and auxiliary equipment for place of manufacture to project site
1.4	Mechanical completion	Mechanical assembly and completion of Wind Turbines, SCADA and auxiliary systems, Lease of main crane and supporting crane.
1.5	Commissioning completion and reliability tests	Commissioning, start-up and 120 hour trial test of Wind Turbines and functional test of SCADA System
1.6	Manuals and "As-built" documentation.	Documentation including "as-built" and Operations and Maintenance Manuals in English language
1.7	CAR Insurance	All insurances as per conditions of contract or term sheet.

It is clearly stated that the works below are not included in the offer:

Item	Description	
1.8	Foundation work	Foundation design & work grouting and sealing of anchor cage...
1.9	Electrical work	Inter park electrical cabling, grid connection, Substation,...
1.10	Civil work	Road infrastructure, handstand, sub station building...
1.11	Fiber Optic work	Supply and installation of inter park fiber optic...

### 2.2 SUPPLY OF WIND TURBINES

#### 2.2.1 WIND TURBINE TECHNICAL SPECIFICATION

The proposed Wind Turbine is of the horizontal axis, upwind, three-bladed type.

The Wind Turbine is supplied in accordance with the technical specifications provided in the appendices

#### 2.2.2 AUXILIARY EQUIPMENT INCLUDED IN WIND TURBINE

Each Wind Turbine shall be equipped with the following auxiliary equipment:

Item	Description	
1.1	Switchgear mounted inside the tower	
1.2	20kV transformer	except MV Connectors
1.3	A service lift mounted inside the tower	compliant with machinery directive
1.4	Aviation warning lights Led Type with its UPS	According to French regulations
1.5	Condition Monitoring System (CMS)	
1.6	Smoke detection KIT	
1.7	Ice deduction software	ICPE Compliant
1.8	Lightning protection system	
1.9	A fall arrest system is provided for the tower ladder from tower base to top of ladder;	
1.10	Emergency stop buttons that will engage the emergency stop procedure of the Wind Turbine;	
1.11	Two (2) 2 kg. CO2 fire extinguishers,	one (1) is fitted in the nacelle and one (1) at the base of the tower;
1.12	One (1) rescue emergency evacuation kit	located in the Wind Turbine nacelle
1.13	One (1) piece of harness equipment	The harness is a body type harness, incorporating shoulder, leg and waist straps. Each harness is supplied with two (2) safety lanyards.

### 2.3 SUPPLY OF ANCHOR CAGES

Anchor cages to be embedded in the foundation will be delivered to the site, ready for unloading by the Buyer.

### 2.4 SUPPLY OF SCADA SYSTEM

The detailed delivery of one (1) SCADA equipment is consisting of the hardware and software, except that any equipment which is described as "options" in the below mentioned appendices is excluded from this Quotation:

- Appendix 2.1 - VestasOnline™ Compact HW description VOC M&4
- Appendix 2.2 - VestasOnline™ Business SW description

### 3. COMMERCIAL TERMS & CONDITIONS

#### 3.1 TIME OF DELIVERY

The delivery time is subject to available manufacturing capacity at execution date of the turbine supply and installation agreement (the "Effective Date") and subject to goods being unsold. The earliest Ex work date for components will be confirmed when all pre-commencement obligations have been fulfilled pursuant to the turbine supply and installation agreement (the "Commencement Date").

#### 3.2 PAYMENT TERMS

##### 3.2.1 THE PAYMENT TERMS APPLICABLE COULD BE OFFERED

The following payment terms are ~~subject to the partner agreement and subject to VESTAS Group Treasury internal review based on the payment security provided by the Customer.~~

It is assumed at this stage that WEB will provide a "WEB Energy AG" parent company guarantee. Such guarantee will be evaluated based on the financial accounts received and the exposure in regards of this specific project.

- (1) **15% of the Contract price** shall be payable as advance payment by a direct payment from the Employer to the Contractor at Financial closing of the project (all Pre-commencement obligations fulfilled) upon receipt by the Employer of (a) commercial invoice addressed to the Employer specifying the amount of value due;
- (2) **45% of the Contract price** shall be payable by a direct payment from the Employer to the Contractor before EXW delivery of Wind Turbines (invoice to be sent 20 days before EXW) by submission of the following documents to the Employer: (a) commercial invoice addressed to the Employer specifying the amount of value due; (b) A document issued by the Supplier stating that the relevant Nacelles, Blade Sets and Towers will be ready Ex Works in 20 days.  
Invoice will be payable as a pro-rata payment for the Main Component ready for dispatch, with the nacelles weighted sixty percent (60%), blade sets twenty five percent (25%) and towers fifteen percent (15%) of this total milestone payment, being understood that (i) invoices will be issued by Main Components, (ii) the Main Component will be dispatched only upon payment of the corresponding invoices).
- (3) **20% of the Contract price** shall be payable by a direct payment from the Employer to the Contractor at delivery on Site of Wind Turbines by submission of a commercial invoice addressed to the Employer specifying the amount of value due; Invoice shall be payable as a pro-rata payment for the Main Component On Site, with the nacelles weighted sixty percent (60%), blade sets twenty five percent (25%) and towers fifteen percent (15%) of this total milestone payment.
- (4) **10% of the Contract Price** shall be payable by a direct payment from the Employer to the Contractor on mechanical completion of each Wind Turbine as evidenced by submission of the following documents to the Employer: (a) commercial invoice addressed to the Employer specifying the amount of value due; and (b) copy of Wind Turbine installation record forms evidencing mechanical completion. Invoice will be made per WTG.
- (5) **10% of the Contract Price** shall be payable by a direct payment from the Employer to the Contractor on taking over (or deemed taking over) of each Wind Turbine by submission of the following documents to the Employer: (a) commercial invoice addressed to the Employer specifying the amount of value due; and (b) copy of the taking-over certificate or deemed taking-over certificate defined in the turbine supply and installation agreement. Invoice will be made per WTG.

Note that the payment term will be:

- At date for milestone (1)
- 14 days from the issuance of invoice for all other milestones.

The Employer shall pay the Contractor interest on any delayed payment at the rate of 8% above the LIBOR 12 month interest rate.

#### 3.3 PAYMENT SECURITY FROM EMPLOYER

Payment security for the total contract price inclusive VAT less advance payment in a form acceptable to Contractor shall be provided prior to contract commencement in the form of a Bank guarantee or a Project Finance Letter without any suspensive conditions that confirm the financing irrevocable of the project.

We understand from information included in request for tender document that the contractor will secure contract value (apart from advance payment) as a bank guarantee. The payment security is to be provided from an international bank acceptable to Vestas.

#### 3.4 DEFECTS LIABILITY PERIOD

A defects liability period of 2 years from the passing of the tests on completion of each Wind Turbine is included in this Quotation. The defects liability period is subject to all services being performed by or procured from Vestas during the entirety of such period.

#### 3.5 LIMITATIONS OF LIABILITY

Vestas will have no responsibility or liability whatsoever to the Employer in respect of:

- the fitness for any intended purpose of the Wind Turbine;
- a specific operational, functional or design lifetime;
- the accuracy or sufficiency of any site data provided by the Employer;
- any indirect loss or damage, any consequential loss or damage, loss of use, loss of profit, loss of any contract, loss of revenue, and/or loss of opportunity which may be suffered by the Employer, except as may be expressly provided for in the turbine supply and installation agreement; and
- any claim not brought within the end of the defects liability period, save in respect of wilful misconduct or gross negligence of Vestas.

#### 3.6 PARENT COMPANY GUARANTEE

Vestas will provide a parent company guarantee issued by the parent, Vestas Wind Systems A/S.



## 4. TRANSPORT, INSTALLATION, & COMMISSIONING

### 4.1 TRANSPORT OF WIND TURBINES

Procurement and execution of transport, of the Wind Turbines, auxiliary equipment and SCADA equipment from applicable Vestas manufacturing facilities to the site of the Wind Farm is included in this indicative quotation.

Road modifications, preparation of road and crane pads are not included in this Indicative Quotation.

### 4.2 CRANE CAPACITY

The Indicative Quotation includes the cost for a main Crane to install the tower, nacelle and the rotor on site and a secondary crane for the unloading of the tower section. The main Crane used will be a tire crane.

Cranes for unloading and lifting of the foundation anchor cages on site have not been included in this Indicative Quotation.

### 4.3 COMMISSIONING OF WIND TURBINES & SCADA

We have included a provision to demonstrate that each Wind Turbine is operating satisfactorily and safely in accordance with the technical specifications set out in the Appendixes. The tests are based on the standard commissioning procedures undertaken by Vestas.

The installation and commissioning of each Wind Turbine is including the following processes:

- An inspection record form showing that each Wind Turbine has been erected in accordance with the applicable Wind Turbine Installation Manual; and
- An inspection record form showing that the mechanical and electrical functions of the Wind Turbine have been tested in accordance with the applicable Wind Turbine start-up manuals.

### 4.4 TEST ON COMPLETION

The commissioning and Site testing of each Wind Turbine will be carried out according to a commissioning plan produced by Vestas.

We have included for the provision of individual testing of each Wind Turbine individually as well as testing of the SCADA system (as applicable), which are divided into two sub-sets:

- Wind Turbine 120 hour trial operation test; and
- SCADA site acceptance tests including tests of base functionality.

## 5. SERVICE AND MAINTENANCE: ACTIVE OUTPUT MANAGEMENT 5000

### 5.1 PRICING PARTICULARS

$P1 = \text{Price Index ("PI")} \times P0$

where:

$P0$  = the Fees at the Effective Date (i.e., before applying indexation) shall be used until the First Index Date". For each one year period after the first Index Date,  $P0$  shall be substituted by  $P1$  for the previous year.

$PI = (A \times M1 / M0) + (B \times S1 / S0)$

$M0$  = for the period until the first Index Date, the price index for materials shall be the last published price index for materials applicable on the Effective Date. For each annual period starting on the First Index Date and thereafter,  $M0$  is substituted by  $M1$  for the previous year.

$M1$  = the last published price index for materials for the relevant one year period calculated from the date stated above for  $M0$ .

Note: the first relevant one year period starts on the First Index Date.

$S0$  = for the period until the First Index Date, the price index for wages shall be the last published price index for wages applicable on the Effective Date. For each annual period starting on the First Index Date and thereafter,  $S0$  is substituted by  $S1$  for the previous year.

$S1$  = the last published price index for wages for the relevant one year period calculated from the date stated above for  $S0$ .

Note: the First relevant one year period starts on the First Index Date.

$A$  = Percentage proportion of materials is agreed to be 64 %

$B$  = Percentage proportion of wages is agreed to be 36%

First Index date = For each applicable type of Fee, the "First Index Date" is the first date, after the publication of the Q1 index value (using the pre-approved indexes" for material and wages relevant for the applicable market for the calendar year) immediately following the calendar year of the Effective Date.

Documentation: For the purpose of determining the values of materials and wages, the parties agree to use the following documents as sources of reference:

- Materials: EUROSTAT: EU27 industrial producer price index, total industry excluding construction. Reference: Eurostat
- Wages: EUROSTAT: Local Labor Cost Index for "Industry excluding construction". Reference: Eurostat

## 5.2 ACTIVE OUTPUT MANAGEMENT PARTICULARS

The service and availability agreement offered includes the following key provisions:

### 5.2.1 AVAILABILITY GUARANTEE

The Contractor guarantees that for the term of the service and availability agreement, the measured average availability of the Wind Farm is equal to or exceeds the warranted average availability. After completion of the last Wind Turbine in the Wind Farm and throughout the term of the service and availability agreement, Vestas guarantees that the average availability of the Wind Farm shall be equal to or exceed the value mentioned in this offer

The guaranteed availability are subject to the Contractor's general exclusions, which include (without limitation) matters for which the Contractor is not responsible for, the specified risks allocated to the Employer, and force majeure.

### 5.2.2 SCHEDULED MAINTENANCE

Scheduled Maintenance includes performance of such activities which are required by Vestas applicable O&M manuals, installation manuals, transport manuals, such scheduled maintenance activities shall be performed at prescribed intervals including as necessary:

- (a) procurement of personnel, transportation, board and lodging;
- (b) provision of all tools, including calibrated tools, and
- (c) change/supplementing of consumables

### 5.2.3 UNSCHEDULED MAINTENANCE

Vestas shall perform unscheduled maintenance for the term of the AOM as follows:

- (a) procurement of personnel, transportation, board and lodging;
- (b) provision of all tools, including calibrated tools;
- (c) provision of consumables;
- (d) provision of spare and replacement parts; and
- (e) provision of cranes

which are necessary or appropriate to ensure WTG production will equal or exceed the warranted average availability. Unscheduled Maintenance includes repair or replacement of all components and systems in the serviced equipment.

### 5.2.4 VESTAS TURBINE WATCH™

VestasTurbineWatch™ is an advanced remote surveillance system. The system is manned 24/7 all year round. An online, global database gives Vestas surveillance technicians detailed and up-to-date information, helping them handle abnormalities quickly which in turn means less downtime and increased production.

### 5.2.5 REPORTING

Reporting under the AOM agreement includes a monthly reporting package including:

- Production reports
- Fault reports
- Availability reports
- Service reports

### 5.2.6 DOCUMENTATION UPDATE

Operation and Maintenance Manual and other relevant document updates are communicated when released.

## 5.2.7 TURBINE CONTROL SOFTWARE UPDATES

Software updates released by Vestas to improve the performance and/or safety of the WTG. Customer information regarding such updates and the associated benefits are provided.

## 5.2.8 WEB-BASED CUSTOMER PORTAL

The Vestas Customer Portal is a scalable and flexible online tool, with 24/7 access, for convenient and secure access to project data and information. The data on the customer portal is backed up daily ensuring document availability. The web-based document management tool with personal log-in access, providing multiple advantages:

- Easy access and storage of project reports, including subscription and notification functions
- Collaborative data room with access rights protection for sharing of issue specific data
- Access to project documents for both local on-site staff, remotely located head-quarter staff or international project participants.

## 5.2.9 OPTIONS:

### 5.2.9.1 Periodic inspections

Vestas could upon request take responsibility for the periodic inspection. Such option will be at a cost of ██████████

### 5.2.9.2 Serrations

Serration is a solution that Vestas has recently develop to improve the acoustic characteristic of its wind turbine without affecting the associated power curve. Such solution is currently available on 3.45MW Wind Turbines.

Accordingly the option is proposed at the following price:

Price in €/WTG excluding VAT	
Serrations on Trailing edge	CAPEX = ██████████ excluding VAT OPEX = to be paid either (i) as additional services each time the replacement of a serration is needed or (ii) at a flat price of ██████████

### 5.2.9.3 Waste Management

Waste management is a service that VESTAS could provide to the Customer as an option upon request

Accordingly the option is proposed at the following price:

Price in €/WTG excluding VAT	
Waste management	████████ €/year for the whole Wind farm

Indicative Quotation

## 6. VESTAS IN FRANCE

### 6.1 VESTAS IN FRANCE.

Vestas is one of the key wind turbine manufacturer in France, totalling 22% of the installed capacity in France in 2014.

Over the year 2014, Vestas has been leading the French market in term of connected capacity with 35% of market share (source FEE).

Our strong presence in France allow VESTAS France to fully support our customer in the development of their project :

- ICPE support
- Product Technology
- Project Management
- Construction
- Health and Safety
- Service & Operation

### 6.2 VESTAS OPERATIONS IN FRANCE.

Vestas has more than 15 years of experience in the French market. As of end 2012, Vestas has installed more than 1000 WTG 2100MW in France with 23 Service units making it a strong reference in the market.

Our strategy is to be no more than 1 hour of any wind farm.



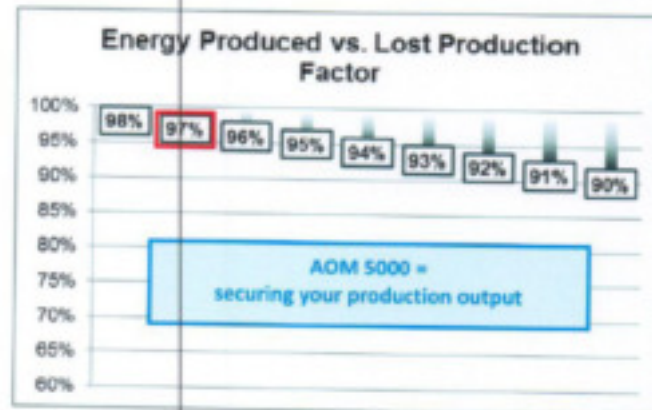
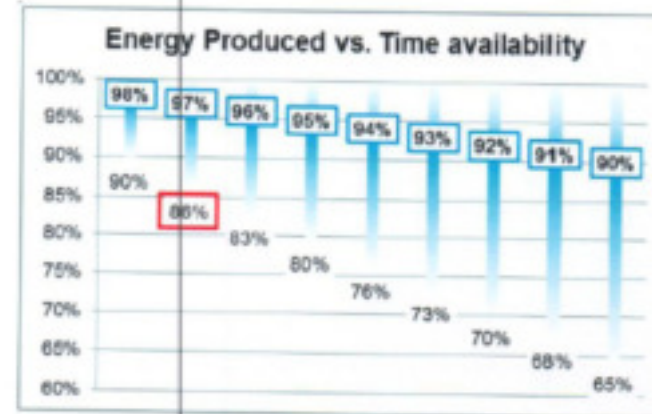
Indicative Quotation

### 6.3 VESTAS AOM 5000 BENEFIT.

To fit the market demand Vestas has been a pioneer to propose the AOM 5000 that bases the availability of the wind farm on the energy rather than on time.

For our customer, it is best way to secure the energy output of the wind farm and secure their business expectations and deliverables.

You can easily understand the benefit the AOM 5000 (Energy Based Agreement) versus Time based Agreements in the graph below comparing an availability of 97% that is either time based or energy based.







## 7. CONFIDENTIALITY AND DISCLAIMER

The recipient of this document, including its subsidiaries, related companies, employees, agents and sub-contractors (collectively the "Recipient") undertakes to Vestas Wind Systems A/S, on its own behalf and as trustee for all direct and indirect subsidiaries of Vestas Wind Systems A/S including Vestas France SAS (the "Contractor") and all employees, agents and sub-contractors of Vestas Wind Systems A/S (collectively "Vestas") that the recipient shall:

- (a) keep confidential any information contained in this document (including any appendices) and/or other documents and data to the extent that the same are derived from or related to such information (together, "Disclosed Information"), with the exception of any Disclosed Information which (i) is in or comes into the public domain or (ii) is already known to Recipient at the date of disclosure to Recipient; and shall not disclose any of the Disclosed Information to any third party other than Recipient's professional advisers who need to have access to such information for the purposes of evaluating the possibility of purchasing goods or services from Vestas of the kind described in the Disclosed Information (the "Permitted Purpose");
- (b) disclose the Disclosed Information only to such of its directors, officers or employees who need to know the same for the Permitted Purpose;
- (c) use the Disclosed Information for the Permitted Purpose only;
- (d) inform Vestas immediately if Recipient becomes aware that Disclosed Information has been disclosed to an unauthorised third party;

Recipient further undertakes and agrees as follows:

- (e) that the Disclosed Information shall remain the exclusive property of Vestas, and its disclosure shall not confer on Recipient any rights (including intellectual property rights) over or in any Disclosed Information;
- (f) that this document is a non-binding indicative estimate only and is subject to change, and that it does not constitute an offer to provide any goods or services and, (save only for this disclaimer and confidentiality undertaking which Vestas and the Recipient intend to have legal effect) is of no legal effect.
- (g) Vestas accepts no responsibility in any way for, and makes no representation, express or implied, and gives no warranty or undertaking of any kind with respect to the accuracy or completeness of any Disclosed Information.
- (h) Recipient has not and will not rely on the Disclosed Information (including any appendices and supplements) and/or any oral or written communication in connection with it for any purpose, and accepts and agrees that (save in case of fraud) Vestas shall have no liability (in contract, tort (including negligence), for breach of statutory duty or otherwise) in connection with any Disclosed Information.

If any undertaking or other provision in this disclaimer and confidentiality undertaking shall be held to be illegal or unenforceable, in whole or in part, under any enactment or rule of law, such undertaking or other provision or part shall to that extent be deemed not to form part of this disclaimer and confidentiality undertaking but the enforceability of the remainder of the undertakings and other provisions in this disclaimer and confidentiality undertaking shall not be affected.

Without prejudice to any other rights or remedies Vestas may have, Recipient acknowledges and agrees that damages would not be an adequate remedy for the breach by Recipient of any undertaking or other provision in this disclaimer and confidentiality undertaking. Therefore, Vestas shall be entitled to the remedies of injunction, specific performance and other equitable relief for any such threatened or actual breach of any such provision by Recipient or any other relevant person and no proof of special damages shall be necessary for the enforcement by Vestas of their rights under this Indicative Quotation.





## ANNEXE 7 : ETUDE ENERCON SUR L'ÉOLIEN DE GRANDE HAUTEUR

---



# L'Eolien de Grande Hauteur



## TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1. CADRE ET OBJECTIF DE L'ETUDE.....	9
1.1 LA SOCIETE ENERCON.....	10
1.2 QU'EST-CE QUE L'EOLIEN DE GRANDE HAUTEUR ?.....	15
1.3 ORGANISATION DE L'ETUDE.....	17
1.4 SITE PILOTE UTILISE EN EXEMPLE.....	19
CHAPITRE 2. L'EOLIEN DE GRANDE HAUTEUR ET SES THEMATIQUES PRINCIPALES.....	23
2.1 ELEVATION DU ROTOR ET GAIN EN PRODUCTIBLE.....	24
2.1.1 Exploitation du meilleur potentiel éolien.....	24
2.1.2 Application au site pilote.....	27
2.1.3 Principaux éléments à retenir.....	30
2.2 ACOUSTIQUE.....	33
2.2.1 Notions générales en matière de bruit.....	33
2.2.2 Données réglementaires.....	35
2.2.3 Application au site pilote.....	36
2.2.4 Principaux éléments à retenir.....	43
2.3 SERVITUDES AERIDIENNES DE LA DEFENSE : OBSTACLES A LA NAVIGATION AERIDIENNE.....	45
2.3.1 Défense et éolien.....	45
2.3.2 Plateformes militaires.....	46
2.3.3 Zones d'entraînement.....	49
2.3.4 Principaux éléments à retenir.....	52
2.4 SERVITUDES AERIDIENNES DE LA DEFENSE : OBSTACLES A LA PROPAGATION DES ONDES.....	53
2.4.1 Rappel des textes de référence et réglementaires.....	53
2.4.2 Zones de protection et de coordination des radars fixes de la Défense.....	53
2.4.3 Cône de surveillance en cas de présence d'une ZIT.....	54
2.4.4 Zone de protection du SPAR pour chaque QFU.....	54
2.4.5 Zone de protection des sémaphores.....	55
2.4.6 Principaux éléments à retenir.....	56
2.5 SERVITUDES AERIDIENNES DE L'AVIATION CIVILE.....	57
2.5.1 Aviation civile et éolien.....	57
2.5.2 Obstacles à la navigation aérienne.....	58
2.5.3 Obstacles à la propagation des ondes.....	59
2.5.4 Principaux éléments à retenir.....	61
2.6 SERVITUDES DE METEO FRANCE.....	62
2.6.1 Météo France et éolien.....	62
2.6.2 Obstacles à la propagation des ondes des radars.....	63
2.6.3 Principaux éléments à retenir.....	64
2.7 BALLISAGE DES EOLIENNES.....	67
2.7.1 Règles en vigueur.....	67
2.7.2 Ballisage en France.....	68
2.7.3 Dispositif de ballisage pour les éoliennes ENERCON.....	69

© Copyright ENERCON Ombh. Tous droits réservés. En cas de discussion la version originale prévaut.



4.7	REPRESENTANT D'UNE DREAL	183
4.8	REPRESENTANT D'UNE AUTRE DREAL	185
CHAPITRE 5. ANNEXES		187
ANNEXE 1 : GLOSSAIRE		188
5.9	ANNEXE 2 : SITES WEB INTERESSANTS	189
5.10	ANNEXE 3 : DOCUMENTS ETUDIÉS	189
5.11	ANNEXE 4 : IMPLANTATIONS SUR LE SITE PILOTE	190
5.12	ANNEXE 5 : FICHES DE CALCULS WINDPRO DE LA SIMULATION DE PRODUCTIBLE	194

## INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 -	Comparatif technique de différents types de machines	14
Tableau 2 -	Tableau de production d'énergie en fonction de la vitesse du vent	24
Tableau 3 -	Classes de rugosité des types d'occupation du sol	25
Tableau 4 -	Résultats tirés des simulations de productible	27
Tableau 5 -	Comparaison des productibles en fonction des scénarii 1 et 3	29
Tableau 6 -	Ordre de grandeur des émissions sonores par type d'éoliennes	34
Tableau 7 -	Emergences réglementaires	35
Tableau 8 -	Niveau de bruit maximal à respecter dans le périmètre de mesure	35
Tableau 9 -	Présentation des configurations mises en place sur le site pilote	36
Tableau 10 -	Type de balisage en fonction de la hauteur de l'éolienne	67
Tableau 11 -	Hypothèses d'entrées pour l'étude de dangers	74
Tableau 12 -	Effondrement de l'éolienne - Calculs d'intensité et gravité	75
Tableau 13 -	Effondrement de l'éolienne - Gravité / Probabilité	75
Tableau 14 -	Matrice de criticité	75
Tableau 15 -	Chute d'éléments de l'éolienne - Calculs d'intensité et gravité	76
Tableau 16 -	Chute d'éléments de l'éolienne - Gravité / Probabilité	76
Tableau 17 -	Chute de glace - Calculs d'intensité et gravité	77
Tableau 18 -	Chute de glace - Gravité / Probabilité	77
Tableau 19 -	Projection de morceaux de glace - Calculs d'intensité et gravité	78
Tableau 20 -	Projection de morceaux de glace - Gravité / Probabilité	78
Tableau 21 -	Projection de pale ou de fragment de pale - Calculs d'intensité et gravité	79
Tableau 22 -	Projection de pale ou de fragment de pale - Gravité / Probabilité	79
Tableau 23 -	Hypothèses de l'influence de l'éolien de grande hauteur sur l'avifaune et perspectives d'études	86
Tableau 24 -	Hypothèses de l'influence de l'éolien de grande hauteur sur les chiroptères et perspectives d'études	90
Tableau 25 -	Caractéristiques selon les cartes de ZIV sur le site du Pas-de-Calais	111
Tableau 26 -	Caractéristiques selon les cartes de ZIV sur le site pilote	125
Tableau 27 -	Éléments à retenir pour le paysage	127
Tableau 28 -	Présentation des sites de l'étude sur l'acceptabilité sociale des éoliennes	138
Tableau 29 -	Impacts potentiels considérés sur le cycle de vie selon le type de mât	157

## INDEX DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 1.	Renouvellement (repowering) du parc éolien de Roggeplaat aux Pays-bas (remplacement de 12 E-33 35 m par 4 E-82 E2 78 m)	9
Photographie 2.	Parc éolien de Rysumer Nacken en Allemagne (2 E-126 135 m)	9
Photographie 3.	Usine de production de mât béton en France	13
Photographie 4.	Parc éolien d'Estinnes en Belgique (11 E-126 135 m)	16
Photographie 5.	Parc éolien de Werder Kessin en Allemagne (3 E-126 135 m, 8 E-82 E2 138 m)	16
Photographie 6.	Parc éolien de Casimcea en Roumanie (43 E-82 E2 108 m)	18
Photographie 7.	Parc éolien de Saint-Jean de Lachalm en France (9 E-70 E4 85 m)	23
Photographie 8.	Vue de la plateforme de grutage depuis la nacelle	23
Photographie 9.	Parc éolien d'Ellern en Allemagne (5 E-126 135 m, 3 E-101 135 m)	31
Photographie 10.	Parc éolien de Magdebourg-Rothensee en Allemagne (1 E-126 135 m)	32
Photographie 11.	Parc éolien de Potzmesiedl en Autriche (2 E-126 135 m)	44
Photographie 12.	Parc éolien d'Hamers en Allemagne (9 E-82 E2 108 m)	65
Photographie 13.	Parc éolien de Lausitzring en Allemagne (1 E-126 135 m)	66
Photographie 14.	Balise d'une éolienne E-126 sur le site d'Estinnes en Belgique	68
Photographie 15.	Dispositif de balisage ENERCON	69
Photographie 16.	Transport d'une pale de E-126	71
Photographie 17.	Transport d'une pale sur châssis alpin	72
Photographie 18.	Parc éolien de Gries en Suisse (1 E-70 85 m)	81
Photographie 19.	Parc éolien de Narva en Estonie (17 E-82 E2 138 m)	82
Photographie 20.	Parc éolien de Wieringermeer (1 E-126 135 m)	92
Photographie 21.	Scénarii pour le - Grand paysage de plaine agricole -	95
Photographie 22.	Scénarii pour le - Grand paysage et repères végétaux -	97
Photographie 23.	Scénarii pour le - Grand paysage et vallonnement -	99
Photographie 24.	Scénarii pour une - Implantation sur le sommet d'un coteau -	101
Photographie 25.	Scénarii pour une - Implantation sur les hauteurs d'un village -	103
Photographie 26.	Scénarii pour le - Paysage en cœur de bourg et patrimoine -	105
Photographie 27.	Scénarii pour le - Insertion avec les aménagements urbains -	107
Photographie 28.	Scénarii pour la - Perception de proximité à 400 m de distance -	109
Photographie 29.	Parc éolien d'Antoigné en France (4 E-82 E2 85 m)	113
Photographie 30.	Parc éolien de Plélan le Grand en France (6 E-82 E1 98 m)	114
Photographie 31.	Scénarii pour le site pilote / - Grand paysage à maillage bocager serré -	117
Photographie 32.	Scénarii pour le site pilote / - Grand paysage à maillage bocager lâche -	119
Photographie 33.	Scénarii pour le site pilote / - Masques de végétation aux abords des rivières	121
Photographie 34.	Scénarii pour le site pilote / - Vue à proximité des habitations -	123
Photographie 35.	Parc éolien de Gattendorf en Allemagne (5 E-82 E2 138 m)	128
Photographie 36.	Parc éolien de Kirchberg en Allemagne (8 E-82 E2 138 m)	134
Photographie 37.	Parcs éoliens d'Estinnes en Belgique (11 E-126 135 m)	143
Photographie 38.	Parc éolien d'Ambtenaar aux Pays-Bas (1 E-126 135 m)	149
Photographie 39.	Premier segment de mât sorti de l'usine de WEC Mâts Béton	149
Photographie 40.	Intérieur de l'usine d'Emden en Allemagne	151

## INDEX DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 1.	Renouvellement (repowering) du parc éolien de Roggeplaat aux Pays-bas (remplacement de 12 E-33 35 m par 4 E-82 E2 78 m) .....	9
Photographie 2.	Parc éolien de Rysumer Nacken en Allemagne (2 E-126 135 m) .....	9
Photographie 3.	Usine de production de mât béton en France .....	13
Photographie 4.	Parc éolien d'Estinnes en Belgique (11 E-126 135 m) .....	16
Photographie 5.	Parc éolien de Werder Kessin en Allemagne (3 E-126 135 m, 8 E-82 E2 138 m) .....	16
Photographie 6.	Parc éolien de Casimcea en Roumanie (43 E-82 E2 108 m) .....	18
Photographie 7.	Parc éolien de Saint-Jean de Lachalm en France (9 E-70 E4 85 m) .....	23
Photographie 8.	Vue de la plateforme de grutage depuis la nacelle .....	23
Photographie 9.	Parc éolien d'Ellern en Allemagne (5 E-126 135 m, 3 E-101 135 m) .....	31
Photographie 10.	Parc éolien de Magdebourg-Rothensee en Allemagne (1 E-126 135 m) .....	32
Photographie 11.	Parc éolien de Potzneusiedl en Autriche (2 E-126 135 m) .....	44
Photographie 12.	Parc éolien d'Hamers en Allemagne (9 E-82 E2 108 m) .....	65
Photographie 13.	Parc éolien de Lausitzring en Allemagne (1 E-126 135 m) .....	66
Photographie 14.	Balise d'une éolienne E-126 sur le site d'Estinnes en Belgique .....	68
Photographie 15.	Dispositif de balisage ENERCON .....	69
Photographie 16.	Transport d'une pale de E-126 .....	71
Photographie 17.	Transport d'une pale sur châssis alpin .....	72
Photographie 18.	Parc éolien de Gries en Suisse (1 E-70 85 m) .....	81
Photographie 19.	Parc éolien de Narva en Estonie (17 E-82 E2 138 m) .....	82
Photographie 20.	Parc éolien de Wieringermeer (1 E-126 135 m) .....	92
Photographie 21.	Scénarii pour le - Grand paysage de plaine agricole - .....	95
Photographie 22.	Scénarii pour le - Grand paysage et repères végétaux - .....	97
Photographie 23.	Scénarii pour le - Grand paysage et vallonnement - .....	99
Photographie 24.	Scénarii pour une - Implantation sur le sommet d'un coteau - .....	101
Photographie 25.	Scénarii pour une - Implantation sur les hauteurs d'un village - .....	103
Photographie 26.	Scénarii pour le - Paysage en cœur de bourg et patrimoine - .....	105
Photographie 27.	Scénarii pour le - Insertion avec les aménagements urbains - .....	107
Photographie 28.	Scénarii pour la - Perception de proximité à 400 m de distance - .....	109
Photographie 29.	Parc éolien d'Antoigné en France (4 E-82 E2 85 m) .....	113
Photographie 30.	Parc éolien de Piélan le Grand en France (6 E-82 E1 98 m) .....	114
Photographie 31.	Scénarii pour le site pilote / - Grand paysage à maillage bocager serré - ...	117
Photographie 32.	Scénarii pour le site pilote / - Grand paysage à maillage bocager lâche - ...	119
Photographie 33.	Scénarii pour le site pilote / - Masques de végétation aux abords des riverains	121
Photographie 34.	Scénarii pour le site pilote / - Vue à proximité des habitations - .....	123
Photographie 35.	Parc éolien de Gattendorf en Allemagne (5 E-82 E2 138 m) .....	128
Photographie 36.	Parc éolien de Kirchberg en Allemagne (8 E-82 E2 138 m) .....	134
Photographie 37.	Parcs éolien d'Estinnes en Belgique (11 E-126 135 m) .....	143
Photographie 38.	Parc éolien d'Ambtenaar aux Pays-Bas (1 E-126 135 m) .....	149
Photographie 39.	Premier segment de mât sorti de l'usine de WEC Mâts Béton .....	149
Photographie 40.	Intérieur de l'usine d'Erdem en Allemagne .....	151



Photographie 41.	Parc éolien d'Hamers en Allemagne (9 E-82 E2 108 m) .....	154
Photographie 42.	Parc éolien de Wieringermeer aux Pays Bas (1 E-126 135m) .....	161
Photographie 43.	Parc éolien de Garther Heide en Allemagne (3 E-82 E2 98m) .....	162
Photographie 44.	Design des éoliennes ENERCON .....	163
Photographie 45.	Différence mât acier / mât béton .....	165
Photographie 46.	Perception au pied de l'éolienne .....	168
Photographie 47.	Perception à 100 m .....	169
Photographie 48.	Perception à 500 m .....	170
Photographie 49.	Perception à 1 km .....	171
Photographie 50.	Perception à 5 km .....	172
Photographie 51.	Parc éolien de Laprugne en France (8 E-82 E1 85 m) .....	174
Photographie 52.	Parc éolien de Charraz en Suisse (1 E-101 99 m) .....	187

## INDEX DES FIGURES

Figure 1.	Éoliennes ENERCON en France .....	11
Figure 2.	Éoliennes ENERCON supérieures à 150 m en bout de pale .....	12
Figure 3.	Bases de maintenance .....	13
Figure 4.	Définition de l'éolien de grande hauteur .....	15
Figure 5.	Localisation du site pilote .....	19
Figure 6.	Implantation avec 5 éoliennes E-92 - direction du vent : SO .....	20
Figure 7.	Implantation avec 5 éoliennes E-92 - direction du vent : ESE .....	20
Figure 8.	Implantation avec 3 éoliennes E-92 .....	21
Figure 9.	Implantation avec 2 éoliennes E-126 .....	21
Figure 10.	Puissance du vent en fonction de l'altitude .....	25
Figure 11.	Comparaison prix/productible pour chaque configuration .....	28
Figure 12.	Impact nombre de machine/hauteur sur l'économie du projet .....	28
Figure 13.	Echelle de la pression acoustique en dB(A) .....	34
Figure 14.	Représentation schématique du périmètre d'étude dépendant de la hauteur .....	36
Figure 15.	Différences entre les configurations 1 à 2 (Implantation SO) .....	37
Figure 16.	Différences entre les configurations 1 à 2 (Implantation ESE) .....	38
Figure 17.	Différences entre les configurations 1 (SO) à 3 .....	39
Figure 18.	Différences entre les configurations 1 (ESE) à 3 .....	40
Figure 19.	Différences entre les configurations 1 (SO) à 4 .....	41
Figure 20.	Différences entre les configurations 1 (ESE) à 4 .....	42
Figure 21.	Schéma d'un PSA .....	46
Figure 22.	Schéma de zones liées au terrain (CTR, TMA, R, D) .....	47
Figure 23.	Schéma d'une procédure de vol aux instruments .....	47
Figure 24.	Schéma du volume de sécurité radar .....	48
Figure 25.	Groupe Interarmées d'hélicoptères .....	49
Figure 26.	Extension de la Zone GIH R95A .....	49
Figure 27.	Réseau très basse altitude (RTBA) .....	51
Figure 28.	Zones de protection des radars fixes de la Défense .....	53
Figure 29.	Zones de protection d'une ZIT .....	54





Figure 30. Zones de protection du SPAR.....	54
Figure 31. Zones de protection d'un sémaphore.....	55
Figure 32. Servitudes autour des radars militaires.....	56
Figure 33. Schéma de principe d'un PSA.....	59
Figure 34. Zones de protection d'un VOR.....	60
Figure 35. Servitudes autour des VOR de l'aviation civile.....	60
Figure 36. Servitudes autour des radars Météo France.....	63
Figure 37. Impact des servitudes aéronautiques radar et VOR sur le territoire des régions.....	64
Figure 38. Illustration du balisage en France.....	68
Figure 39. Illustration du balisage en Allemagne.....	69
Figure 40. Explication de l'adaptation de l'intensité lumineuse.....	70
Figure 41. Effet de la hauteur.....	74
Figure 42. Evolution journalière des altitudes de vol moyennes toutes périodes confondues.....	85
Figure 43. Distribution verticale des vols en période diurne et nocturne.....	86
Figure 44. Microphone de type Batcorder installé sur une nacelle (Source : <a href="http://www.nhbs.com/batcorder_wind_turbine_extension_tefno_177246.html">http://www.nhbs.com/batcorder_wind_turbine_extension_tefno_177246.html</a> ).....	88
Figure 45. Insertion dans le paysage.....	93
Figure 46. Bloc diagramme du site pilote et de son insertion dans le paysage.....	115
Figure 47. Objectifs de puissance à installer par région d'ici 2020 (Source : FEE).....	130
Figure 48. Evolution des superficies forestières entre 1975 et 2007 (Source : IFN).....	135
Nota : Cette carte est à mettre en relation avec la Figure 47 qui présente les objectifs de puissance à installer d'ici 2020.....	135
Figure 49. Illustration d'un montage pale par pale.....	137
Figure 50. Indices des prix INSEE pour l'acier.....	152
Figure 51. Reportage photographique de l'usine WEC Mâts Béton.....	156
Figure 52. Consommation et production d'énergie en fonction de la hauteur du mât.....	158
Figure 53. Facteur de gain et temps de remboursement de la dette énergétique en fonction de la hauteur du mât.....	159
Figure 54. Pourcentages de répartition des impacts environnementaux par postes en fonction de la hauteur de mât.....	160
Figure 55. Différence mât acier / mât béton.....	164
Figure 56. Evolution du gabarit des mâts et des rotors - exemple E-82.....	166
Figure 57. Evolution du gabarit des mâts et des rotors - exemple E-101.....	167



## PREAMBULE

La technologie du mât béton d'une éolienne permet d'élever le rotor afin d'améliorer la performance de la machine en venant capter une meilleure ressource de vent. Le mât béton permet ainsi d'améliorer la production du parc éolien en comparaison d'un parc avec des mâts classiques en acier. La société ENERCON anticipe sur cette évolution de l'éolien en France, c'est pourquoi elle s'est engagée dans un projet industriel de construction de mâts bétons dans le département de l'Oise.

Il s'agit d'un projet audacieux, destiné à alimenter en priorité le marché français puis européen grâce à la proximité des axes de transport. Dans ce contexte, il convient pour la société ENERCON de porter au mieux ce projet avec une action de valorisation des éoliennes supérieures à 150 m en bout de pale.

Numéro 1 du marché français de la fabrication des mâts d'éoliennes depuis 2009 (avec 1 692 MW installés fin 2011), ENERCON est aujourd'hui une société leader sur le secteur des énergies renouvelables. Elle propose une alternative fiable et performante pour la production d'une électricité propre, conformément aux valeurs portées par son créateur Aloys Wobben.

Le constat d'ENERCON : l'idée de l'éolien de grande hauteur est abandonnée trop vite par les développeurs/exploitants en raison des freins actuels (acceptation des riverains et de l'administration, impact sur le paysage, délai de développement, contraintes spécifiques, ...). Cependant avec la hausse constante de l'occupation des sites les mieux exposés, il y a lieu de considérer que les futurs développements de projets éoliens s'appuieront sur des machines plus hautes qui permettront d'exploiter des lieux moins ventés.

Aussi il convient de s'interroger sur les éléments objectifs et l'opportunité que peut représenter l'éolien de grande hauteur.

Quels sont les freins actuels et susceptibles d'évoluer avec le temps : l'évolution du contexte énergétique mondial, l'amélioration de la technique, l'acceptation du développement des énergies renouvelables et la mise en place du mix énergétique ou encore les engagements de la France et de l'Europe en matière d'énergies renouvelables.

*L'objet de ce document est donc de constituer un premier recueil d'éléments destinés à apporter un éclairage sur les éléments qui caractérisent l'éolien supérieur à 150 m de hauteur :*

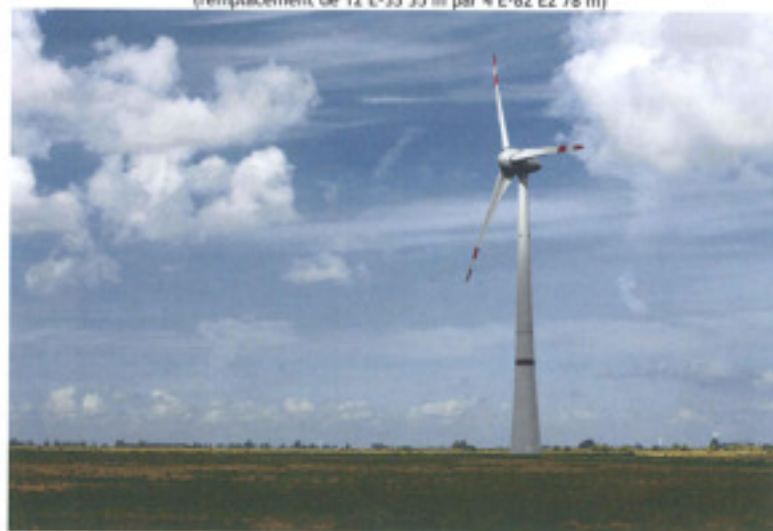
- *Technique et mise en œuvre ;*
- *Contexte environnemental ;*
- *Contraintes spécifiques.*



## CHAPITRE 1. CADRE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE



**Photographie 1.** Renouvellement (repowering) du parc éolien de Roggeplaat aux Pays-bas (remplacement de 12 E-33 35 m par 4 E-82 E2 78 m)



**Photographie 2.** Parc éolien de Rysumer Nacken en Allemagne (2 E-126 135 m)

## 1.1 LA SOCIÉTÉ ENERCON

- **La société ENERCON : une entreprise leader sur le marché**

La société ENERCON est le leader allemand dans la fabrication d'éoliennes. Elle siège à Aurich en Basse-Saxe. Elle fut fondée en 1984 par Aloys Wobben et emploie aujourd'hui environ 13 000 personnes.

L'ensemble de la gamme produite fait appel à une technologie à entraînement direct (sans boîte de vitesse), ce qui permet l'exploitation d'un flux énergétique quasiment exempt de frictions. L'entreprise fait valoir la performance et la fiabilité de sa technologie : la sollicitation mécanique, les coûts d'exploitation et l'importance des opérations de maintenance se trouvent réduits alors que la longévité des machines augmente.

ENERCON fabrique et commercialise tous les composants des éoliennes terrestres : mâts, pales, nacelles, générateurs, alternateurs et se présente comme un précurseur en matière de mât en béton. La technologie du mât béton est également une innovation d'ENERCON, destinée à rechercher une performance accrue à un coût maîtrisé. Elle dispose de plusieurs sites de production dans le monde (Suède, Turquie, Brésil, Portugal, Allemagne, Canada et France).

Grâce aux progrès en matière de développement des composants, de nouvelles générations d'éoliennes voient le jour et permettent aux clients de disposer d'un produit à la pointe de la technologie actuellement disponible.

Voici la description et la localisation des trois principales activités françaises d'ENERCON :

- **ENERCON GmbH**

Au 31 décembre 2012, la société ENERCON a installé en France plus de 850 éoliennes, soit 1 880 MW. Ces éoliennes représentent près d'un quart du marché national français.

Implantée principalement à Le Meux (dans l'Oise), depuis 2004, la société ENERCON dispose également de deux autres bureaux commerciaux : Vertou, à 10 km de Nantes, ouvert en 2009 et Valence, dans le département de la Drôme, ouvert depuis 2010.

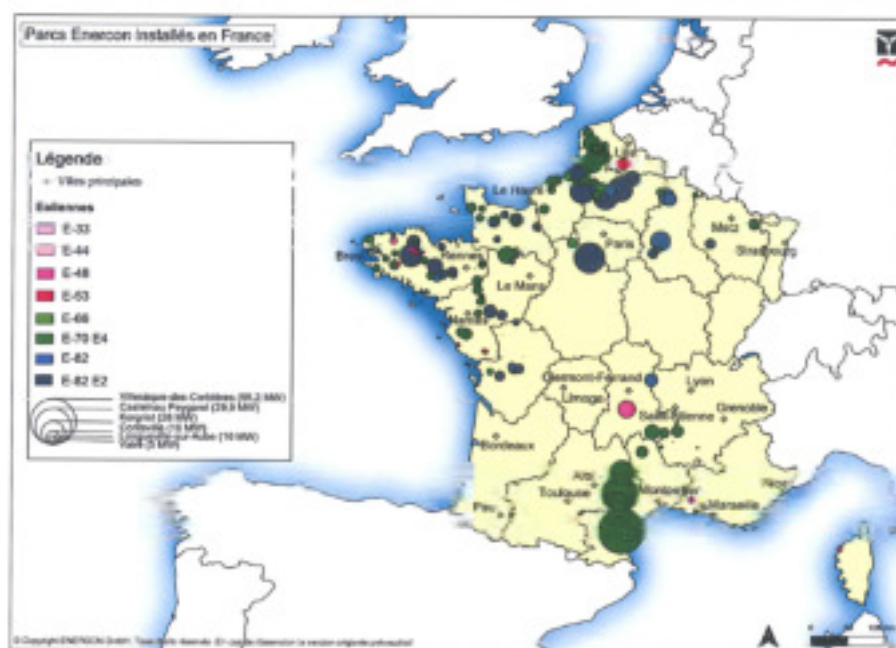


Figure 1. Eoliennes ENERCON en France

ENERCON propose une gamme d'éoliennes d'une hauteur totale allant de 67 à 206,5 m en bout de pale (cf. chapitre « La gamme des éoliennes ENERCON » pages suivantes).

Le territoire de l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique et les Pays-Bas accueille des machines dont la hauteur est supérieure à 150 m en bout de pale. Ce type de machine n'est pas recensé en France.



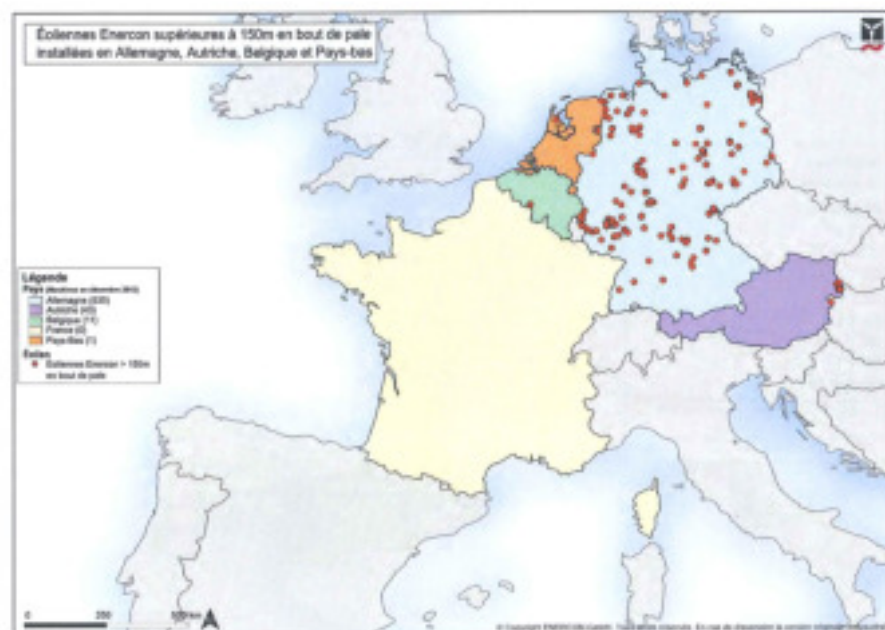


Figure 2. Eoliennes ENERCON supérieures à 150 m en bout de pale

#### • ENERCON Service France (ESF)

En parallèle des parcs éoliens ENERCON, la société ESF a ouvert des bases de maintenance afin de faire le suivi de ces parcs. Avec près de 23 bases, leur répartition géographique est calquée sur celle des parcs éoliens déjà installés.

Ces bases de maintenance permettent le recrutement de techniciens (électromécaniciens) locaux, qui sont formés en interne.



Figure 3. Bases de maintenance

#### • ENERCON WEC Mâts béton

Le 19 octobre 2012, ENERCON a inauguré sa première usine en France de production de mâts d'éoliennes en béton à Longueil-Sainte-Marie, près de Compiègne (Oise).

Le site de production de 15 000 m<sup>2</sup> est conçu pour fabriquer une centaine de mâts par an pour les projets éoliens du marché français.



Photographie 3. Usine de production de mât béton en France

### La gamme des éoliennes ENERCON

La gamme des éoliennes est suffisamment étendue pour couvrir le champ des besoins spécifiques aux sites à équiper. Le tableau ci-dessous permet de disposer d'une bonne représentation des caractéristiques des machines, dont la hauteur du moyeu et celle en bout de pale.

Les éoliennes **E-82**, **E-92**, **E-101**, **E-115** et **E-126** sont représentées en gras, car ces modèles peuvent atteindre en bout de pale une hauteur supérieure à 150 m : c'est pourquoi ils sont souvent évoqués dans la suite du document pour présenter différentes mises en situation, qu'il s'agisse de niveau sonore ou de simulations d'intégration paysagère, selon les différentes hauteurs de moyeu.

Modèle	Puissance nominale	Mât	Hauteur du moyeu	Diamètre du rotor	Longueur de pale	Hauteur totale en bout de pale	Surface balayée	Vitesse de rotation	Classe de vent
E-44	900 kW	acier	45,00 m 55,00 m	44 m	20,80 m	67,00 m 77,00 m	1 521 m <sup>2</sup>	12 à 34 tr/min	IA
E-48	800 kW	acier	50,00 m 55,60 m 60,00 m 75,60 m	48 m	22,80 m	74,00 m 79,60 m 84,00 m 99,60 m	1 810 m <sup>2</sup>	16 à 31 tr/min	IIA
E-53	800 kW	acier	60,00 m 73,25 m	52,9 m	25,25 m	86,45 m 99,70 m	2 198 m <sup>2</sup>	26 à 28,3 tr/min	S <small>Wt 1.5m/s Wt 17 m/s</small>
E-70	2 300 kW	acier	57 m	71 m	33,5 m	92,50 m	1 810 m <sup>2</sup>	16 à 31 tr/min	IA
			64 m			99,50 m			
E-82	2 000 kW (E2) 2 300 kW (E2) 3 000 kW (E3)	acier	74,50 m	82 m	38,8 m	110,00 m	5 281 m <sup>2</sup>	6 à 18,5 tr/min	IIA
			85,00 m			120,50 m			
E-82	3 000 kW (E4)	acier	84,50 m	82 m	38,8 m	120,00 m	5 281 m <sup>2</sup>	6 à 18,5 tr/min	IA
			98,20 m			133,70 m			
E-82	3 000 kW (E4)	béton	113,50 m	82 m	38,8 m	149,30 m	5 281 m <sup>2</sup>	6 à 18,5 tr/min	IIA
			138,38 m			179,38 m			
E-92	2 350 kW	acier	78 m	92 m	43,8 m	119,33 m	6 648 m <sup>2</sup>	5 à 16 tr/min	IIA
			85,00 m			125,58 m			
E-92	2 350 kW	acier	84,58 m	92 m	43,8 m	130,58 m	6 648 m <sup>2</sup>	5 à 16 tr/min	IIA
			98,38 m			144,38 m			
E-92	2 350 kW	béton	104,00 m	92 m	43,8 m	149,50 m	6 648 m <sup>2</sup>	5 à 16 tr/min	IIA
			108,38 m			154,38 m			
E-101	3 050 kW	béton	138,38 m	101 m	48,6 m	184,38 m	8 052 m <sup>2</sup>	4 à 14,5 tr/min	IIA
			149,00 m			199,50 m			
E-115	2 500 kW	béton	99,00 m	115 m	57,5 m	149,50 m	10 387 m <sup>2</sup>	3 à 12,8 tr/min	S <small>Wt 1.5m/s Wt 17 m/s</small>
			124,00 m			174,50 m			
E-115	2 500 kW	béton	135,40 m	115 m	57,5 m	185,90 m	10 387 m <sup>2</sup>	3 à 12,8 tr/min	S <small>Wt 1.5m/s Wt 17 m/s</small>
			149,00 m			206,50 m			
E-126	7 580 kW	béton	134,95 m	127 m	59,35 m	198,45 m	12 668 m <sup>2</sup>	5 à 11,7 tr/min	IA

Tableau 1 - Comparatif technique de différents types de machines

I	Wt 20m/s	II	Wt 8.5m/s
	Wt 70 m/s		Wt 59.5 m/s



## 1.2 QU'EST-CE QUE L'ÉOLIEN DE GRANDE HAUTEUR ?

Pour ce qui concerne la manière de désigner l'éolien au regard de la taille des machines installées, il n'existe pas de définition officielle et peu de critères pour définir clairement les catégories qui sont le plus souvent désignées par l'usage des termes « petit », « moyen » ou « grand » éolien.

- Pour les éoliennes inférieures à 12 m de hauteur, il n'existe pas de formalité au titre du Code de l'urbanisme, sauf à respecter les dispositions du document d'urbanisme de la commune concernée ;
- Pour les éoliennes de plus de 12 m de hauteur, un permis de construire et une déclaration au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont obligatoires ;
- Au-delà de 50 m de hauteur, plusieurs démarches administratives sont obligatoires :
  - o Un dossier de demande d'autorisation d'exploiter (DDAE) au titre des ICPE comportant une étude d'impact sur l'environnement ;
  - o Une demande de permis de construire ;
  - o Une enquête publique.

**Avec une hauteur qui avoisine les 200 m en bout de pale pour les modèles les plus hauts, il semble nécessaire d'introduire une qualification supplémentaire à celles couramment utilisées. Aussi pour des tailles comprises entre 150 et 200 m en bout de pale, on parlera de « l'éolien de grande hauteur » dans la suite du document.**

On peut résumer la désignation de l'éolien selon le critère taille de la manière suivante :

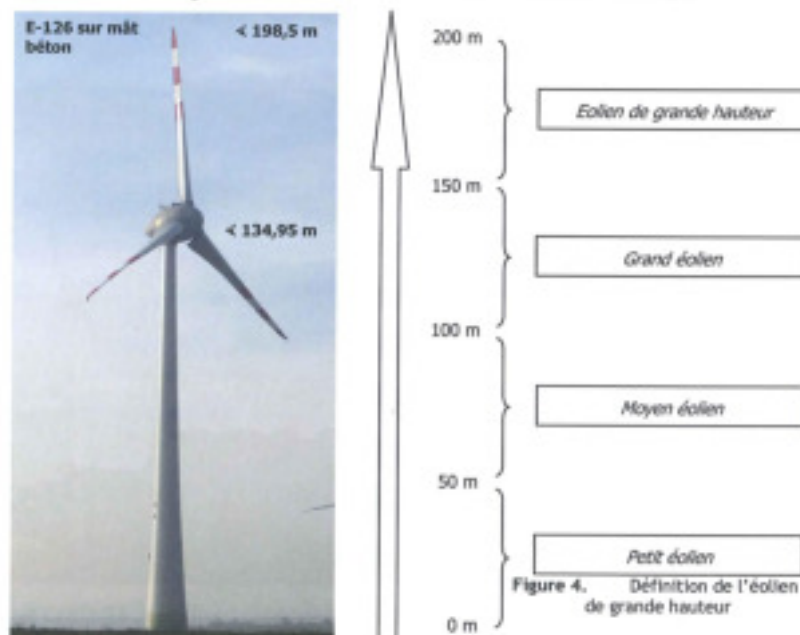


Figure 4. Définition de l'éolien de grande hauteur







Photographie 4. Parc éolien d'Estinnes en Belgique (11 E-126 135 m)



Photographie 5. Parc éolien de Werder Kessin en Allemagne (3 E-126 135 m, 8 E-82 E2 138 m)

### 1.3 ORGANISATION DE L'ÉTUDE

#### • Les sujets directement concernés par l'éolien de grande hauteur

Le sujet principal du dossier est la hauteur des machines.

Au-delà de la dimension verticale des parcs actuels (équipés le plus souvent d'éoliennes comprises entre 90 m et 150 m de hauteur en bout de pale), et compte tenu de la poursuite du développement dans les années à venir, il s'agit d'identifier quels sont les sujets directement concernés par l'éolien de grande hauteur.

La réflexion porte donc sur les impacts factuels engendrés par une augmentation de la hauteur des mâts, ainsi que les bénéfices et/ou les inconvénients qui s'y rattachent.

Les thèmes suivants seront ainsi abordés successivement ; sans nécessairement vouloir y attacher un ordre de priorité :

- Élévation du rotor et gain de productible ;
- Conséquences en matière acoustique ;
- Obstacles à la navigation aérienne ;
- Obstacles à la propagation des ondes ;
- Boisage ;
- Contribution de la hauteur au potentiel de danger ;
- Ecologie ;
- Effets visuels sur le paysage et le patrimoine ;
- Acceptabilité de l'éolien de grande hauteur ;
- Approche différenciée par le jeu des acteurs.

Différents entretiens en face à face ont été menés, auprès de riverains de parcs éoliens d'une part, et auprès de professionnels de la filière d'autre part.

Par catégorie d'acteurs, l'objectif recherché était de discerner les sujets qui leur apparaissent les plus importants, tout en étant attentif à la manière dont le sujet de la hauteur est perçu. On constate à cette occasion que le champ des priorités est variable selon les catégories de personnes.

NOTA : La méthodologie des entretiens ne permet pas un traitement statistique des réponses, il aurait fallu pour cela un grand nombre de personnes interrogées. La démarche vise plus à recueillir des éléments qualitatifs.

#### *Les riverains du parc éolien de Fruges situé dans le Pas-de-Calais (62) :*

Une dizaine de personnes ont été interrogées. Leurs éléments sont présentés dans un chapitre dédié à l'acceptabilité.

#### CHAPITRE 1.1

#### 2.11.2 Données de l'enquête sur l'acceptabilité sociale des éoliennes

#### Les acteurs concernés par la filière :

Certains acteurs essentiels de la filière ont été interrogés :

- Un représentant régional de France Energie Eolienne (FEE) ;
- Un développeur ;
- Deux DREAL.

#### CHAPITRE 4

#### Avis des acteurs de la filière

##### • La manière de mettre en œuvre l'éolien de grande hauteur et le mât béton

De manière connexe à la taille des installations, vient immédiatement en parallèle la manière de pouvoir en assurer la mise en œuvre dans les meilleures conditions technico-économiques et environnementales.

ENERCON valorise ainsi le mât béton comme une solution technique performante en tant que support aux éoliennes de très grande taille.

Dans la seconde partie du dossier, les arguments technologiques qui font de ce support un matériau de choix seront présentés, ainsi qu'un focus sur l'usine de fabrication « WEC Mâts Béton » située dans le département de l'Oise. Inaugurée et mise en service au mois d'octobre 2012, c'est le premier site de production industriel de cette envergure sur le territoire français.

Enfin, il sera présenté une analyse du cycle de vie (ACV) avant de terminer sur une note d'appréciation du design, toutes deux faisant la comparaison entre un mât acier classique et un mât béton.



Photographie 6. Parc éolien de Casimcea en Roumanie (43 E-82 E2 108 m)

## 1.4 SITE PILOTE UTILISÉ EN EXEMPLE

### • Localisation

Un site pilote dans le grand ouest situé dans le département de la Loire-Atlantique a été choisi. Il n'y a pas de parc éolien envisagé sur ce site mais les conditions locales étant connues, elles ont été utilisées pour simuler trois scénarios d'implantation comme cela est pratiqué pour un site en développement.



Figure 5. Localisation du site pilote

Il a été pris en exemple pour illustrer différentes mises en situation relativement :

- Au gain de productible ;
- A l'impact acoustique ;
- A l'impact paysager.

### • Les configurations testées

Afin de mesurer les effets induits par la hauteur des machines, différentes configurations ont été testées :

- Configuration n°1 : 5 éoliennes E-92, 98,38 m de hauteur de mât, soit 144,38 m de hauteur totale en bout de pale ;
- Configuration n°2 : 5 éoliennes E-92, 138,38 m de hauteur de mât, soit 184,38 m de hauteur totale ;
- Configuration n°3 : 3 éoliennes E-92, 138,38 m de hauteur de mât, soit 184,38 m de hauteur totale ;
- Configuration n°4 : 2 éoliennes E-126, 134,95 m de hauteur de mât, soit 198,95 m de hauteur totale.

La variation de la hauteur du mât entre les configurations n°1 et n°2 vise à comparer le gain de productible obtenu avec la seule variation de ce critère (cf. 2.1 Élévation du rotor et gain en productible).

Avec les configurations n°1 et n°3, il est considéré que le gain de productible obtenu avec l'élévation du mât permet de réduire le nombre de machines implantées. Autrement dit, la réduction de l'impact du nombre des machines se fait ici à la condition d'augmenter leur hauteur totale.

La configuration n°4 met en œuvre le modèle d'éolienne le plus puissant de la gamme ENERCON, la E-126 de 7,5 MW de puissance unitaire. Il est ici considéré que la hauteur permet également de faire varier la puissance nominale pour augmenter le productible et encore réduire le nombre de machines installées.



**Nota :** Le régime de vent varie en fonction de la situation géographique en France métropolitaine, ce qui entraîne des vents dominants de directions différentes selon que l'on se trouve dans le Nord, l'Ouest ou le Sud du pays. Afin d'analyser les situations les plus probables, deux implantations ont été prises en compte (Sud-Ouest et Est Sud-Est) pour les trois régimes de vent. Dans la suite du document, le site pilote est utilisé pour illustrer les sujets abordés et mettre en relief les caractéristiques liées aux différentes configurations.

- Implantation avec 5 éoliennes E-92 (mât béton de 98,38 m et de 138,38 m de hauteur)



Figure 6. Implantation avec 5 éoliennes E-92 - direction du vent : SO



Figure 7. Implantation avec 5 éoliennes E-92 - direction du vent : ESE

- Implantation avec 3 éoliennes E-92 (mât béton de 138,38 m de hauteur)



Figure 8. Implantation avec 3 éoliennes E-92

- Implantation avec 2 éoliennes E-126 (mât béton de 134,95 m de hauteur)



Figure 9. Implantation avec 2 éoliennes E-126

## CHAPITRE 2. L'EOLIEN DE GRANDE HAUTEUR ET SES THEMATIQUES PRINCIPALES



Photographie 7. Parc éolien de Saint-Jean de Lachalm en France (9 E-70 E4 85 m)



Photographie 8. Vue de la plateforme de grutage depuis la nacelle



## 2.1 ÉLEVATION DU ROTOR ET GAIN EN PRODUCTIBLE

L'énergie produite par une éolienne dépend de plusieurs paramètres : la longueur des pales, la vitesse du vent et la densité de l'air. Parmi eux, c'est la vitesse du vent qui est la caractéristique la plus importante.

Plus il y a de vent et meilleure est la production. Hors plus l'altitude est élevée plus le potentiel éolien est important, donc intéressant à exploiter.

La puissance produite par une éolienne augmente avec le carré de la longueur des pales, et avec le cube de la vitesse du vent :

- Une pale d'éolienne deux fois plus grande produit 4 fois plus d'énergie ;
- Lorsque la vitesse du vent double, la production est multipliée par 8.

L'augmentation de la taille du mât est une réponse technique permettant de bénéficier d'un vent plus fort et plus régulier.

### 2.1.1 EXPLOITATION DU MEILLEUR POTENTIEL ÉOLIEN

- Variation de la production électrique en fonction de la vitesse du vent

Vitesse de vent (m/s)	Vitesse de vent normalisée à 6 m/s (%) 6 m/s = indice 100	Production électrique d'un parc de 10 MW (MWh/an) <sup>1</sup>	Gain énergétique du site normalisé à 6 m/s (%) 6 m/s = indice 100
5	83	11 150	63
6	100	17 714	100
7	117	24 534	138
8	133	30 972	175
9	150	36 656	207
10	167	41 386	234

<sup>1</sup> En considérant des performances de machine standard, une densité de l'air de 1.225 kg/m<sup>3</sup>, une perte totale de 12 % et une distribution de la vitesse du vent selon la loi de Rayleigh.

Tableau 2 - Tableau de production d'énergie en fonction de la vitesse du vent

(Source : « The importance of the wind resource » - <http://www.wind-energy-the-facts.org/es/>)

On observe que lorsque la vitesse moyenne du vent sur le long terme augmente de 6 m/s à 10 m/s, soit 67 %, la production d'énergie augmente de 134 %.

La sensibilité du rendement énergétique aux variations de vitesse de vent dépend de la vitesse même du vent : pour un site à faible vitesse de vent, la sensibilité est plus grande que pour un site à forte vitesse de vent. Par exemple, sur un site à faible vitesse de vent, 1 % de variation de la vitesse du vent peut se traduire par un gain ou une perte énergétique de 2 %, tandis que pour un site soumis à de fortes vitesses de vent, la modification en termes d'énergie ne serait que de 1,5 %.

- Variation de la vitesse du vent en fonction de l'altitude

Depuis le sol, la vitesse du vent évolue exponentiellement en fonction de l'altitude (atténuation de la rugosité, régularité du flux). Sur un critère uniquement technique, les éoliennes ont donc intérêt à se situer le plus haut possible pour tirer le meilleur parti de la ressource disponible.

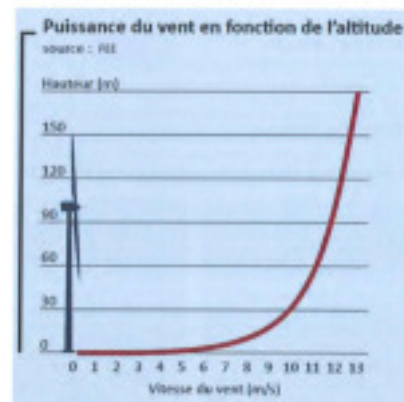


Figure 10. Puissance du vent en fonction de l'altitude  
(Source : FEE)

Ainsi, l'éolien de grande hauteur tire mieux parti de la ressource en vent dans des sites peu ventés. En effet, l'augmentation de la taille de l'éolienne se traduit par une augmentation du couple exercé sur les pales, donc de la puissance de la machine, tandis que la vitesse de rotation en bout de pale doit être limitée pour contenir le bruit aérodynamique dans des limites acceptables.

#### CARACTÉRISATION DU CISAILEMENT DE VENT D'UN SITE

La rugosité est une grandeur qui rend compte de la manière dont les éléments d'occupation du sol perturbent l'écoulement du vent. Les classes de rugosité vont de 0 à 4 : la classe 0 ne perturbe pas l'écoulement du vent, la classe 4 le perturbe fortement.

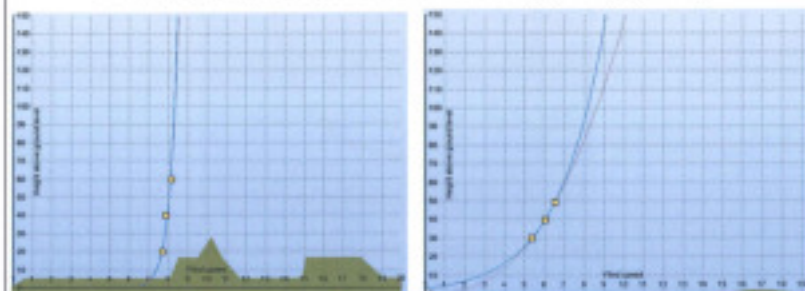
Type d'occupation du sol	Classes de rugosité
Mers et océans	0
Plages, dunes	1
Vignobles	2
Forêts de conifères	3,5
Villes	4

Tableau 3 - Classes de rugosité des types d'occupation du sol

La perturbation de l'écoulement du vent est à l'origine d'un effet de cisaillement du vent dont la vitesse va varier en fonction de la distance par rapport au sol.

Pour modéliser cette variation, il est possible d'utiliser deux paramètres :

- > Le paramètre de la loi de puissance :
  - o exposant  $\alpha$  dans  $v1=v2 \times (h1/h2)^\alpha$
- > Le paramètre de la loi logarithmique :
  - o Longueur de rugosité équivalente  $z_0$  dans  $v1=v2 \times ((\ln(h1/z0))/(\ln(h2/z0)))$



● vitesses moyennes mesurées — loi logarithmique — loi de puissance

#### Faible cisaillement :

Exposant  $\alpha$  : 0,05  
 Longueur de rugosité équivalente  $z_0$  : 0,0001 m

#### Haut cisaillement :

Exposant  $\alpha$  : 0,39  
 Longueur de rugosité équivalente  $z_0$  : 2,9 m

Nota : la topographie (en vert sur les schémas ci-dessus) n'est pas à l'échelle et influence moins le cisaillement que l'occupation des sols dont les classes de rugosité.

Sur les sites à haut cisaillement, il est intéressant d'augmenter la hauteur mât pour se libérer de la forte influence d'un sol complexe (forte rugosité : villes, forêts, ...).

A l'inverse, sur les sites à faible cisaillement (faible rugosité : mers, plaines, ...), il n'est pas intéressant de d'augmenter la hauteur de mât car la vitesse de vent n'augmente pas beaucoup avec la hauteur.

## 2.1.2 APPLICATION AU SITE PILOTE

Les simulations du productible ont été réalisées sur les quatre configurations envisagées à l'aide du logiciel WindPRO<sup>1</sup>. Les principales données d'entrée sont :

- La rugosité et les données du vent local ;
- La densité de l'air et la pression atmosphérique ;
- La température moyenne annuelle ;
- Le type d'éolienne.

### CHAPITRE 5 Annexe 5 : Fiches de calculs WindPRO de la simulation de productible

#### • Résultats tirés des simulations

Régime de vent selon la situation géographique en France métropolitaine	Configuration 1 5 E-92 2,3 MW sur mât de 98 m	Configuration 2 5 E-92 2,3 MW sur mât de 138 m	Gain de production obtenu avec un mât de 138 m
Productible brut en MWh/an			
Nord	35 566,4	44 436,9	+ 25 %
Ouest	35 582,0	43 880,9	+ 23 %
Sud	40 134,8	46 385,1	+ 16 %

Régime de vent selon la situation géographique en France métropolitaine	Configuration 3 3 E-92 2,3 MW sur mât de 138 m	Comparaison avec la configuration 1 à 5 E-92 98 m
Productible brut en MWh/an		
Nord	26 995,4	- 24 %
Ouest	26 443,5	- 26 %
Sud	28 106,5	- 30 %

Régime de vent selon la situation géographique en France métropolitaine	Configuration 4 2 E-126 7,5 MW sur mât de 135 m	Comparaison avec la configuration 1 à 5 E-92 98 m
Productible brut en MWh/an		
Nord	40 265,3	+ 13 %
Ouest	40 203,5	+ 13 %
Sud	46 241,8	+ 15 %

Tableau 4 - Résultats tirés des simulations de productible

<sup>1</sup> WindPRO est un logiciel largement utilisé par les acteurs de la filière et permettant la conception des parcs éoliens. Il couvre toutes les étapes clés de la conception d'un projet : simulation du potentiel éolien, estimation du productible, nuisances acoustiques, simulation d'intégration paysagère. Il a été utilisé dans la présente étude pour illustrer les différentes mises en situation du site pilote dans le grand ouest.



#### • Analyse

Au fur et à mesure que l'on s'élève en altitude, le potentiel éolien augmente avec un vent plus puissant et plus régulier. Ainsi on constate que l'élévation du rotor de 98 m à 138 m est un facteur déterminant car il génère un gain de productible tout à fait significatif et compris entre 16 % et 25 %. Il s'agit là d'une différence importante pouvant permettre de justifier, sur le plan technico-économique, des installations sur des sites insuffisamment ventés pour des hauteurs de moyeux plus basses. Le gain en productible est l'avantage principal de l'éolien de grande hauteur.

La réduction du nombre de machines est à considérer dans le cadre d'un travail de développement et d'adaptation des parcs au contexte local :

- Contraintes d'implantation au sol et distances d'éloignement par rapport aux installations alentours (servitudes hertziennes, radars, ...);
- Acceptabilité des riverains (élus, habitants) et distances de séparation vis-à-vis des habitations et des projets d'urbanisme ;
- Maîtrise foncière.

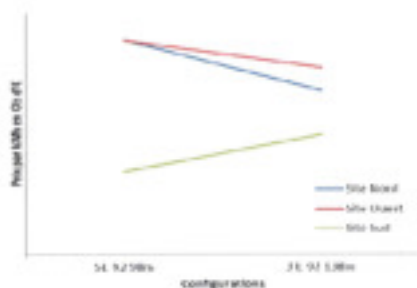


Figure 11. Comparaison prix/productible pour chaque configuration

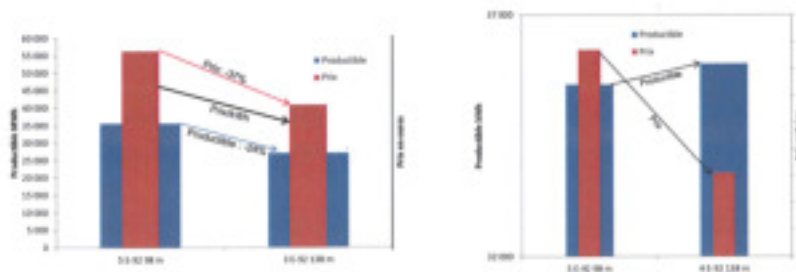


Figure 12. Impact nombre de machine/hauteur sur l'économie du projet

Sur la Figure 11 on constate que l'augmentation de la hauteur permet de réduire le prix du kWh pour les sites faiblement à moyennement ventés. L'impact économique de l'augmentation de la hauteur sur les sites plus ventés (dans notre cas le site dans le sud de la France) peut-être financièrement moins intéressant du fait d'un prix initial du kWh plus faible. On constate cependant que pour un site situé dans le Nord ou dans l'Ouest de la France l'impact de la hauteur sur l'économie du projet est positif et notable pour le porteur de projet.

La Figure 12 montre qu'en réduisant le nombre de machine et en augmentant la hauteur on peut soit stabiliser son productible, soit diminuer son productible tout en diminuant notablement son investissement.

Ces deux figures permettent d'illustrer l'intérêt technico-économique de la hauteur tout en conservant un outil d'acceptabilité de réduction d'impact par la diminution du nombre de machine. Retirer une ou deux machines permet, en effet, d'augmenter la distance par rapport aux habitations, diminuer l'impact acoustique (cf. 1.1) et conserver un impact visuel acceptable toute en ayant un projet financièrement plus rentable.

Le dernier levier consiste à sélectionner un modèle de machine permettant à la fois de concilier le bénéfice de productible issu de la hauteur et la puissance nominale de l'éolienne afin de compenser la réduction du nombre des implantations. Avec le choix d'une éolienne de type E-126 de 7,5 MW, ne pouvant être installée qu'au sommet d'un mât de 135 m de hauteur, le productible n'est plus inférieur que de 9 % à une installation comportant plus du double d'unités.

#### • Prise en compte du surcoût engendré par le choix d'un mât plus élevé

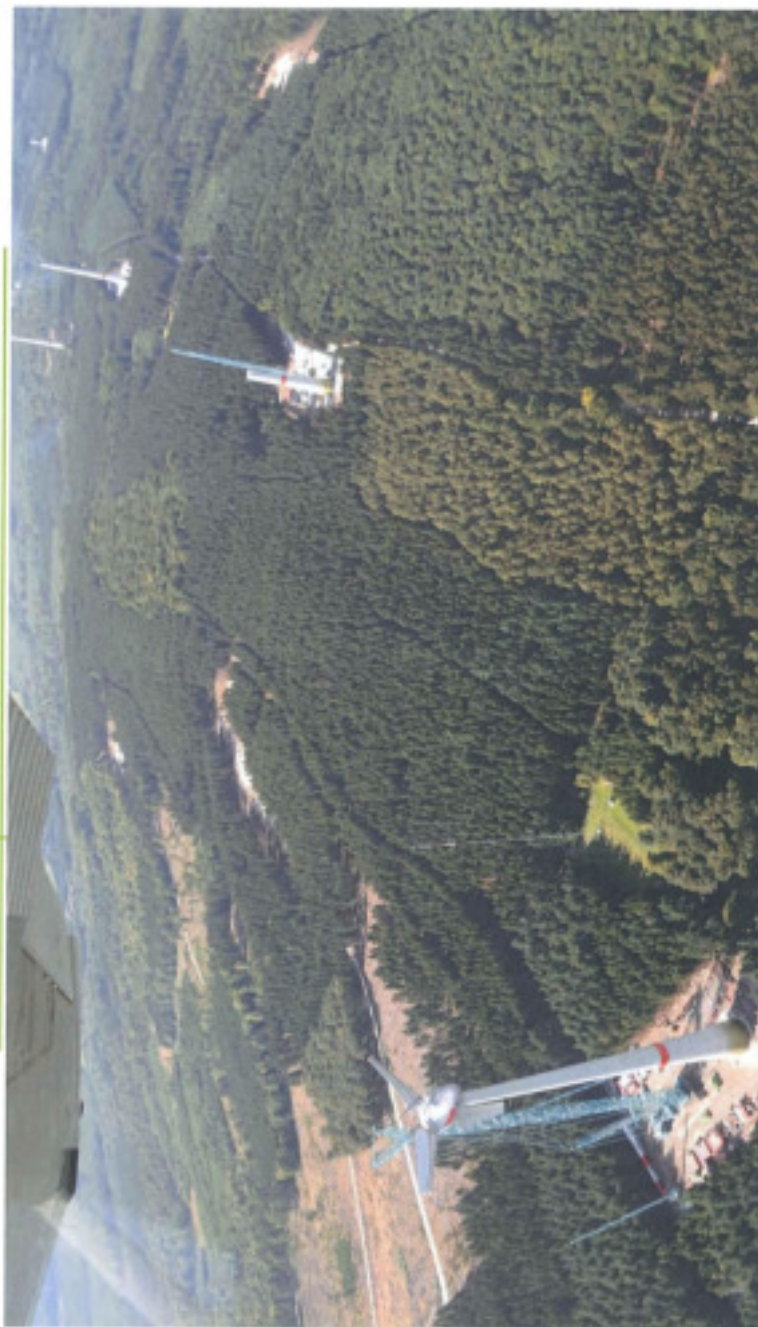
Pour ce qui concerne la fourniture du matériel, le surcoût de prix engendré par le passage d'un mât de 98 m à un mât de 138 m sera nettement inférieur au gain attendu en termes de productible. Ce choix entraîne également une hausse de coût pour le génie civil et le génie électrique, inférieure à l'augmentation du coût du mât. Ainsi, il est constaté que sur certaine direction de vent, l'augmentation de la hauteur n'est pas intéressante (cf. direction sud). L'étude initiale du site est primordiale afin de choisir la machine la plus adaptée au site. ENERCON propose à ses clients une étude de Site Verification (SV) qui consiste à évaluer la faisabilité technique d'un projet situé en terrain complexe.

Régime de vent selon la situation géographique en France métropolitaine	Configuration 1 5 E-92 2,3 MW sur mât de 98 m	Configuration 3 3 E-92 2,3 MW sur mât de 138 m	Perte de production	Comparaison perte de production / Différence de prix avec 2 machines en moins
	Productible brut en MWh/an			
Nord	35 566,4	26 995,4	- 24 %	+13%
Ouest	35 582,0	26 443,5	- 26 %	+11%
Sud	40 134,8	28 106,5	- 30 %	+7%

Tableau 5 - Comparaison des productibles en fonction des scénarii 1 et 3

### 2.1.3 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- Plus le rotor est élevé, plus il exploite un vent puissant et régulier.
- La hausse de la hauteur du mât permet une exploitation rentable dans les sites peu ventés.
- Le gain de la hauteur varie selon les différents régimes de vent.
- Monter en hauteur n'est pas nécessairement intéressant pour tous les sites compte tenu du surcoût associé à un mât plus élevé.
- La diminution du nombre de machines peut s'avérer un bon outil de discussion autour du projet tout en maintenant une bonne justification économique.
- Dans l'exemple du site pilote, et en fonction des différents régimes de vent de la France métropolitaine, le gain de production varie de + 16 % à + 25 % en passant d'un mât de 98 m à 138 m.



Photographie 9. Parc éolien d'Ellerm en Allemagne (5 E-126 135 m, 3 E-101 135 m)





Photographie 10. Parc éolien de Magdebourg-Rochensee en Allemagne (1 E-126 135 m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaudrait.

32

Ref. 1203056\_V1

Rapport final - Février 2013



## 2.2 ACOUSTIQUE

Les éoliennes sont à l'origine d'émissions sonores de diverses natures :

- La source sonore principale est générée par les bruits aérodynamiques. Ils sont issus du frottement du vent sur les pales et de l'effet de fouettement provoqué par les pales lorsqu'elles passent devant le mât ;
- Les bruits mécaniques sont liés au fonctionnement de la génératrice logée dans la nacelle. Il convient ici de relever qu'en l'absence de boîte de vitesse ces bruits sont amoindris sur les éoliennes ENERCON ;
- Le bruit issu du transformateur logé au pied du mât qui n'est plus audible au-delà d'une centaine de mètres.

La propagation du bruit est un phénomène complexe, aussi afin de réduire les nuisances perçues par les riverains aux alentours d'une source d'émission sonore, la maîtrise du bruit ambiant est une question centrale du milieu industriel éolien.

En plus de la distance réglementaire de 500 m qui doit séparer une éolienne et un lieu à usage d'habitation, le respect de la réglementation en matière d'acoustique contribue à déterminer la bonne distance d'éloignement de manière à causer le moins de gêne possible.

Le bruit étant un sujet sensible en matière de développement éolien, il s'agit ici de mesurer, par un premier niveau d'approche, l'avantage apporté par l'élevation d'un mât d'éolienne sur l'impact sonore de l'ouvrage envers les riverains les plus proches.



### 2.2.1 NOTIONS GÉNÉRALES EN MATIÈRE DE BRUIT

- Définitions courantes de la réglementation

**Bruit ambiant** : ensemble des bruits émis par toutes les sources proches et éloignées du site étudié.

**Bruit particulier** : composante du bruit ambiant que l'on désire distinguer. Il s'agit des émissions sonores engendrées par un parc éolien.

**Bruit résiduel** : bruit en l'absence du bruit particulier.

**Emergence** : différence entre le niveau de bruit ambiant et le niveau de bruit résiduel. Elle mesure la contribution de l'objet étudié au bruit ambiant.

**Tonalité marquée** : elle est détectée dans un spectre non pondéré de 1/3 d'octave quand la différence de niveaux entre la bande de 1/3 d'octave et les quatre bandes de 1/3 d'octave les plus proches (2 bandes inférieures et les 2 bandes supérieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués ci-après.

50 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1 250 Hz	16 000 Hz à 8 kHz
10 dB	5 dB	5 dB

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaudrait.



Ref. 1203056\_V1  
Rapport final - Février 2013

33

La détermination des tonalités marquées requiert une étude par bandes de tiers d'octave sur l'intervalle de 50 à 8 000 Hz.

#### • Le bruit éolien restitué parmi les bruits du quotidien

À hauteur du moyeu, la puissance acoustique émise est généralement comprise entre 100 et 108 dB(A).

En fonction du contexte local et au fur et à mesure de l'éloignement de la source sonore, le bruit est atténué. Par ailleurs, plus le vent augmente et plus le bruit issu du rotor se trouve mêlé aux autres bruits ambiants.

En pied d'éolienne, la pression acoustique est comparable à l'intérieur d'une voiture.

Entre 300 et 400 m de distance, la pression acoustique est de l'ordre de 45 dB(A).



Figure 13. Échelle de la pression acoustique en dB(A)

**Puissance acoustique** : c'est la quantité d'énergie émise par une source sonore pendant un certain temps.

**Pression acoustique** : c'est une variation de la pression de l'air due à la propagation d'une onde sonore qui déplace ses molécules. Elle traduit l'intensité du son perçu par un individu ; c'est donc le niveau de pression acoustique qui induit ou non une impression de gêne auditive. Elle dépend de la puissance sonore de la source et des conditions locales (éloignement, humidité, rugosité...).

#### • Ordre de grandeur des émissions sonores des éoliennes

Les éoliennes E-82, E-92, E-101, E-115 et E-126, qui peuvent avoir un rotor installé respectivement jusqu'à 138 m pour les deux premières, jusqu'à 135 m pour la E-126 et jusqu'à 149 m pour la E-101 et la E-115, présentent des puissances acoustiques qui sont synthétisées dans le tableau suivant :

Modèle	Rappel des hauteurs de mâts possibles selon les modèles	Puissance acoustique maximale dB(A)
E-82	78 m, 85 m, 96 m, 108 m, 138 m	104 dB(A)
E-92	84 m, 98 m, 108 m, 138 m	105 dB(A)
E-101	99 m, 124 m, 135 m, 149 m	106 dB(A)
E-115	92 m, 135 m, 149 m	106 dB(A)
E-126	135 m	108,5 dB(A)

Tableau 6 - Ordre de grandeur des émissions sonores par type d'éoliennes

## 2.2.2 DONNEES REGLEMENTAIRES

### • Textes réglementaires et normes de référence actuels

**Arrêté du 26 août 2011**, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

**Arrêté du 5 décembre 2006**, relatif aux modalités de mesure des bruits de voisinage.

**Arrêté du 23 janvier 1997**, relatif aux bruits émis dans l'environnement par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

**Circulaire du 27 février 1996**, relatif à la lutte contre les bruits de voisinage.

**Norme NFS 31-010 de décembre 1996**, « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement ».

**Projet de norme NFS 31-114**, « Mesurage du bruit dans l'environnement avant et après installation éolienne ».

### • Principales contraintes à prendre en considération

La réglementation française impose le respect d'un critère d'émergence à partir de 35 dB(A) de niveau ambiant. La valeur maximale d'émergence sonore ne doit pas dépasser 3 dB(A) la nuit et 5 dB(A) le jour. C'est le respect de l'émergence sonore au droit des lieux d'habitation qui contribue, pour partie, à déterminer la distance d'éloignement des éoliennes avec ces derniers.

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée (incluant le bruit de l'installation)	Émergence admissible pour la période allant de 7 h à 22 h	Émergence admissible pour la période allant de 22 h à 7 h
Supérieur à 35 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)
Inférieur à 35 dB(A)	Installation conforme	

Tableau 7 - Emergences réglementaires

L'arrêté du 26 août 2011 détermine les valeurs du niveau de bruit maximal à respecter en tout point du périmètre de mesure. Celui-ci « correspond au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre de chaque aérogénérateur et de rayon R défini comme suit : »

$$R = 1,2 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{longueur d'un demi rotor})$$

Jour	Nuit
70 dB(A)	60 dB(A)

Tableau 8 - Niveau de bruit maximal à respecter dans le périmètre de mesure



Plus le rotor est élevé et plus ce périmètre est grand ce qui conduit à augmenter la surface où le niveau de bruit maximal doit être respecté.

- Pour une E-92 sur mât de 84 m, le rayon calculé est de 156 m (1,2 (84+46)) ;
- Pour une E-92 sur mât de 138 m, le rayon calculé est de 220,8 m (1,2 (138+46)).



Figure 14. Représentation schématique du périmètre d'étude dépendant de la hauteur

### 2.2.3 APPLICATION AU SITE PILOTE

#### • Hypothèses d'entrées

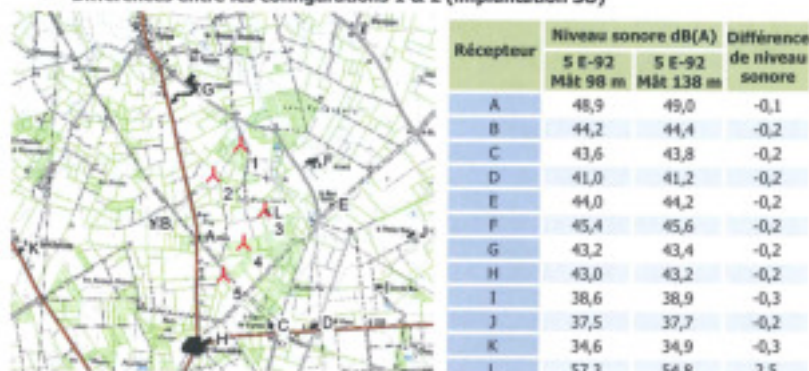
Sur le site pilote, quatre configurations d'implantation d'éoliennes sont envisagées de la manière suivante :

Configuration	Nombre d'éoliennes	Modèle	Hauteur de mât
1 : 5 éoliennes E-92, 98 m de hauteur de mât, soit 144,38 m de hauteur totale	5	E-92	98 m
2 : 5 éoliennes E-92, 138 m de hauteur de mât, soit 184,38 m de hauteur totale	5	E-92	138 m
3 : 3 éoliennes E-92, 138 m de hauteur de mât, soit 184,38 m de hauteur totale	3	E-92	138 m
4 : 2 éoliennes E-126, 135 m de hauteur de mât, soit 190,95 m de hauteur totale	2	E-126	135 m

Tableau 9 - Présentation des configurations mises en place sur le site pilote

- Pour les configurations 1 & 2, deux scénarios d'implantation ont été envisagés :
  - des éoliennes implantées selon la direction de vents dominants du sud-ouest,
  - une implantation selon l'axe est / sud-est en suivant la deuxième orientation des vents ;
- Pour les configurations 3 & 4, il a été pris le parti de réduire le nombre d'éoliennes ;
- Il n'est tenu compte d'aucune atténuation liée à l'occupation du sol de manière à mesurer uniquement la différence sonore issue de la hauteur du mât ;
- Il n'est tenu compte d'aucune tonalité particulière ;
- La vitesse de vent est de 8 m/s et le bruit résiduel est de 48 dB(A) ;
- Les différents récepteurs sont positionnés en différents points aux alentours du parc :
  - habitations proches depuis lesquelles les riverains sont susceptibles de percevoir le bruit issu des éoliennes ;
  - ou au pied des éoliennes.

#### • Différences entre les configurations 1 & 2 (implantation S0)



Avec une élévation de mât de 40 m, le bruit perçu présente une tendance légèrement supérieure au niveau des habitations des riverains (récepteurs A à K). Il faut souligner que la différence entre les deux configurations est très faible, variant seulement de 0,1 à 0,3 dB(A). A distance des habitations, la différence sonore n'est pas significative entre les deux hauteurs de mâts.

En pied d'éolienne (récepteur L) le bruit perçu est plus faible pour le mât de 138 m. Ici, à proximité de la source d'émission sonore, l'élévation du mât entraîne une différence significative pour le récepteur.

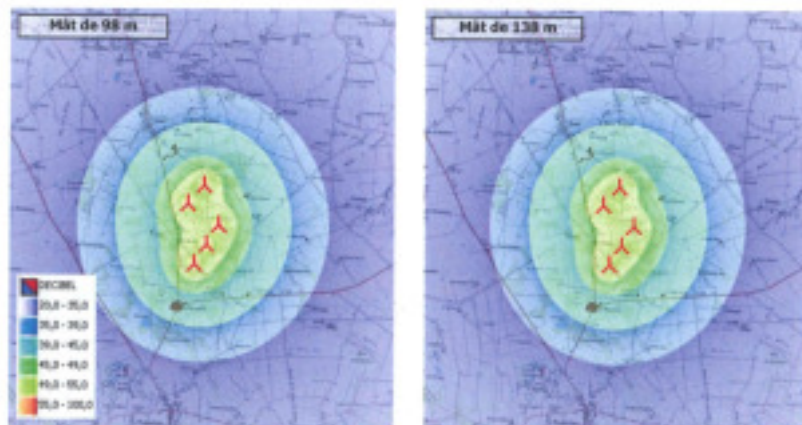


Figure 15. Différences entre les configurations 1 & 2 (implantation S0)

La différence de perception sonore entre le mât de 98 m et celui de 138 m n'est pas visible sur les cartes de niveaux sonores.



• Différences entre les configurations 1 & 2 (implantation ESE)



Récepteur	Niveau sonore dB(A)		Différence de niveau sonore
	5 E-92 Mât 98 m	5 E-92 Mât 138 m	
A	48,2	48,3	-0,1
B	44,0	44,2	-0,2
C	43,6	43,8	-0,2
D	42,9	43,1	-0,2
E	44,8	45,0	-0,2
F	45,3	45,5	-0,2
G	43,0	43,3	-0,3
H	40,3	40,6	-0,3
I	40,8	41,0	-0,2
J	38,8	39,1	-0,3
K	34,1	34,3	-0,2
L	57,4	55,1	2,3

Conclusions identiques dans cette nouvelle configuration d'implantation :

Le niveau sonore est légèrement plus élevé pour le mât de 138 m avec une faible différence pour les riverains variant de seulement 0,1 à 0,3 dB(A). A distance des habitations, la différence sonore n'est donc pas significative entre les deux hauteurs de mâts.

En pied d'éolienne (récepteur L) le bruit perçu est plus faible pour le mât de 138 m. Ici, à proximité de la source d'émission sonore, l'élévation du mât entraîne une différence significative pour le récepteur.

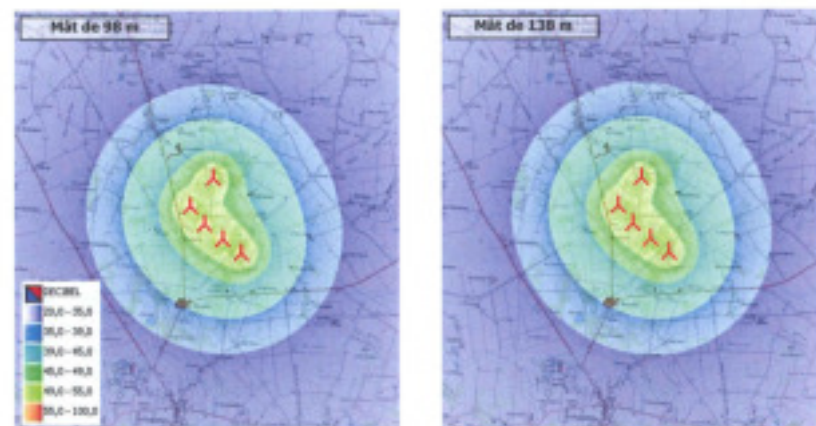


Figure 16. Différences entre les configurations 1 & 2 (Implantation ESE)

Aucune différence visible sur les cartes de niveaux sonores entre les deux scénarios.

• Différences entre les configurations 1 (SO) & 3



Récepteur	Niveau sonore dB(A)		Différence de niveau sonore
	5 E-92 Mât 98 m	3 E-92 Mât 138 m	
A	48,9	47,4	1,5
B	44,2	42,1	2,1
C	43,6	41,3	2,3
D	41,0	38,9	2,1
E	44,0	41,1	2,9
F	45,4	42,5	2,9
G	43,2	39,7	3,5
H	43,0	39,6	3,4
I	38,6	36,4	2,2
J	37,5	35,2	2,3
K	34,6	32,4	2,2
L	57,3	54,6	2,7

Avec une diminution du nombre de machine (de 5 à 3) mais une augmentation de la hauteur, le bruit perçu présente une baisse générale du niveau sonore à tous les récepteurs. La variation mesurée au niveau des habitations (récepteurs A à K) est comprise entre 1,5 et 3,5 dB(A). La différence sonore est significative entre les implantations.

En pied d'éolienne (récepteur L), le bruit perçu est plus faible (2,7 dB(A)) pour l'implantation à 3 machines.

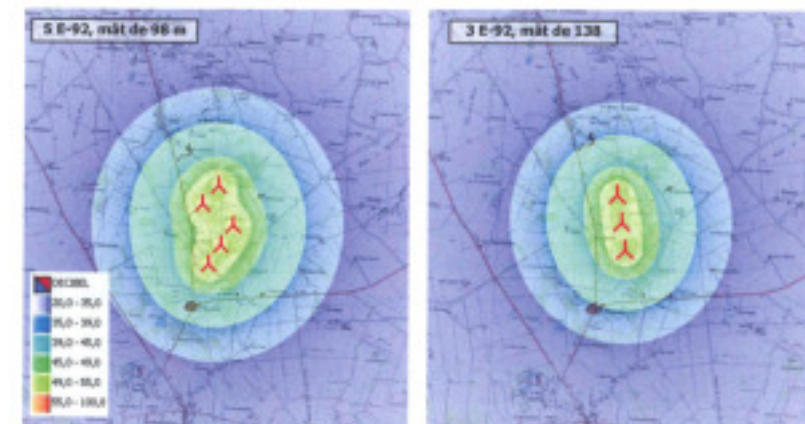


Figure 17. Différences entre les configurations 1 (SO) & 3

Avec la diminution du nombre de machines mais une augmentation de la hauteur des éoliennes, la propagation de l'impact sonore est plus limitée.



• Différences entre les configurations 1 (ESE) & 3



Conclusions identiques dans cette nouvelle configuration d'implantation :

Le niveau sonore diminue avec une différence significative pour les riverains variant de 0,7 à 4,4 dB(A).

En pied d'éolienne (récepteur L) le bruit perçu est plus faible pour l'implantation de 3 éoliennes. Ici, à proximité de la source d'émission sonore, le scénario 3 entraîne une différence significative pour le récepteur (2,8 dB(A)).

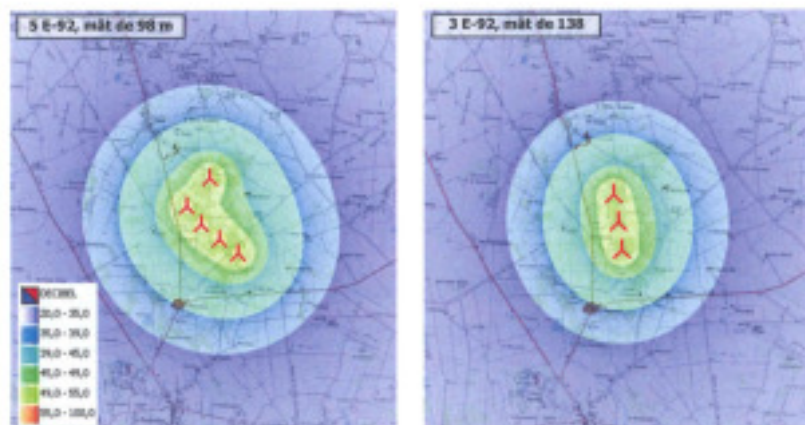


Figure 18. Différences entre les configurations 1 (ESE) & 3

Comme précédemment, avec la diminution du nombre de machines mais une augmentation de la hauteur des éoliennes, la propagation de l'impact sonore est plus limitée.

• Différences entre les configurations 1 (SO) & 4



Avec une diminution du nombre de machine mais une hausse de la hauteur, le bruit perçu présente une baisse ou une hausse du niveau sonore en fonction des récepteurs. La variation mesurée au niveau des habitations (récepteurs A à K) est comprise entre -0,5 et 1,3 dB(A). La différence sonore est significative entre les 2 implantations. La configuration à 2 éoliennes permet une diminution plus importante du niveau sonore.

En pied d'éolienne (récepteur L), le bruit perçu est plus fort (-0,8 dB(A)) pour l'implantation à 2 machines.

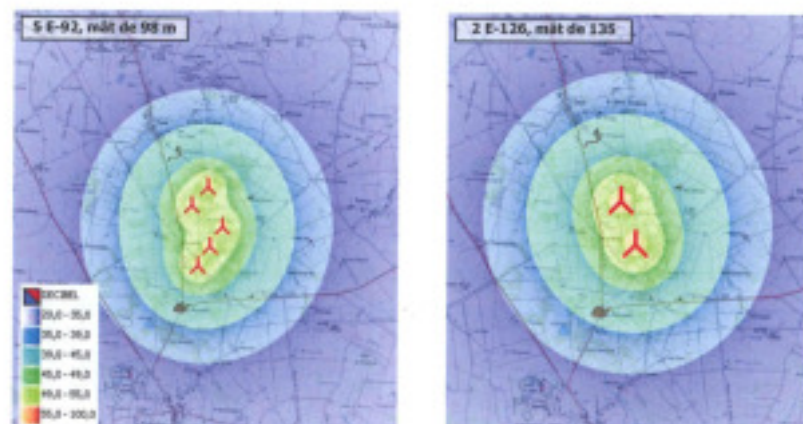
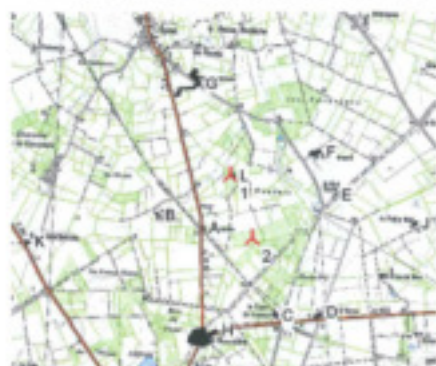


Figure 19. Différences entre les configurations 1 (SO) & 4

Ici, avec une réduction du nombre de machines et une augmentation de l'émission sonore du modèle E-126, la propagation sonore est quasiment identique.

• Différences entre les configurations 1 (ESE) & 4



Récepteur	Niveau sonore dB(A)		Différence de niveau sonore
	5 E-92 Mât 98 m	2 E-126 Mât 135 m	
A	48,2	49,4	-1,2
B	44,0	44,7	-0,7
C	43,6	43,6	0
D	42,9	41,4	1,5
E	44,8	43,6	1,2
F	45,3	44,5	0,8
G	43,0	42,0	1
H	40,3	41,7	-1,4
I	40,8	39,0	1,8
J	38,8	37,6	1,2
K	34,1	34,8	-0,7
L	57,4	58,1	-0,7

Conclusions identiques dans cette nouvelle configuration d'implantation :

Le niveau sonore présente une variation positive ou négative en fonction des récepteurs. Celle-ci est comprise entre - 1,4 et 1,8 dB(A) au niveau des habitations (récepteurs A à K). La différence sonore est significative entre les 2 implantations. La configuration à 2 éoliennes permet une diminution plus importante du niveau sonore.

En pied d'éolienne (récepteur L), le bruit perçu est plus fort (- 0,7 dB(A)) pour l'implantation à 2 machines. Toutefois, cette hausse est faible.

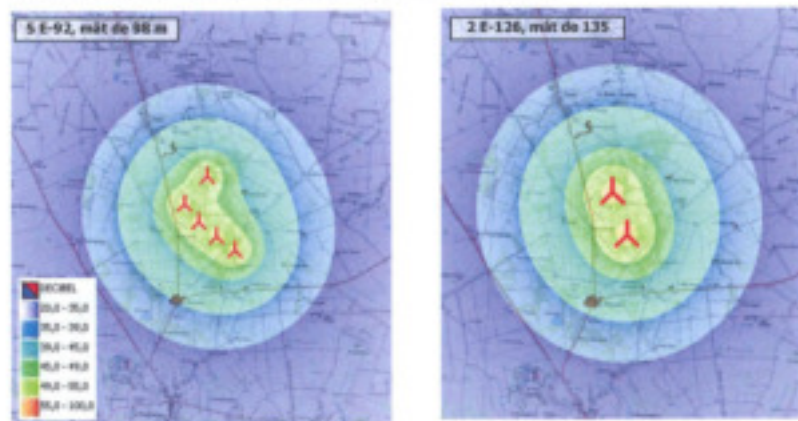


Figure 20. Différences entre les configurations 1 (ESE) & 4

La différence de propagation sonore est observable. Toutefois, cette différence est faible. Ainsi, avec une réduction du nombre de machines et une augmentation de l'émission sonore du modèle E-126, la propagation sonore est faiblement plus forte.

## 2.2.4 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- Sur une même implantation d'éoliennes, l'élévation de la hauteur n'entraîne qu'une faible augmentation du niveau sonore. La différence de propagation sonore, visualisée sur les cartes, n'est pas visible.

- La diminution du nombre de machines avec une augmentation de la hauteur sans augmentation de la puissance entraîne des écarts parfois importants, ce qui est une tendance favorable à l'implantation de grandes machines.

- La diminution du nombre de machines avec une augmentation de la hauteur et une augmentation de la puissance n'entraîne pas de différences significatives ce qui favorise l'implantation de machines plus grandes et plus puissantes.





Photographie 11. Parc éolien de Potzneusiedl en Autriche (Z E-126 135 m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.

Réf. 1002056\_91

Rapport final - Février 2013

44



## 2.3 SERVITUDES AERIENNES DE LA DEFENSE : OBSTACLES A LA NAVIGATION AERIENNE

« La Défense accompagne le développement éolien dans le cadre de la réalisation de ses missions, du fonctionnement nominal de ses outils et de la sécurité des vols, des personnes et des biens ».

Dans la mesure où les éoliennes constituent des obstacles aux activités aériennes de la Défense, la gestion de la sécurité et de la sûreté sont une préoccupation majeure.

Aussi la Défense dispose de périmètres réservés afin de préserver ses activités et ses installations. Néanmoins au-delà de ces secteurs, elle doit également être en mesure d'intervenir en n'importe quel point du territoire de jour comme de nuit.

Avec l'augmentation de la taille des machines au travers de l'éolien de grande hauteur, il est nécessaire de préserver les servitudes des dispositifs de sécurité mis en place.

Note : Les données des thèmes suivants et leurs conclusions signalées en gras sont tirées d'un entretien avec le Commandant Leroy de la ZAD Nord, et du document de présentation générale sur « la Défense et l'éolien » qu'il a élaboré et mis à disposition.

### 2.3.1 DEFENSE ET EOLIEN

#### • Les missions majeures réalisées par la Défense

La **sûreté aérienne** avec :

- La détection et l'identification ;
- L'évaluation de la menace sur la sûreté du territoire ;
- Les mesures actives de sûreté aérienne (Interception, RAD, SAD, ...);
- L'assistance en vol.

La **surveillance des zones interdites**.

Le **contrôle aérien**.

La **mission de recherche et de sauvetage (S.A.R.)** : mission de service public n°1 de l'Armée de l'air.

Le **maintien de l'aptitude opérationnelle** (entraînement des Forces, notamment FAS).

L'**exploitation des plateformes et des espaces aéronautiques de la Défense** en application de la réglementation aéronautique en vigueur.

Ainsi, la maîtrise des accidents et des incidents passe par une gestion de la sécurité et de la sûreté au sein de la Défense. **Dans les zones grevées de servitudes, l'éolien de grande hauteur ne doit pas venir générer de faille supplémentaire dans le système de protection. Si cela se présentait il serait refusé.**

#### • Rappel des principaux textes réglementaires actuels

**Article R 241-1 du Code de l'Aviation civile**, servitudes de dégagement & servitudes de balisage.

**Arrêté du 07 juin 2007**, fixant les spécifications techniques destinées à servir de base à l'établissement des servitudes aéronautiques (dégagement & balisage), à l'exclusion des servitudes radioélectriques.

**Arrêté du 13 novembre 2009**, relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques.

**Article R 244-1 du Code de l'Aviation civile et R 425-9 du Code de l'urbanisme**, à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement, les installations qui, en raison de leur emplacement ou de leur hauteur, pourraient constituer des obstacles à la navigation aérienne sont soumises à autorisation.

**Arrêté et circulaire du 25 juillet 1990**, à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement, et hors agglomérations, les installations d'une hauteur supérieure à 50 m sont soumises à autorisation et à un balisage à partir de 50 m si les besoins de la circulation aérienne le justifient.

**Article R 111-2 du Code de l'urbanisme**, un projet de construction peut être refusé s'il est de nature à porter atteinte à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance ou de son implantation.

**Article 121-3 du Code pénal**, responsabilité pénale et délit d'imprudence, de négligence ou de manquement à une obligation de prudence ou de sécurité prévue par la loi ou le règlement.

### 2.3.2 PLATEFORMES MILITAIRES

#### • Alentours d'un aérodrome

Un avion doit pouvoir effectuer les manœuvres d'approche et de départ d'une piste à l'abri de surfaces de dégagement aéronautique. Des surfaces de limitation d'obstacles sont calculées et définies dans le plan de servitudes aéronautiques (PSA) qui présente les règles associées. Aucun obstacle ne doit être créé au-dessus des surfaces de dégagement.

Sous les surfaces de dégagement aéronautiques, les éoliennes sont interdites ou une limitation de leur hauteur est établie en fonction de leur positionnement. Plus les ouvrages sont proches d'une piste et plus leur hauteur est limitée.

**A priori, il n'existe pas de PSA permettant d'accepter une hauteur en bout de pale supérieure à 150 m.**

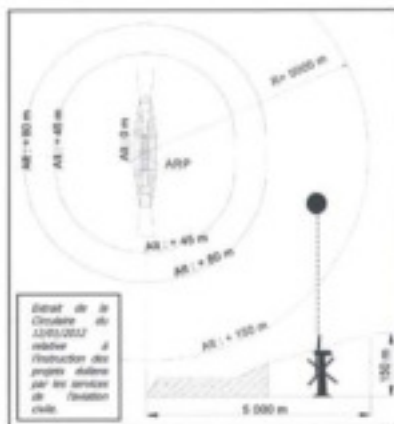


Figure 21. Schéma d'un PSA

#### • Zones liées au terrain (CTR, TMA, R, D)

Il s'agit de zones qui s'étendent depuis le sol jusqu'en altitude, à l'intérieur desquelles les organismes de la circulation aérienne doivent rendre les services du contrôle aérien et assurer leur mission de régulation du trafic en toute sécurité et dans leur volume de responsabilité respectif.

- La **CTR** protège l'aéroport depuis le sol jusqu'à une certaine altitude ;
- La **TMA** ou **CTA** entoure la CTR. Sa limite inférieure n'est pas le sol et peut correspondre au plafond de la CTR. C'est une zone de protection pour la montée et la descente des avions vers l'aérodrome. La TMA peut s'étendre à plus de 50 km de l'aérodrome.

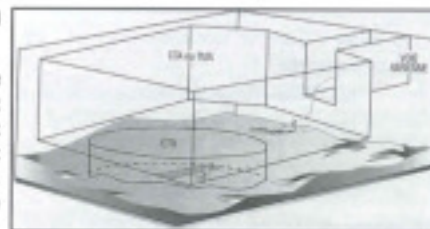


Figure 22. Schéma de zones liées au terrain (CTR, TMA, R, D)

**Sous ces zones, la tendance sera de refuser l'éolien supérieur à 150 m en bout de pale qui risque de dépasser le plancher de la TMA.**

#### • Procédure de vol à vue (VFR : Visual Flight Rules)

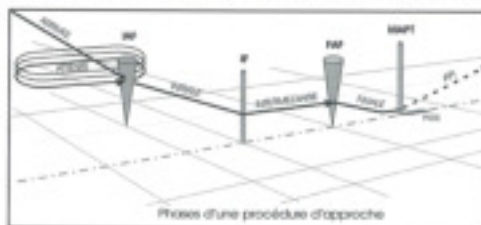
Le principe de cette procédure est que le pilote doit voir et être vu pour éviter un abordage. Pour cela il convient de maintenir une bonne visibilité, de respecter les règles d'évitement et les priorités et de respecter les différentes zones de vol.

Dans les zones contrôlées de l'espace aérien, les procédures de vol à vue sont mises en œuvre selon certains axes d'approche et dans le respect d'une marge de franchissement d'obstacle de 150 m de jour et de 300 m de nuit. Aussi il s'agit d'éviter les projets d'implantation près des axes d'approche et des zones de contrôle terminal.

**Il ne peut y avoir d'éoliennes dans les 2 km de part et d'autre de l'itinéraire d'approche.**

#### • Procédure de vol aux instruments (IFR : Instrumental Flight Rules)

La procédure d'approche sous le régime du vol aux instruments est un ensemble de manœuvres déterminant une trajectoire et donc des hauteurs à respecter par l'avion avant son atterrissage ; ceci selon les règles de vol aux instruments. Elle est constituée de segments (initial, intermédiaire, final) de guidage radar ou de segments délimités par des repères définis par :



- une ou plusieurs aides radio à la navigation (procédures conventionnelles) ;
- des points de cheminement définis par leurs coordonnées géographiques (navigation de surface).

Figure 23. Schéma d'une procédure de vol aux instruments

<sup>2</sup> Arrêté du 16 mars 2012 relatif à la conception et à l'établissement des procédures de vol aux instruments



En ce cas, la règle est de respecter une Marge de Franchissement d'Obstacle (MFO), définie réglementairement, de 30 à 300 m en fonction du segment concerné ; c'est pourquoi les études sont menées au cas par cas selon les implantations envisagées.

Ici, les hauteurs maximales acceptables sont comprises entre 120 et 150 m en bout de pale. L'éolien de grande hauteur apparaît incompatible avec ces trajectoires d'approche.

Les cartes d'approche sont consultables sur les sites internet de la DIRCAM et de la SIA aux adresses suivantes :

<http://www.dircam.air.defense.gouv.fr/da/>

<https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/>

#### • Volume de sécurité radar

Un volume de sécurité radar AMSR / HMSR est lié à chaque plateforme aéronautique de la Défense.

Il a pour vocation d'assurer une marge de franchissement au-dessus de tout obstacle et de permettre le guidage et la surveillance des avions.

Il est question ici de l'obstacle le plus haut dans un rayon de 5 nautiques (5 NM) autour de la base.

Dans cette situation, il a y a une limitation de la hauteur des éoliennes (indiquée en altitude NGF) afin de respecter une MFO de 300 m.

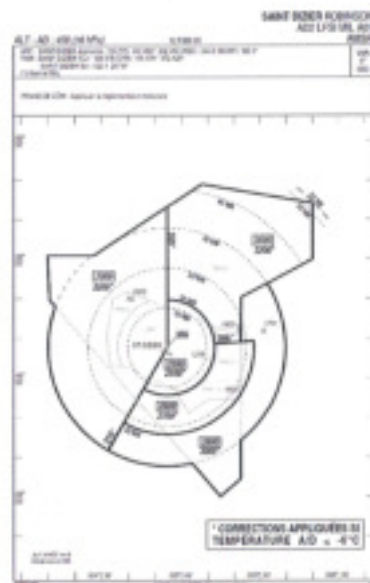


Figure 24. Schéma du volume de sécurité radar

### 2.3.3 ZONES D'ENTRAÎNEMENT

#### • Groupe interarmées d'hélicoptères (GIH)

Le Groupe interarmées d'hélicoptères (GIH) est implanté sur la base aérienne de Villacoublay au Sud de Paris. Depuis 2008, il dispose de deux zones d'entraînement où sont effectués des exercices de travail au sol de 0 à 150 m d'altitude : vols en très basse altitude pour des missions de lutte contre le terrorisme, d'attaques au sol ou de débarquement de personnel.

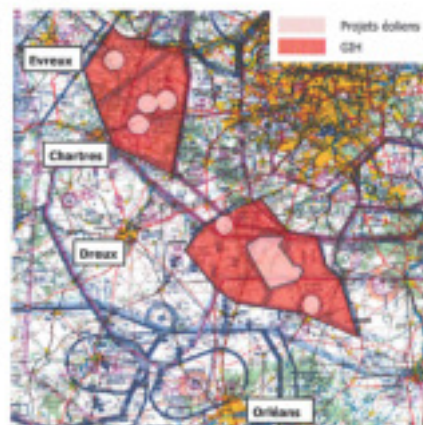


Figure 25. Groupe Interarmées d'hélicoptères

Il existe également une zone GIH qui s'étend sur 250 000 hectares dans le département du Var.

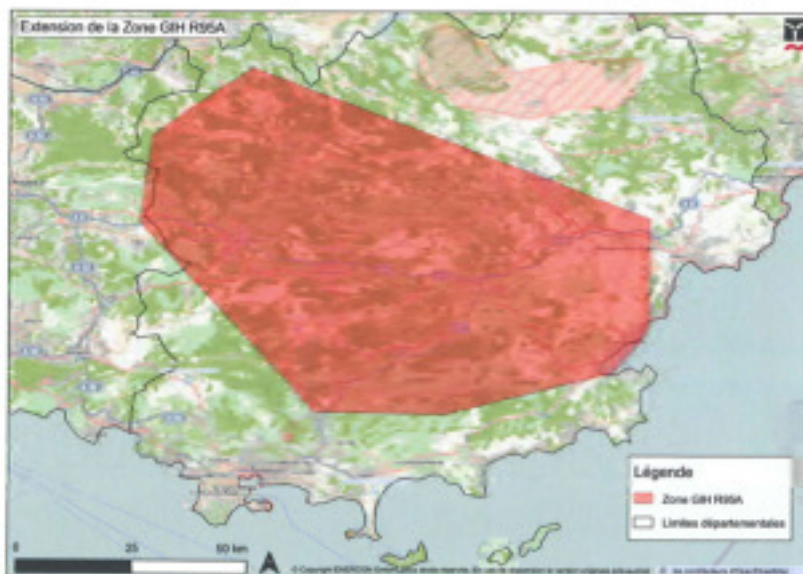


Figure 26. Extension de la Zone GIH R95A

Les contours de ces zones, qui bloquent plusieurs dizaines de projets éoliens, sont actuellement rediscutés avec l'Armée avec l'association FEE.

- **Champs de tir**

Les champs de tir sont à considérer comme une base aérienne (moins complexe : sans AMSR et avec moins d'axes d'approche). Ils disposent de différentes zones avec des hauteurs bien déterminées et dont le plancher s'élève à mesure de l'éloignement.

**Sous ces zones, il ne peut y avoir d'éoliennes qui dépassent les altitudes des planchers. L'appréciation se fait au cas par cas.**

- **Polygone de guerre électronique (PGE)**

Le PGE est une zone d'entraînement militaire située dans les Vosges et autrement désignée par le code LFR 164. Le site est utilisé pour des exercices aériens où les avions pratiquent des manœuvres d'évitement et de fuite face à des tirs de missiles : dissimulation aux radars derrière le relief, piqués ou montées en chandelle rapides. Il s'agit d'une zone contrôlée où les pilotes utilisent principalement leurs instruments.

**Le polygone de guerre électronique n'est pas compatible avec l'éolien.**

- **Réseau très basse altitude (RTBA)**

Le RTBA est un ensemble de zones réglementées reliées entre elles, utilisé pour des vols d'entraînement à très basse altitude et très grande vitesse.

Les avions de chasse qui l'utilisent ne peuvent pas assurer la prévention des collisions, en effet, le pilotage se fait par toutes conditions météorologiques, en mode de suivi de navigation automatique et le principe « voir et éviter » n'est pas applicable aux missions qui s'y déroulent. Par ailleurs, certains tronçons du RTBA empruntés par un ou plusieurs chasseurs (pouvant évoluer jusqu'à près de 900 km/h) vont jusqu'au sol.



Figure 27. Réseau très basse altitude (RTBA)

**Sous le RTBA :**

- Aucune éolienne ne peut être acceptée dans les zones bleues ;
- Selon les cas, des éoliennes jusqu'à 150 m peuvent être acceptées ;
- L'éolien de grande hauteur est incompatible avec les règles de pilotage qui s'y appliquent.



### 2.3.4 PRINCIPAUX ELEMENTS A RETENIR

- L'implantation de l'éolien de grande hauteur est possible dans les espaces suivants :
  - En dehors des zones de servitudes ;
  - Sous les plafonds des servitudes.
  
- L'éolien de grande hauteur est possible avec une étude au cas par cas dans :
  - le Volume de sécurité radar ;
  - les Champs de tir.
  
- Les territoires où l'implantation de l'éolien est impossible sont :
  - le Plan de servitudes aéronautiques d'un aéroport ;
  - les zones liées au terrain ;
  - les 2 km de part et d'autre d'un itinéraire d'approche en vol à vue ;
  - les trajectoires d'approche en vol aux instruments et le volume de sécurité radar où une marge de franchissement d'obstacles de 30 à 300 m doit être respectée ;
  - les zones d'entraînement du GIP ;
  - le Polygone de guerre électronique ;
  - le RTBA.
  
- Dans tous les cas, l'avis ou l'accord de la Défense est obligatoire pour tous projets éoliens. Une coordination entre les services de la Défense et le développeur devra avoir lieu. L'éolien de grande hauteur peut être accepté en fonction des cas.

## 2.4 SERVITUDES AERIENNES DE LA DEFENSE : OBSTACLES A LA PROPAGATION DES ONDES

La mission de la Défense est permise, entre autre, grâce à la propagation des ondes (radios, radars, ...). Les éoliennes peuvent entraîner une perte ou une détérioration de la réception de ces ondes.

La gestion de la sécurité et de la sûreté est une préoccupation majeure.

Avec l'augmentation de la taille des machines au travers de l'éolien de grande hauteur, il est nécessaire de préserver les dispositifs de sécurité mis en place.

Nota : Les données des thèmes suivants et leurs conclusions signalées en gras sont tirées d'un entretien avec le Commandant Leroy de la ZAD Nord, et du document de présentation générale sur « la Défense et l'éolien » qu'il a élaboré et mis à notre disposition.

### 2.4.1 RAPPEL DES TEXTES DE REFERENCE ET REGLEMENTAIRES

#### Rapport ANFR (2022 – 2006)

**Article R 22 du Code des Postes et Communications Electroniques**, servitudes dans un rayon de 5 km maximum et contraintes au-delà des 5 km (modifications en cours).

**Circulaire I.M. du 3 mars 2008**, relative aux perturbations des aérogénérateurs sur le fonctionnement des radars fixes de l'Aviation Civile, de la Défense nationale, de Météo France...

**Arrêté du 26 août 2011**, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

**Etudes d'amélioration des connaissances empiriques**, ESCA, Etudes CEAM, Campagne de mesures OAN.

### 2.4.2 ZONES DE PROTECTION ET DE COORDINATION DES RADARS FIXES DE LA DEFENSE

Les radars fixes de la Défense lui permettent de mener à bien ses activités aériennes de gestion de la sécurité et de la sûreté. Dans cette optique de continuité absolue de la protection aérienne, trois zonages de protection autour des radars sont mis en place.



Figure 28. Zones de protection des radars fixes de la Défense  
Entre 0 et 5 km, aucun aérogénérateur ne peut être implanté.

Entre 5 et 30 km (deux zonages de protection), toute implantation d'éoliennes (150 m de hauteur ou plus) devra être soumise à une coordination avec les services de la Défense.

### 2.4.3 CONE DE SURVEILLANCE EN CAS DE PRESENCE D'UNE ZIT

Les ZIT (Zone d'Interdiction Temporaire) sont des zones à l'intérieur desquelles des mesures d'interdiction de survol sont prises en raison de l'activité qui s'y déroule (centrales nucléaires, ...).

Aucun aérogénérateur ne peut être implanté dans une zone d'interdiction temporaire ou dans la surface conique joignant un radar fixe à une ZIT éloignée de moins de 30 km du radar.

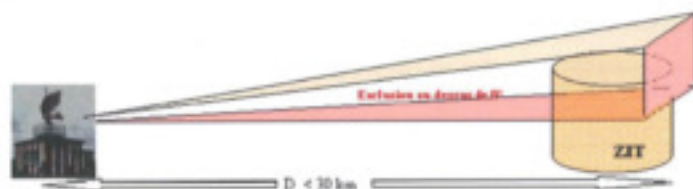


Figure 29. Zones de protection d'une ZIT

### 2.4.4 ZONE DE PROTECTION DU SPAR POUR CHAQUE QFU

Un SPAR est un radar léger d'approche de précision. La QFU est la direction magnétique de la piste. Pour un radar déterminé, chaque direction magnétique de piste est protégée par une zone de protection. Ainsi, entre le radar et 20 km, aucun aérogénérateur ne peut être implanté.

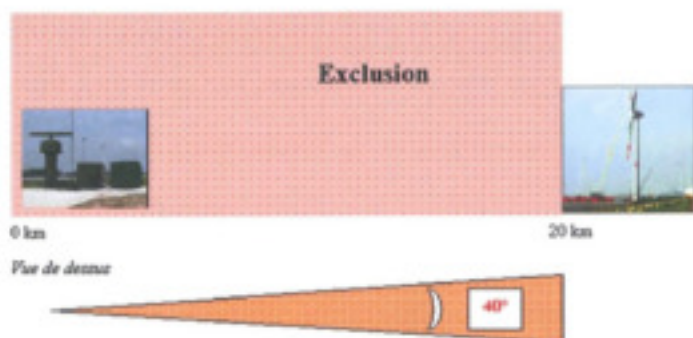


Figure 30. Zones de protection du SPAR

### 2.4.5 ZONE DE PROTECTION DES SEMAPHORES

Les sémaphores permettent la surveillance de l'espace maritime, du trafic notamment commercial des ports, de la navigation. Ils ont aussi la mission de recherche et de sauvetage. Quatre zones de protection sont associées aux sémaphores :

- La zone de protection maritime de 10 km où aucun aérogénérateur ne peut être implanté ;
- La zone de protection de tampon sur la terre (rayon de 10 km sur un angle de 6°) où aucun aérogénérateur ne peut être implanté ;
- La zone de protection radioélectrique terrestre (rayon de 5 km) où aucun aérogénérateur ne peut être implanté ;
- La zone de coordination maritime (30 km) dans laquelle toute implantation d'éoliennes devra être soumise à une coordination avec les services de la Défense. **Ainsi, seule cette zone de coordination permet l'implantation d'éolienne sans caractéristique de hauteur.**



Figure 31. Zones de protection d'un sémaphore

## 2.4.6 PRINCIPAUX ELEMENTS A RETENIR

- L'implantation de l'éolien de grande hauteur est possible dans les espaces suivants :
  - En dehors des zones de servitudes ;
  - Sous les plafonds des servitudes.
- L'éolien de grande hauteur est possible avec une étude au cas par cas dans :
  - les zones de coordination des radars fixes de la Défense ;
  - la zone de coordination maritime des sémaphores.
- Les territoires où l'implantation de l'éolien est impossible sont :
  - le cône de surveillance d'une ZIT ;
  - la zone de protection du SPAR.
- Dans tous les cas, l'avis ou l'accord de la Défense est obligatoire pour tous projets éoliens. Une coordination entre les services de la Défense et le développeur devra avoir lieu. L'éolien de grande hauteur peut être accepté en fonction des cas.

La carte ci-après localise les radars militaires et la zone d'exclusion à 30 km de distance



Figure 32. Servitudes autour des radars militaires

## 2.5 SERVITUDES AERIENNES DE L'AVIATION CIVILE

« La Direction générale de l'Aviation civile (DGAC) a pour mission de garantir la sécurité et la sûreté du transport aérien en plaçant la logique du développement durable au cœur de son action. »<sup>1</sup>

Dans la mesure où les éoliennes constituent des obstacles aux activités aériennes, la gestion de la sécurité et de la sûreté est une préoccupation majeure.

Tout comme la Défense, la DGAC dispose de périmètres de protection réservés afin de préserver ses activités et ses installations.

Avec l'augmentation de la taille des machines au travers de l'éolien de grande hauteur, il est nécessaire de préserver les servitudes des dispositifs de sécurité mis en place.

Nota : Les données des thèmes suivants sont tirées de différents documents :

- « Compatibilité VOR et Eolien » de M. DEHAYNAIN de la Direction des services de la Navigation aérienne.
- « Les éoliennes et l'aviation civile » de M. DELHAYE de la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile / Ouest – Pays de la Loire.
- « Éolien terrestre : Recensement des espaces sous contrainte liés aux radars et aux aéroports » de la DREAL Pays de la Loire.

### 2.5.1 AVIATION CIVILE ET EOLIEN

- Les missions majeures réalisées par la DGAC

**Responsable de la sécurité et de la sûreté** du transport aérien avec la surveillance des industriels, des exploitants et des personnels navigants.

**Prestataire de services** pour les compagnies aériennes et l'aviation générale grâce aux centres de contrôle en route et de ses tours de contrôle.

**Régulateur du marché** du transport aérien.

**Partenaire de l'industrie aéronautique** en suivant l'activité de l'industrie aéronautique par une politique de soutien (de subventions de recherche et avances remboursables).

**Acteur de la prévention pour le respect de l'environnement** en veillant à réduire les nuisances générées par le transport aérien et en entretenant le dialogue avec les élus et les représentants des riverains d'aéroports.

Comme pour l'aviation militaire, la maîtrise des accidents et des incidents passe par une gestion de la sécurité et de la sûreté. **Dans les zones grevées de servitudes, l'éolien de grande hauteur ne doit pas générer de faille supplémentaire dans le système de protection. Si cela se présentait, il serait refusé.**

<sup>1</sup> Source : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Nos-missions,26759.html>



#### • Rappel des principaux textes réglementaires actuels

**Circulaire du 12 janvier 2012**, relative à l'instruction des projets éoliens par les services de l'aviation civile.

**Arrêté du 26 août 2011**, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des ICPE.

**Arrêté du 13 novembre 2009**, relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques.

**Arrêté du 07 juin 2007**, fixant les spécifications techniques destinées à servir de base à l'établissement des servitudes aéronautiques (dégagement & balisage), à l'exclusion des servitudes radioélectriques.

**Arrêté et circulaire du 25 juillet 1990**, à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement, et hors agglomérations, les installations d'une hauteur supérieure à 50 m sont soumises à autorisation et à un balisage à partir de 50 m si les besoins de la circulation aérienne le justifient.

**Article R 241-1 du Code de l'Aviation civile**, servitudes de dégagement & servitudes de balisage.

**Article R 244-1 du Code de l'Aviation civile et R 425-9 du Code de l'urbanisme**, à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement, les installations qui, en raison de leur emplacement ou de leur hauteur, pourraient constituer des obstacles à la navigation aérienne sont soumises à autorisation.

**Article 121-3 du Code pénal**, responsabilité pénale et délit d'imprudence, de négligence ou de manquement à une obligation de prudence ou de sécurité prévue par la loi ou le règlement.

**Article R 111-2 du Code de l'urbanisme**, un projet de construction peut être refusé s'il est de nature à porter atteinte à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance ou de son implantation.

### 2.5.2 OBSTACLES A LA NAVIGATION AERIENNE

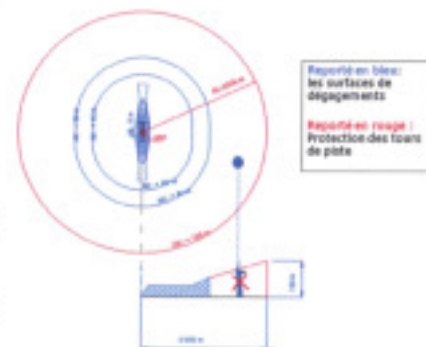
#### • Autours d'un aéroport

Cette partie est traitée dans le chapitre 2.3.2 Plateformes militaires page 46. **A priori, il n'existe pas de plan de servitudes aéronautiques permettant d'accepter une hauteur en bout de pale supérieure à 150 m.**

#### • Autres structures surveillées par la DGAC

Afin d'apprécier le risque généré par l'implantation d'éoliennes à proximité de plates-formes autres que les aéroports, il est recommandé d'appliquer le même principe que pour les aéroports, à partir des surfaces définies ci-après en fonction de l'activité de la plate-forme :

- ULM (sauf paramoteur) : rayon de 2 500 m ;
- paramoteur : rayon de 1 500 m ;
- ballon libre : rayon de 1 000 m ;
- hélistation : rayon de 1 500 m.



Les projets perçant la surface risquent de constituer un obstacle sérieux à la navigation aérienne.

**Dans cette situation, il a y une limitation de la hauteur des éoliennes.**

Figure 33. Schéma de principe d'un PSA

### 2.5.3 OBSTACLES A LA PROPAGATION DES ONDES

#### • Radar primaire

Un radar primaire permet d'assurer une surveillance non coopérative c'est-à-dire que la cible n'intervient pas dans sa détection. La détection se fait par reconnaissance de la présence d'un signal réfléchi.

Une zone d'exclusion, où aucune éolienne n'est permise, est imposée entre 0 et 30 km autour du radar. Au-delà, l'implantation d'éolienne est possible. **Dans tous les cas, toute implantation d'éoliennes devra être soumise à l'accord de la DGAC.**

#### • Radar secondaire

Les radars secondaires permettent la surveillance coopérative où la cible participe à sa détection car elle est équipée d'un répondeur. Les zones de protection associées au radar secondaire sont :

- zone de protection (5 km autour du radar) : zone d'exclusion où aucune éolienne n'est autorisée,
- zone de coordination (de 5 à 16 km autour du radar) : l'implantation d'éoliennes peut être envisagée mais en nombre limité.

**Dans tous les cas, toute implantation d'éoliennes devra être soumise à l'accord de la DGAC.**

#### • VHF Omnidirectional Range (VOR)

Le VOR est un récepteur de positionnement assurant une navigation à courte et moyenne distance à partir d'une balise radioélectrique. Le système fournit la direction sur laquelle se trouve l'avion. Les avions l'utilisent pour se guider en croisière, en phase d'arrivée ou de départ de l'aéroport. A partir des performances de navigation du VOR, des trajectoires sont prédéfinies garantissant que les avions, sur ces trajectoires, sont séparés par rapport aux obstacles (naturels ou artificiels) et par rapport aux autres avions.

- Aucune éolienne ne peut être acceptée dans un périmètre de protection de 0 à 5 km autour du VOR.
- Entre 5 et 15 km, l'implantation d'éoliennes peut être envisagée mais en nombre limité.

**Dans tous les cas, toute implantation d'éoliennes devra être soumise à l'accord de la DGAC.**

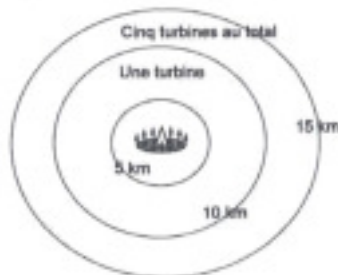


Figure 34. Zones de protection d'un VOR

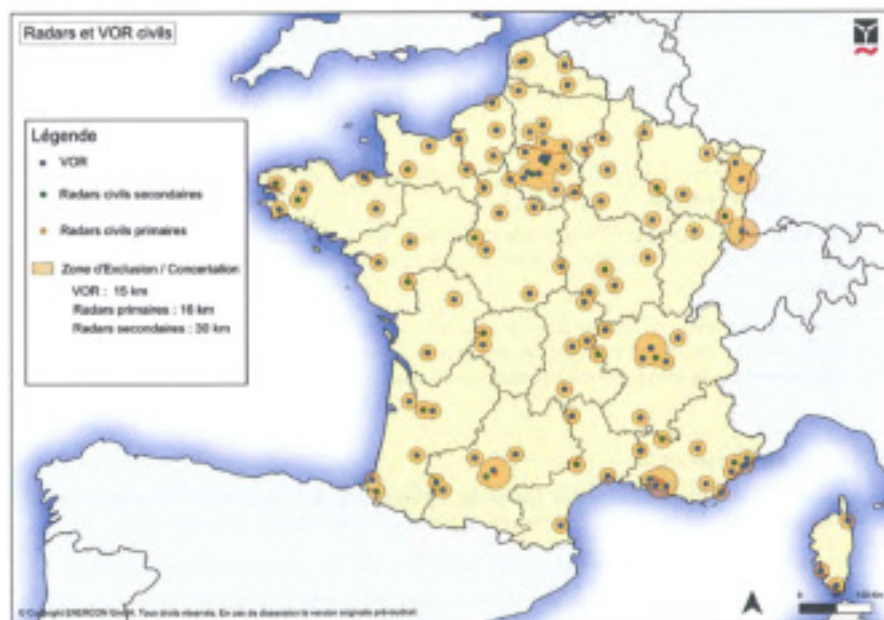


Figure 35. Servitudes autour des VOR de l'aviation civile

#### 2.5.4 PRINCIPAUX ELEMENTS A RETENIR

- L'implantation de l'éolien de grande hauteur est possible dans les espaces suivants :
  - En dehors des zones de servitudes ;
  - Sous les plefonds des servitudes.
- L'éolien de grande hauteur est possible avec une étude au cas par cas dans :
  - les zones de coordination des radars secondaires ;
  - la zone de coordination des VOR.
- Les territoires où l'implantation de l'éolien est impossible sont :
  - le Plan de servitudes aéronautiques d'un aéroport ;
  - le rayon de sécurité des autres structures surveillées par la DGAC ;
  - la zone d'exclusion des radars primaires et secondaires ;
  - le périmètre de protection des VOR.
- Dans tous les cas, l'avis ou l'accord de l'aviation civile est obligatoire pour tous projets éoliens. L'éolien de grande hauteur peut être accepté en fonction des cas.

## 2.6 SERVITUDES DE METEO FRANCE

« Vigie du temps et du climat, Météo France est un établissement scientifique et technique. Sa mission principale est d'alerter les autorités et les populations des phénomènes météorologiques dangereux. »<sup>4</sup>

Afin d'assurer ses missions, Météo France a lancé le programme ARAMIS qui concerne la mise en œuvre et l'exploitation des radars météorologiques. Le réseau ARAMIS comprend 24 radars de précipitations répartis sur le territoire métropolitain.

Dans la mesure où les éoliennes constituent des obstacles aux radars, la gestion de la sécurité et de la sûreté sont une préoccupation majeure.

Les radars de Météo-France dispose de périmètres de protection réservés afin de préserver ses activités et ses installations.

Avec l'augmentation de la taille des machines au travers de l'éolien de grande hauteur, il est nécessaire de préserver les servitudes des dispositifs de sécurité mis en place.

### 2.6.1 METEO FRANCE ET EOLIEN

- Les missions majeures réalisées par Météo France

**La sécurité des personnes et des biens** en avertissant les autorités et la population des risques météorologiques.

**La Défense** en mettant, à la disposition des forces armées, les observations météorologiques et prévisions.

**L'assistance météorologique à la navigation aérienne.**

**La recherche** par l'intermédiaire d'un Centre de recherches, de groupes et unités spécialisés et des équipements particuliers.

Comme pour l'aviation militaire et civile, la maîtrise des accidents et des incidents passe par une gestion de la sécurité et de la sûreté. **Dans les zones grevées de servitudes, l'éolien de grande hauteur ne doit pas générer de faille supplémentaire dans le système de protection. Si cela se présentait, il serait refusé.**

- Rappel des principaux textes réglementaires actuels

**Arrêté du 26 août 2011** relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2990 de la législation des ICPE.

<sup>4</sup> Source : [http://entreprise.meteofrance.com/nous\\_connaitre2/qui\\_sommes\\_nous/](http://entreprise.meteofrance.com/nous_connaitre2/qui_sommes_nous/)



### 2.6.2 OBSTACLES A LA PROPAGATION DES ONDES DES RADARS

- Radar de fréquence C

- Zone de protection (5 km autour du radar) : aucun parc dans cette zone ;
- Zone de coordination (20 km autour du radar) : restriction importante dans cette zone est respect des règles de coordination émises par Météo France.

- Radar de fréquence S

- Zone de protection (10 km autour du radar) : aucun parc dans cette zone ;
- Zone de coordination (30 km autour du radar) : restriction importante dans cette zone est respect des règles de coordination émises par Météo France.

- Radar de fréquence X

C'est la nouvelle génération de radar en bande. Bi-polarisés et avec un mode doppler, il va permettre de mieux observer les zones montagneuses. La distance minimale d'éloignement par rapport à ce type de radar est de 10 km.

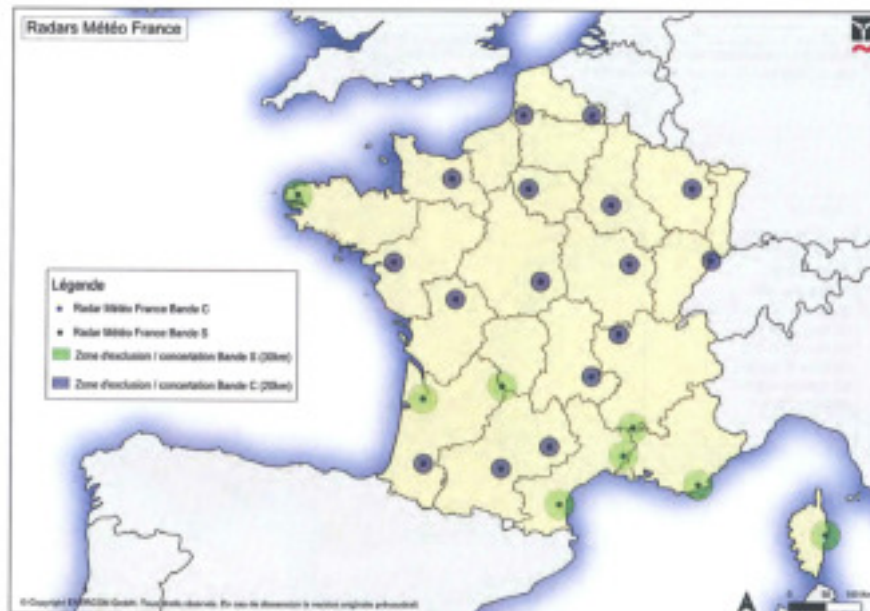


Figure 36. Servitudes autour des radars Météo France





### 2.6.3 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- L'implantation de l'éolien de grande hauteur est possible dans les espaces suivants :
  - en dehors des zones de servitudes.
- L'implantation de l'éolien de grande hauteur est possible, avec étude au cas par cas, dans :
  - les zones de coordinations des radars de fréquence C et S.
- Les territoires où l'implantation de l'éolien est impossible sont :
  - les zones de protection des radars de fréquence C, S et X.
- Une coordination entre Météo France et le développeur devra avoir lieu en zone de coordination. L'éolien de grande hauteur peut être accepté en fonction des cas.
- Des servitudes aéronautiques d'interdiction d'implantation d'éolienne se superposent au territoire français. La carte ci-dessous recense ces contraintes. Certaines régions sont moins impactées que d'autres. L'implantation d'un parc éolien est donc à réfléchir en fonction de ces contraintes.

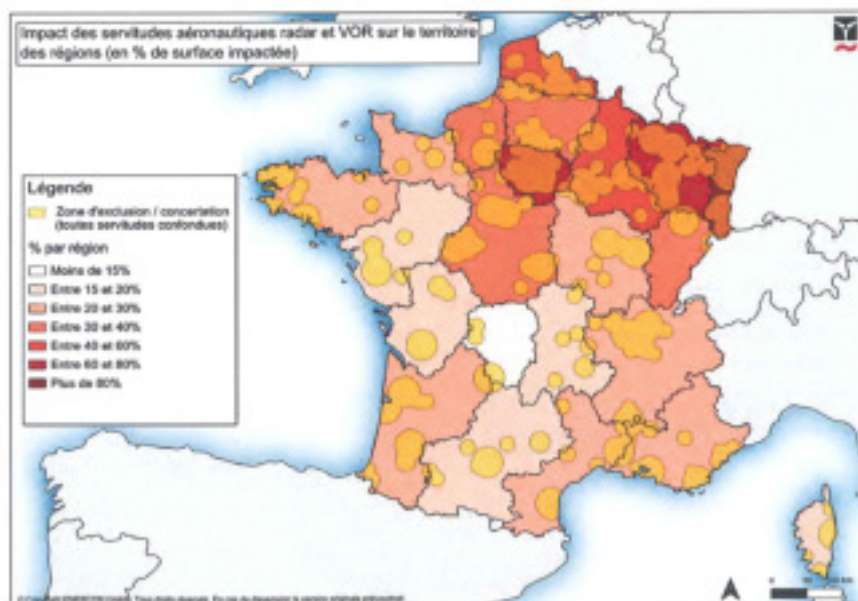


Figure 37. Impact des servitudes aéronautiques radar et VOR sur le territoire des régions



Photographie 12. Parc éolien d'Harmersien en Allemagne (9 E-82 E2 108 m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaudra.





Photographie 13. Parc éolien de Lavitzbrunn en Allemagne (1 E-126 135 m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévalra.

66  
Ref. 1202056\_V1  
Rapport final - Février 2013

## 2.7 BALISAGE DES ÉOLIENNES

Le balisage des éoliennes est rendu nécessaire par le fait qu'elles constituent des obstacles à la navigation aérienne, eux-mêmes susceptibles d'engendrer des problèmes de sécurité.

La réglementation en vigueur s'appuie sur l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques.

Cette thématique rappelle les dispositions particulières qui concernent les éoliennes dont la hauteur totale est supérieure à 150 m.

### 2.7.1 RÈGLES EN VIGUEUR

Les éoliennes sont des obstacles particuliers en raison :

- des parties mobiles qui en constituent le sommet (rotor) ;
- de leur grande dimension horizontale (diamètre du rotor) ;
- de leur grande dimension verticale (hauteur du mât d'une part et hauteur en bout de pale d'autre part).

Ainsi, l'identification des éoliennes doit être faite dans le respect des dispositions réglementaires suivantes :

- L'attribution d'une couleur dont les nuances sont toutes situées dans le domaine du blanc ;

- La mise en place d'un balisage lumineux d'obstacles.

Le balisage lumineux diurne est réalisé à l'aide de feux d'obstacles moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 cd). Ils sont installés sur le sommet de la nacelle et doivent être visibles à 360°.

Le balisage lumineux nocturne est réalisé à l'aide de feux d'obstacles moyenne intensité de type B (feux à éclats rouge de 2 000 cd). Ils sont installés sur le sommet de la nacelle et doivent être visibles à 360°.

L'arrêté du 13/11/09 signale, dans son article 3.5., les caractéristiques du balisage des éoliennes de grande hauteur avec des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges fixes 32 cd) installés sur le mât et visibles à 360°.

Hauteur totale de l'éolienne en bout de pale (h)	Nombre de niveaux	Hauteurs d'installation Des feux basse intensité de type B
$150 < h \leq 200$ m	1	45 m
$200 < h \leq 250$ m	2	45 et 90 m
$250 < h \leq 300$ m	3	45, 90 et 135 m
...	...	...
$150 + (n-1) \times 50$ m $< h \leq 150 + n \times 50$ m	n	

Tableau 10 - Type de balisage en fonction de la hauteur de l'éolienne



Photographie 14. Balise d'une éolienne E-126 sur le site d'Estinnes en Belgique

### 2.7.2 BALISAGE EN FRANCE

#### Balisage sur la nacelle :

Diurne : feux à éclats blancs de 20 000 cd  
 Nocturne : feux à éclats rouges de 2000 cd



#### Balisage intermédiaire sur le mât :

Diurne et nocturne : feux rouges fixes de 32 cd



Figure 38. Illustration du balisage en France

### 2.7.3 DISPOSITIF DE BALISAGE POUR LES ÉOLIENNES ENERCON



Photographie 15. Dispositif de balisage ENERCON

### 2.7.4 BALISAGE EN ALLEMAGNE

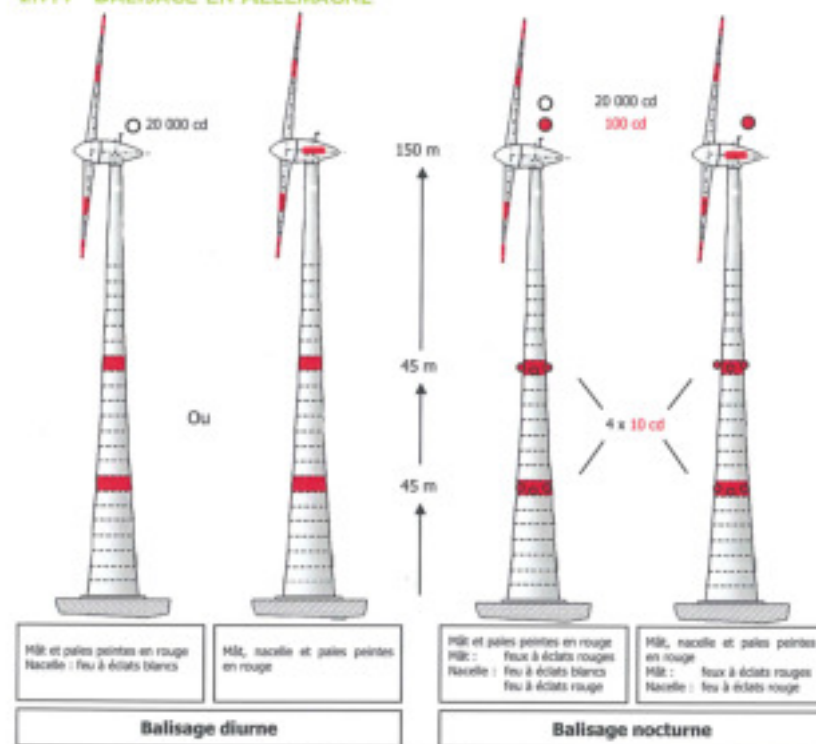


Figure 39. Illustration du balisage en Allemagne



### 2.7.5 ADAPTATION DE L'INTENSITE LUMINEUSE

L'intensité d'un rayonnement lumineux traversant un milieu transparent (air, eau, brouillard, ...) subit une diminution exponentielle en fonction de la distance parcourue et de la densité des espèces absorbantes dans ce milieu (Loi de Beer-Lambert-Bouguer valable pour une lumière monochromatique). Ce phénomène est appelé la « dispersion de la lumière ».

La technologie en place utilise un capteur installé sur la machine qui analyse la visibilité ambiante et adapte en conséquence l'intensité lumineuse du balisage via le système de contrôle/commande (appelé SCADA). Ce dispositif n'est pas accepté en France.



Figure 40. Explication de l'adaptation de l'intensité lumineuse

### 2.7.6 PRINCIPAUX ELEMENTS A RETENIR

- En France, le balisage des éoliennes est réglementé par l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones gérées de servitudes aéronautiques.

- Le balisage sur la nacelle consiste à :

- Diurne : feux à éclats blancs de 20 000 cd ;
- Nocturne : feux à éclats rouges de 2000 cd.

- Le balisage intermédiaire sur le mât est composé de feux à éclats rouges de 32 cd (diurne et nocturne).

- Il existe une technologie mise en œuvre par ENERCON en Allemagne afin d'adapter l'intensité lumineuse du balisage à la luminosité ambiante. Cependant ce dispositif n'est pas autorisé par la réglementation française





Photographie 17. Transport d'une pale sur châssis alpin

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.

REF. 1202056\_V1  
Rapport Final - Février 2013

72

## 2.8 EFFET DE LA HAUTEUR DANS L'ÉTUDE DES DANGERS

L'étude des dangers (EDD) est une étude réglementaire au titre de la législation des ICPE. Il s'agit d'une appréciation du champ de la sécurité des ICPE permettant d'évaluer des risques potentiels liés à un parc éolien.

Depuis 2011, date de l'entrée en vigueur de la Loi Grenelle II, les parcs éoliens sont soumis à cette obligation dans le cadre des dossiers de demande d'autorisation d'exploiter.

Dans cette partie, en appliquant la matrice de calculs ENERCON de l'Analyse Détaillée des Risques (ADR), nous allons évaluer comment la hauteur des installations contribue à l'apparition d'un danger potentiel en cas de dysfonctionnement.

A noter : L'étude de dangers « Enercon » est disponible auprès du pôle expertise.  
Contacts : Benjamin.Content@enercon.de et Joris.Robillard@enercon.de

### 2.8.1 CADRE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE DES DANGERS

Habituellement, l'EDD doit répondre aux dispositions de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les Etudes des Dangers des Installations Classées soumises à autorisation.

Dans le cas de l'éolien, compte tenu de la technologie mise en œuvre<sup>5</sup>, il apparaissait possible et souhaitable de traiter cette analyse de manière générique afin de pouvoir transcrire les résultats présentés dans le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » (Mai 2012 – réalisé par le Syndicat des Energies Renouvelables, la France Énergie Éolienne et l'INERIS) à l'ensemble des parcs éoliens installés en France<sup>6</sup>.

Les sujets abordés dans l'EDD sont :

- La description de l'installation ;
- L'identification des potentiels dangers ;
- L'analyse des retours d'expérience (accidentologie) ;
- L'analyse préliminaire des risques ;
  - Elle identifie les causes et les conséquences potentielles issues de situations dangereuses provoquées par des dysfonctionnements ;
  - Elle identifie les accidents possibles, et étudie les plus majorants.
- L'analyse détaillée porte sur 5 scénarios susceptibles d'impacter des personnes :
  - Effondrement de l'éolienne ;
  - Chute d'éléments de l'éolienne ;
  - Chute de glace ;
  - Projection de glace.
  - Projection de tout ou partie de pale.

<sup>5</sup> Contrairement aux sites industriels historiquement soumis au régime des ICPE, et mettant en œuvre des techniques de productions infiniment variées, les parcs éoliens présentent entre eux de grandes similitudes par le fait qu'ils soient tous configurés à l'identique :

- un parc éolien est toujours composé des éoliennes, des chemins d'accès, des postes de livraison et des câbles de raccordement au réseau de transport de l'électricité ;
- Une éolienne est toujours composée d'un mât, d'une nacelle, d'un rotor et d'un transformateur électrique.

<sup>6</sup> Tiré de l'introduction du guide technique Elaboration de l'étude des dangers dans le cadre des parcs éoliens. Syndicat des Energies Renouvelables, France Énergie Éolienne, INERIS, Mai 2012, page 2.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.



## 2.8.2 APPLICATION AU SITE PILOTE

### • Hypothèses d'entrées

Quatre configurations d'implantation d'éoliennes sont envisagées de la manière suivante :

Configuration	Nombre d'éoliennes	Modèle	Hauteur de mât	Longueur de pale
1	5	E-92	98 m	46 m
2	5	E-92	138 m	46 m
3	3	E-92	138 m	46 m
4	2	E-126	135 m	63 m

Tableau 11 - Hypothèses d'entrées pour l'étude de dangers

- Les éoliennes sont implantées dans une zone rurale avec quelques habitations dispersées dans les environs.
- Les zones environnantes (prairies, champs et bosquets) sont considérées comme des terrains « très peu fréquentés ». On y retient la présence d'une personne par tranche de 100 ha.
- Les voies non structurantes (routes départementales, chemins agricoles) sont considérées comme des terrains « peu fréquentés ». On y retient la présence d'une personne par tranche de 10 ha.

Afin de mettre en avant la proportion de la zone d'impact de l'éolienne par rapport à la zone d'effet, le pourcentage est présenté dans les tableaux suivants.

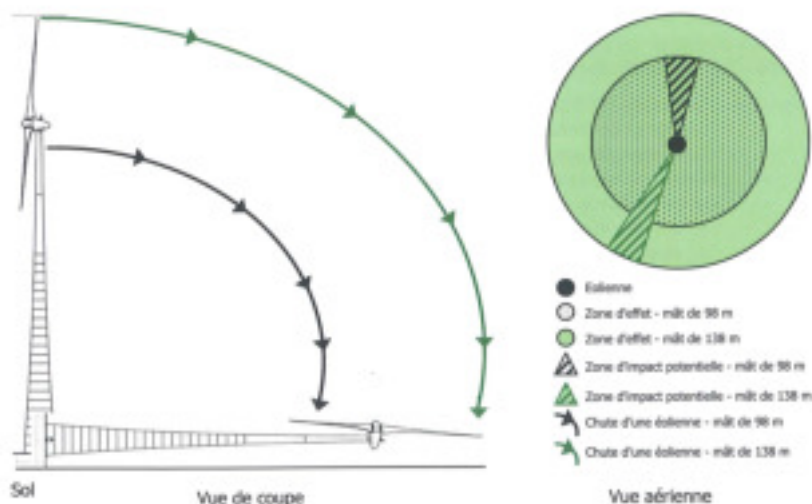


Figure 41. Effet de la hauteur

### • Scénario d'effondrement d'éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)											
Zone d'impact en m <sup>2</sup>			Zone d'effet du phénomène étudié en ha (% de la zone d'impact sur la zone d'effet)			Degré d'exposition du phénomène étudié en %			Intensité		
E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135
942,4	1 214,4	2 902,5	6,5 (1,4)	10,6 (1,1)	12,3 (2,4)	1,45	1,14	2,36	Exposition forte		
Nombre de personnes exposées en permanence (valable pour chaque éolienne de chacune des configurations)											
Au plus une personne exposée										Gravité	
										sérieuse	

Tableau 12 - Effondrement de l'éolienne - Calculs d'intensité et gravité

La classe de probabilité des scénarios liés à un effondrement d'éolienne est « de classe D » : « s'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité ».

Gravité (traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées)	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Déastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Configurations étudiées			
Modérée					

Tableau 13 - Effondrement de l'éolienne - Gravité / Probabilité

Selon la matrice de criticité ci-dessous, le scénario d'accident lié à une chute d'éolienne présente un niveau de risque acceptable quel que soit la hauteur des machines. Toutefois, le critère de la hauteur influence directement la zone d'effet.

Code couleur de la matrice de criticité :

<b>Vert</b>	Risque très faible : Niveau auquel les risques identifiés sont acceptables au regard de leur rapport intensité/probabilité
<b>Jaune</b>	Risque modéré : Niveau auquel les risques identifiés sont maîtrisés par la mise en œuvre de mesures de sécurité
<b>Rouge</b>	Risque important : Niveau auquel les risques identifiés ne sont pas acceptables

Tableau 14 - Matrice de criticité

• Scénario de chute d'éléments d'une éolienne<sup>7</sup>

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D^*/2$ = zone de survol)											
Zone d'impact en m <sup>2</sup>			Zone d'effet du phénomène étudié en ha (% de la zone d'impact sur la zone d'effet)			Degré d'exposition du phénomène étudié en %			Intensité		
E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135
92	92	315	0,66 (1,4)	0,66 (1,4)	1,25 (2,5)	1,38	1,38	2,52	Exposition forte		
Nombre de personnes exposées en permanence (valable pour chaque éolienne de chacune des configurations)									Gravité		
Au plus une personne exposée									sérieuse		

Tableau 15 - Chute d'éléments de l'éolienne - Calculs d'intensité et gravité

Une probabilité de classe « C » est retenue par défaut pour ce type d'événement.

Gravité (traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées)	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux			Configurations étudiées		
Moderée					

Tableau 16 - Chute d'éléments de l'éolienne - Gravité / Probabilité

Le scénario d'accident lié à une chute d'éléments d'éolienne présente un niveau de risques maîtrisés. Les actions mises en place visent à prévenir les défauts, par des contraintes de construction et par la mise en place de procédures d'inspection et de maintenance des équipements.

Il convient également de souligner que ce scénario propose une approche conservatrice compte tenu du fait qu'il assimile toute chute potentielle d'éléments à une chute de pale entière.

**Dans ce scénario, la hauteur n'intervient en rien dans le niveau de risque dans la mesure où il s'agit d'une simple chute d'objet. Quelle que soit la hauteur de départ, l'objet tombe sous son aplomb.**

Dans le cas de l'éolienne E-126, la zone d'impact se trouve être nettement plus importante que pour l'éolienne E-92. Ceci provient du fait que la pale de ce modèle est nettement plus massive et, de fait, présente une surface plus grande (d'où sa puissance nominale élevée).

<sup>7</sup> Chute de pale entière pour le cas de figure le plus pessimiste

<sup>8</sup> D = Diamètre du rotor

• Scénario de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D^*/2$ = zone de survol)											
Zone d'impact en m <sup>2</sup>			Zone d'effet du phénomène étudié en ha (% de la zone d'impact sur la zone d'effet)			Degré d'exposition du phénomène étudié en %			Intensité		
E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135
1	1	1	0,66 (0,02)	0,66 (0,02)	1,25 (0,01)	0,02	0,02	0,01	Exposition modérée		
Nombre de personnes exposées en permanence (valable pour chaque éolienne de chacune des configurations)									Gravité		
Présence humaine exposée inférieure à une personne									modérée		

Tableau 17 - Chute de glace - Calculs d'intensité et gravité

De façon conservatrice, il est considéré que la probabilité est « de classe A », c'est-à-dire une probabilité supérieure à  $10^{-2}$ .

Une étude spécifique par rapport aux conditions du site d'implantation du projet pourra permettre de justifier une probabilité de classe B en cas de présence d'un système de chauffage des pales sur les éoliennes.

Gravité (traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées)	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Moderée					Configurations étudiées

Tableau 18 - Chute de glace - Gravité / Probabilité

Le risque de chute de glace depuis une éolienne est comparable au risque de chute de glace de bâtiments élevés, de câbles Haute Tension, ou similaires.

Des panneaux signalant le risque de chute de glace au pied de l'éolienne permettent de contribuer à sa maîtrise.

**Dans ce scénario, la hauteur n'intervient en rien dans le niveau de risque.**

<sup>9</sup> D = Diamètre du rotor



• Scénario de projection de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)											
Zone d'impact en m <sup>2</sup>			Zone d'effet du phénomène étudié en ha (% de la zone d'impact sur la zone d'effet)			Degré d'exposition du phénomène étudié en %			Intensité		
E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135
1	1	1	25,5 (0,0004)	37,4 (0,0003)	48,2 (0,0002)	0,0004	0,0003	0,0002	Exposition modérée		
Nombre de personnes exposées en permanence (valable pour chaque éolienne de chacune des configurations)									Gravité		
Présence humaine exposée inférieure à une personne									modérée		

Tableau 19 - Projection de morceaux de glace - Calculs d'intensité et gravité

Une probabilité forfaitaire « de classe B » (événement probable) est proposée pour cet événement.

Une étude spécifique par rapport aux conditions du site d'implantation du projet pourra permettre de justifier une probabilité de classe C en cas de présence d'un système de chauffage des pales sur les éoliennes.

Gravité (traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées)	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modérée				Configurations étudiées	

Tableau 20 - Projection de morceaux de glace - Gravité / Probabilité

Le scénario d'accident lié à une projection de glace présente un niveau de risque acceptable quel que soit la hauteur. Ici, le critère de la hauteur se manifeste car il influence la zone d'effet du phénomène.

• Scénario de projection de pale ou de fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)											
Zone d'impact en m <sup>2</sup>			Zone d'effet du phénomène étudié en ha (% de la zone d'impact sur la zone d'effet)			Degré d'exposition du phénomène étudié en %			Intensité		
E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135	E-92 98	E-92 138	E-126 135
92	92	315	78,5 (0,01)	78,5 (0,01)	78,5 (0,04)	0,01	0,01	0,04	Exposition modérée		
Nombre de personnes exposées en permanence (valable pour chaque éolienne de chacune des configurations)									Gravité		
Présence humaine exposée inférieure à une personne									modérée		

Tableau 21 - Projection de pale ou de fragment de pale - Calculs d'intensité et gravité

Il est considéré que la classe de probabilité des scénarios de projection de pale ou de fragments de pale est « de classe D » : « s'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité ».

Gravité (traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées)	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modérée		Configurations étudiées			

Tableau 22 - Projection de pale ou de fragment de pale - Gravité / Probabilité

Le scénario d'accident lié à une projection de pale présente un niveau de risque acceptable quel que soit la hauteur des machines. Ici, c'est une donnée tirée de la bibliographie qui est utilisée pour déterminer la distance maximale de projection.

Dans l'accidentologie française, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail de l'association FEE pour une projection de fragment de pale est de 380 m par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 m. Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, une distance d'effet de 500 m est considérée comme une distance raisonnable pour la prise en compte des projections de pales ou de fragments de pales dans le cadre des EDO de parcs éoliens.

#### • Discussion

Pour ce qui concerne la gestion du risque de dysfonctionnement des installations, l'éolien de grande hauteur est impactant pour ce qui concerne la distance d'éloignement avec les infrastructures qui accueillent du public (c'est le cas des routes et des chemins de randonnée).

Dans ce cas précis, la zone d'effet est égale à la hauteur de l'éolienne en bout de pale. Si l'on veut s'affranchir des conséquences d'une ruine totale de machine, alors plus l'installation présente une hauteur élevée et plus il convient de s'éloigner des infrastructures les plus proches. Ceci est d'autant plus marqué dans le cas d'une route à forte fréquentation localisée à proximité de l'éolienne (c'est-à-dire à une distance inférieure à la hauteur totale de l'éolienne - situation qui augmente la gravité avec le nombre de personnes exposées). Dans le cas d'une étude de dangers qui présenterait un risque inacceptable (couleur rouge), en réponse il conviendra de procéder à l'éloignement de l'infrastructure.

Dans le cas de projection de morceaux de glace, la méthodologie fait intervenir la hauteur de l'éolienne pour déterminer la zone d'effet autour de la machine. Là encore, une situation de risque inacceptable pourra être résolue en éloignant l'installation des zones fréquentées par le public.

Plus l'éolienne est de grande taille et plus la distance de projection de pale ou de fragment de pale augmente. Or pour ce critère, la méthodologie de l'étude de dangers ne fait pas appel à la balistique. Une zone d'effet conservatrice de 500 m est retenue par défaut. Là encore, c'est la présence d'une infrastructure fréquentée par le public dans la zone d'effet qui va déterminer le niveau de gravité. La hauteur n'interviendra donc pas.

### 2.8.3 PRINCIPAUX ELEMENTS A RETENIR

- Les principaux scénarii étudiés sont :

- Effondrement d'éolienne ;
- Chute d'éléments d'une éolienne ;
- Chute de glace ;
- Projection de glace ;
- Projection de pale ou de fragments de pale.

- Le critère de la hauteur influence directement la zone d'effet et la zone d'impact du scénario.

- La matrice de criticité permet de définir les risques pour chaque scénario :

- Effondrement d'éolienne : risque très faible ;
- Chute d'éléments d'une éolienne : risque maîtrisé ;
- Chute de glace : risque maîtrisé ;
- Projection de glace : risque très faible ;
- Projection de pale ou de fragments de pale : risque très faible.

- Sur tous les scénarii étudiés, l'augmentation de la hauteur n'influence pas l'intensité, la gravité et le risque lié au phénomène.



Photographie 18. Parc éolien de Gries en Suisse (1 E-70 85 m)





Photographie 19. Parc éolien de Narva en Estonie (17 E-82 E2 138 m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévalra.

Ref. 1001056\_01  
Rapport final - Février 2013

82



## 2.9 ECOLOGIE

Comme le bruit, la sécurité publique ou le paysage (cf. chapitres *ad hoc* et témoignages), la question de l'effet des projets éoliens sur la faune et la flore est au cœur de la démarche de développement. De ce point de vue, l'enjeu consiste à retenir des sites et des configurations d'implantation qui permettent d'éviter les principales sensibilités.

Il est reconnu que les impacts potentiels les plus significatifs concernent les populations aviaires et les chiroptères. Ce chapitre synthétise les pistes à mettre en œuvre afin que l'éolien de grande hauteur puisse être installé dans des conditions qui préservent ces populations.

### 2.9.1 OISEAUX

#### • Comportement face aux éoliennes

D'une manière générale, les diverses études internationales ont montré que les parcs éoliens sont susceptibles de perturber l'avifaune. Les impacts les plus connus sont :

- Le dérangement (effet barrière ou effet épouvantil) ;
- La perte d'habitat (les oiseaux fuient la zone du fait du dérangement et/ou la modification du milieu entraîne une baisse d'attractivité) ;
- La mortalité directe (collision avec les pales ou projection au sol par les mouvements d'air).

#### o Dérangement

L'effet barrière est une variante des dérangements ou perturbations qu'un parc éolien en fonctionnement induit pour des oiseaux en vol. Il s'exprime généralement par des réactions de contournement en vol des éoliennes à des distances variables. Il concerne aussi bien des cas de migration active que des transits quotidiens entre les zones de repos et les zones de gagnage. Il dépend de la sensibilité des espèces, mais aussi de la configuration du parc éolien, de celle du site, ou encore des conditions climatiques. Pour les oiseaux, les conditions d'une bonne visibilité sont particulièrement importantes pour anticiper les réactions d'évitement à l'approche des éoliennes.

Au-delà des conditions climatiques, le relief et la configuration du parc peuvent là aussi réduire considérablement cette visibilité, et limiter l'anticipation. Cette réaction d'évitement peut présenter l'avantage de réduire les risques de collision pour les espèces qui y sont sensibles. En revanche, elle peut avoir des conséquences écologiques notables si l'obstacle ainsi créé fragmente un habitat (par exemple : la séparation d'une zone de reproduction de la zone principale d'alimentation).

Elle peut aussi générer une dépense énergétique supplémentaire notable dans le cas de vols de migration active, notamment lorsque le contournement prend des proportions importantes (effet cumulatif de plusieurs obstacles successifs), ou quand, pour diverses raisons, la réaction est tardive à l'approche des éoliennes (mouvements de panique, demi-tours, éclatement des groupes...).

**Le dérangement naît plus de la présence d'installations éoliennes que de la hauteur des machines dont les effets demandent à être étudiés selon les données des constats de terrain des sites envisagés.**

o *Perte d'habitat*

La perte d'habitat résulte d'un comportement d'éloignement des oiseaux autour des éoliennes en mouvement. En fonction des espèces et de leur mode de vie, ce comportement caractérise :

- soit une réaction instinctive d'éloignement par rapport au mouvement des pales, ou par rapport à leurs ombres portées (effets stroboscopiques) ;
- soit une réaction d'éloignement des sources d'émissions sonores des éoliennes, qui pourraient parfois couvrir les chants territoriaux des mâles reproducteurs.

Un cercle ayant pour rayon la distance d'éloignement minimale caractérise la surface d'habitat perdu. La distance d'éloignement varie généralement de quelques dizaines de mètres depuis le mât de l'éolienne en fonctionnement jusqu'à 400 ou 500 m. Certains auteurs témoignent de distances maximales avoisinant les 800 à 1000 m (source : <http://www.eolien-biodiversite.com>).

Une étude menée en Grande Bretagne (source : Pearce-Higgins, Stephen, Douse & Langston, 2012, *Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis*; BSG ecology) témoigne de ce phénomène. Sur les sites de parcs éoliens, les effectifs de Courlis et de Bécassines ont diminués et les espèces se sont maintenues à distance d'au moins 500 m des aérogénérateurs. Aucun effet notable n'a été noté sur d'autres espèces, une augmentation des effectifs d'alouettes des champs a pu être constatée post installation. La phase de chantier reste la période la plus perturbante à laquelle est constaté une perte globale de diversité.

**On peut avancer l'hypothèse qu'entre des éoliennes de 100 m ou de 200 m en bout de pale, l'effet d'éloignement soit plus important (distance d'éloignement dans la fourchette haute) au regard de l'effet de masse suscité par des installations plus grandes. Le nombre d'éoliennes comptera également dans ce comportement.**

o *Mortalité*

Si la mortalité aviaire due aux éoliennes est globalement faible par rapports aux autres activités humaines, certains parcs éoliens particulièrement denses et placés sur des couloirs de migrations engendrent des mortalités importantes, avec des risques significatifs sur les populations d'espèces menacées et sensibles.

Le taux de mortalité varie de 0 à 60 oiseaux par éolienne et par an, ceci en fonction des critères liés à l'environnement du site d'implantation (configuration du parc éolien, relief, densité des oiseaux qui fréquentent le site éolien). La topographie, la végétation, les habitats, l'exposition favorisent certaines voies de passages, l'utilisation d'ascendances thermiques, ou la réduction des hauteurs de vols sont autant de critères qui peuvent influencer le risque de collision à la hausse comme à la baisse.

Les conditions météorologiques défavorables sont également un facteur important susceptible d'augmenter le risque de collision. C'est notamment le cas lors d'une mauvaise visibilité (brouillard, brumes, plafond nuageux bas...), et par vent fort.

**Il convient de retenir le fait qu'avec ce grand nombre de critères qui influence le comportement des oiseaux, un choix de hauteur de machine plus élevé ne permettra vraisemblablement pas d'éviter un impact potentiel généré par la présence de l'installation.**

o *Hauteur de vol des oiseaux*

Selon l'étude des mouvements d'oiseaux par radar de novembre 2008 (source : <http://www.eolien-biodiversite.com>), l'altitude de vol des oiseaux est très variable, selon les espèces, l'heure du jour et les saisons. Les paramètres qui influencent la hauteur à laquelle les espèces se déplacent ou migrent dépendent à la fois des espèces elles-mêmes et des conditions locales.

En la matière, de fortes variations existent au sein des familles ou des groupes biologiques. Par exemple, les passereaux migrent à faible altitude de jour et à plus haute altitude la nuit.

Des variations importantes existent selon les conditions météorologiques et les espèces. Les oiseaux migrateurs d'une manière générale élèvent leur altitude de vol la nuit (sans moyen de détection particulier, la plupart des oiseaux volant à plus de 200 m échappent aux observateurs situés au sol).

Des études menées aux Pays-Bas sur les vols nocturnes de canards et de limicoles démontrent :

- Que beaucoup d'oiseaux volent à moins de 100 m d'altitude ;
- Mais que les altitudes de vol sont plus élevées par vent arrière.

Au cours d'un cycle de 24 heures, on observe les évolutions suivantes :

- Une augmentation progressive des altitudes de vol en soirée qui correspond au décollage des oiseaux et à la prise d'altitude ;
- La stagnation des altitudes de vol au cœur de la nuit en vitesse de croisière ;
- Une diminution des altitudes de vol en fin de nuit avec notamment la pose des migrateurs nocturnes en fin de nuit ;
- L'augmentation rapide et brève des altitudes de vol au lever du jour ;
- Des altitudes inférieures de jour et stables durant de la journée.

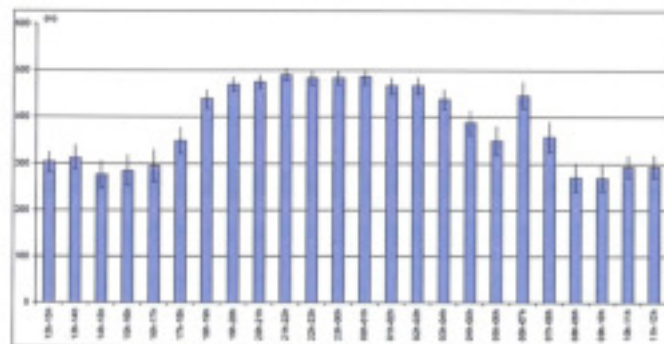


Figure 42. Evolution journalière des altitudes de vol moyennes toutes périodes confondues



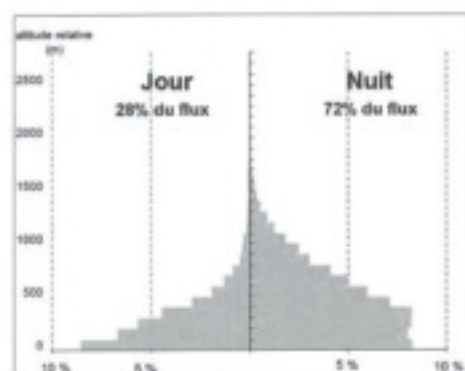


Figure 43. Distribution verticale des vols en période diurne et nocturne

Pour ce qui concerne le cycle annuel, on observe une différence assez marquée entre les migrations pré et postnuptiales. Ainsi, au printemps (migration pré-nuptiale), les migrateurs volent sensiblement plus haut, aidés par des vents portants.

#### • Conclusion de l'influence de l'éolien de grande hauteur sur l'avifaune

Les mouvements des Oiseaux répondent à des nécessités biologiques (alimentation, migration, etc.), les hauteurs de vols dépendent de nombreuses variables liées à la fois aux espèces et aux conditions climatiques.

A ce stade des études et des connaissances qui concernent les vols d'oiseaux, il en ressort que la hauteur d'éolienne en elle-même ne constitue pas un facteur négatif à part entière. L'influence d'un parc éolien reste attribuée à son emplacement et à l'importance du site pour l'avifaune (proximité des boisements, axes de déplacement d'oiseaux, zones de reproduction, d'alimentation, de halte migratoire, etc. pour l'avifaune). Il convient donc avant toute implantation d'éolienne d'étudier l'importance relative de chacun des sites pour l'avifaune.

#### • Hypothèses de l'influence de l'éolien de grande hauteur sur l'avifaune et perspectives d'études

Hypothèses	Perspectives d'études
L'augmentation de la hauteur des machines impose des stratégies d'évitement différentes	Etude des stratégies d'évitement des oiseaux face à des machines de très grande hauteur
L'augmentation du diamètre du rotor est appréhendée comme un obstacle plus important	Etude des mouvements d'oiseaux sur des sites témoins (grand éolien et éolien de grande hauteur) en parallèle. Dans des contextes identiques et des populations avifaunistiques proches.
La perte d'habitat et les distances d'éloignement post-installation de l'éolien de grande hauteur sont plus importantes	Etude des populations d'oiseaux post-installation et de distances d'éloignement aux machines

Tableau 23 - Hypothèses de l'influence de l'éolien de grande hauteur sur l'avifaune et perspectives d'études

## 2.9.2 CHIROPTÈRES (CHAUVE-SOURIS)

### • Comportement face aux éoliennes

L'impact des éoliennes sur les chauves-souris a été révélé au cours de ces 10 dernières années avec l'approfondissement des études sur le sujet auquel a activement participé ENERCON.



Dans le cadre d'un programme de recherche sur le risque de collision des chauves-souris avec les éoliennes terrestres, ENERCON a mis à disposition 72 de ses machines, sur 35 sites, dans 6 régions d'Allemagne entre 2007 et 2008.

L'étude menée par l'Université Leibniz de Hanovre et l'Université Friedrich Alexander d'Erlangen-Nürnberg avait pour but d'établir des méthodes pour l'analyse et la réduction du risque de collision des chauves-souris à partir d'un suivi acoustique à hauteur de nacelle. Après validation de ce suivi par imagerie infrarouge, un modèle de prédiction de l'activité des chauves-souris a été créé pour calculer un risque de collision à partir de l'activité acoustique.

L'étude a fait l'objet d'une traduction du Bureau de coordination des énergies renouvelables (cf. ci-contre).

C'est la mortalité directe qui semble être l'impact prépondérant. Les chauves-souris entrent en collision avec les pales ou sont victimes de la surpression occasionnée par le fouettement des pales devant le mât.

Les raisons pour lesquelles les chauves-souris heurtent les éoliennes ne sont pas encore clairement établies. Après avoir relevé de nombreux cas de mortalité sans blessure apparente, il a été démontré que le mouvement « rapide » des pales, en entraînant une variation de pression importante dans l'entourage des chauves-souris, pouvait entraîner une hémorragie interne fatale (barotraumatisme). Pour l'ensemble des parcs éoliens étudiés, il semblerait que les causes de mortalité vis-à-vis des éoliennes relèvent à la fois des collisions directes avec les pales et des cas de barotraumatisme.

Qu'elles que soient les causes réelles, l'analyse de la mortalité permet de constater que les espèces les plus touchées sont celles qui chassent en vol dans un espace dégagé, ou qui entreprennent à un moment donné de grands déplacements (migrations).

Le taux de mortalité par collision / barotraumatisme est évalué entre 0 et 60 chauves-souris par éolienne et par an (source : <http://www.eolien-biodiversite.com>). Les facteurs qui influencent ce taux ne sont pas encore tous bien connus.

Le pouvoir attractif des éoliennes sur les chauves-souris est présent. Les hypothèses sont variées à ce propos. On peut évoquer la curiosité supposée des pipistrelles, la confusion possible des éoliennes avec les arbres, l'utilisation des éoliennes lors de comportements de reproduction, l'attraction indirecte par les insectes eux même attirés par la chaleur dégagée par la nacelle ou encore l'éclairage du site.



#### • Hauteur de vol des chauves-souris

Les altitudes de vol des chauves-souris restent mal connues jusqu'à maintenant. Les quelques études menées démontrent que certaines espèces présentent une tendance à prendre de l'altitude. Comme l'indique le guide SETRA de décembre 2008 « routes et chiroptères – état des connaissances », les Sérotines communes rejoignent leurs territoires de chasse directement sans suivre des linéaires à haute altitude (10 à 100 m voire plus).

Une étude chiroptérologique de Greet Ing menée en septembre 2005 (Investigation des chiroptères par radar) révèle une large plage d'altitudes s'élevant de 20 m à 1100 m.

#### • Méthodes d'échantillonnage en altitude

L'évolution technologique permet aujourd'hui d'obtenir des capacités d'étude en altitude par des systèmes automatisés (Batcorder d'Ecoobs, SM2bat de Wildlife acoustic, D500x de Petterson Electronics,...) en les fixant sur des nacelles déjà existantes ou des mâts à la hauteur souhaitée. Il s'agit là incontestablement de moyens d'investigation adaptés à l'éolien de grande hauteur.



Figure 44. Microphone de type Batcorder installé sur une nacelle  
 (Source : [http://www.nhbs.com/batcorder\\_wind\\_turbine\\_extension\\_tefno\\_177246.html](http://www.nhbs.com/batcorder_wind_turbine_extension_tefno_177246.html))

Il convient cependant de relever une limite importante liée à l'utilisation de ces appareils et inhérente aux capacités de détection des microphones à ultrasons (30 à 40 m en moyenne) d'une part, et de la distance d'émission des ultrasons par les chiroptères (plus de 100 m pour les Noctules, de l'ordre de 20 m pour les Pipistrelles et moins de 10 m pour les Rhinolophes) d'autre part.

**Finalement, c'est le choix du site d'implantation lui-même qui reste primordial.** C'est la raison pour laquelle les auteurs de l'étude sur le développement de méthodes pour étudier et réduire le risque de collision des chauves-souris avec les éoliennes terrestres recommandent de réaliser un enregistrement de leur activité sur une période prolongée (d'avril à octobre) que ce soit sur des installations existantes (sur les installations à remplacer en cas de renouvellement de site (*repowering*); sinon, sur des installations situées à proximité) ou au niveau du sol.

Concernant les implantations à proximité d'une zone de sensibilité (lisières, haies) ou en forêts (cf. 2.11.1), les distances d'éloignement préconisées par Eurobats et la SFEPM sont respectivement de 200 et 250 m. Pour les auteurs de l'étude en revanche, « les stratégies pour éviter les collisions de chauves-souris ne devraient pas se baser uniquement sur la distance par rapport à différents éléments du paysage, par ex. une certaine distance aux bois ou aux bosquets, car nos résultats montrent que l'activité des chauves-souris ne diminue pas autant que ce l'on a supposé jusqu'ici. Près des éoliennes situées en rase campagne, le risque de collision peut être élevé. Une distance déterminée par rapport

à certains paramètres du paysage, tels que la distance aux bosquets ou à la forêt, ne constitue pas, à nos yeux, un critère d'exclusion pour la construction d'éoliennes.

#### • Influence de l'éolien de grande hauteur sur le risque de mortalité

Bien que l'éolien de grande hauteur n'apparaisse pas comme un facteur d'influence notable sur la mortalité des chiroptères, en particulier sur des espèces dont les mœurs de chasse et leurs axes de transit gîte – zone de chasse sont principalement liés aux éléments bas du paysage (Pipistrelle commune, Barbastelle) (source : Note d'information SETRA – Chiroptères et infrastructures de transport terrestre – menaces et actions de préservation, novembre 2009), ces espèces sont néanmoins celles les plus souvent retrouvées mortes aux pieds des éoliennes (source : SFEPM). **Cela renseigne sur leur capacité à voler au-delà de l'horizon qu'elles fréquentent habituellement. Par précaution cette hypothèse peut être étendue aux autres espèces.**

On note également que pour certains modèles de machines, l'éolien de grande hauteur peut s'accompagner d'un rotor de rayon plus important. Par conséquent la surface balayée, comme pour les oiseaux, s'en trouve augmentée d'autant. **Dans ce cas, une autre hypothèse de l'effet de l'éolien de grande hauteur est une augmentation de la mortalité par les phénomènes de barotraumatisme.**

Solutions mises en œuvre par ENERCON pour réduire la mortalité :

ENERCON propose aujourd'hui deux solutions pour réduire la mortalité des chauves-souris :

- > L'Event Trigger Control qui permet d'effectuer des marche/arrêt en fonction de trois paramètres : un intervalle de temps, une vitesse et une direction de vent ;
- > Le POI/OPC qui permet au client de programmer ses propres arrêts machine (via le langage OPC) en fonction des paramètres qu'il aura préalablement choisis. Ces derniers peuvent être les mêmes que ceux de l'Event Trigger Control ou augmentés en intégrant d'autres paramètres comme la température et l'humidité.

Nota : La documentation relative à ces interfaces est disponible auprès du pôle expertise

Dans un autre objectif, et de la même manière que les appareils de détection sont utilisés lors des diagnostics de terrain, ils peuvent également être couplés à des éoliennes en place afin de mesurer automatiquement et en continu les indices d'activité des chauves-souris à proximité des machines (dans la limite des rayons de détection des appareils et des rayons d'émission des animaux). Quand une présence est détectée, l'information est transmise au centre de contrôle-commande qui stoppe le fonctionnement du rotor de manière à éviter les collisions.

**L'ensemble des éoliennes de la gamme ENERCON peut être équipé de ce dispositif.**

#### • Conclusion de l'influence de l'éolien de grande hauteur sur les chiroptères

Les vols de chauves-souris à haute altitude restent mal connus. Les moyens technologiques développés ces dernières années permettent d'améliorer les connaissances sur cette thématique.

D'après les résultats de l'étude sur le développement de méthodes pour étudier et réduire le risque de collision des chauves-souris avec les éoliennes terrestres, il est possible de réduire le risque de collision en augmentant la hauteur de moyeu tout en conservant le diamètre du rotor. Cependant,

l'augmentation de la hauteur de moyeu couplée à une augmentation du diamètre du rotor diminuerait, voire inverserait, probablement cette donnée, à supposer que le risque de collision augmente avec le diamètre du rotor.

• **Hypothèses de l'influence de l'éolien de grande hauteur sur les chiroptères et perspectives d'études**

Hypothèses	Perspectives d'études
L'augmentation de la hauteur des machines n'a pas d'influence sur la mortalité des chauves-souris	Suivi de la mortalité sur des parcs éoliens implantés dans un même contexte avec des hauteurs de mâts différents pour un diamètre de rotor identique
L'augmentation du diamètre du rotor augmente les probabilités de mortalité des chauves-souris par choc barotraumatique	Suivi de mortalité d'un parc de très grand éolien et analyse du ratio mortalité par collision / mortalité par choc barotraumatique.
Réduction de l'activité des chiroptères entre 100 m et 200 m d'altitude	Etude en altitude de l'activité chiroptérologique à très grande hauteur par des enregistreurs automatiques

Tableau 24 - Hypothèses de l'influence de l'éolien de grande hauteur sur les chiroptères et perspectives d'études

### 2.9.3 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- Pour ce qui concerne les oiseaux :

Il existe des périodes critiques liées à la prise d'altitude des oiseaux de jour comme de nuit.

L'essentiel des flux migratoires se situe dans une fourchette allant de 0 à 500 m.

Les populations aviaires fréquentent des hauteurs de vol différentes selon les espèces avec une importante variabilité liée aux conditions locales.

- Pour ce qui concerne les chauves-souris :

Selon les espèces, les chauves-souris peuvent voler entre le niveau du sol et plus de 1000 m.

Elles recherchent préférentiellement les endroits calmes pour s'alimenter mais peuvent monter jusqu'à la hauteur d'une nacelle dont la température attire les insectes dont elles se nourrissent.

Là également, une grande variabilité dans la hauteur de vol est susceptible de survenir selon les conditions locales.

Pour les oiseaux comme pour les chauves-souris, la hauteur de l'éolienne influence moins sur le risque de collision (à apprécier selon la présence des espèces constatées et leur hauteur de vol) que la présence de l'installation elle-même. De plus, la hauteur de l'éolienne s'accompagne d'une surface de voile balayée par les pales qui pourrait s'accompagner d'un accroissement de l'effet obstacle et du risque de collision.

Ainsi l'influence de la hauteur sur la faune volante reste d'interprétation délicate et liée aux conditions de fréquentation des sites par les différentes espèces d'oiseaux et de chauves-souris. Compte tenu de la variabilité des hauteurs de vol susceptibles d'être atteintes, ce sont les constats issus des conditions locales (données de terrain) qui permettront de déterminer la présence de populations sensibles dans l'horizon balayé par le rotor.

*Les données sont tirées de diverses études et sites internet.*

*Une bibliographie générale est présentée à la fin du document. Le lecteur pourra s'y reporter pour un travail complémentaire.*





Photographie 20. Parc éolien de Wieringermeer (1 E-126 135 m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.

## 2.10 EFFET VISUEL SUR LE PAYSAGE

L'intégration des parcs éoliens au sein des territoires est l'un des sujets majeurs du processus de développement des projets. En effet, c'est une thématique qui revêt de multiples composantes comme la protection des paysages les plus emblématiques, la contribution des milieux naturels, l'identité des territoires français et leur diversité, ou encore les dimensions patrimoniales, sociales et culturelles perçues par les riverains.

La perception de l'intégration de l'éolien dans le paysage revêt également un caractère subjectif que l'on ne peut ignorer. C'est pourquoi la démarche d'analyse des sites et de réflexion pour une meilleure insertion doit être accompagnée d'une solide justification.

Le paysage est le fruit des interventions successives de l'homme et l'éolien contribue à poursuivre ces transformations. Les moyens techniques actuels y apportent une contribution rapide ; aussi convient-il d'adapter les projets par des choix pertinents.

Nous voyons ici comment l'éolien de grande hauteur s'insère dans le paysage selon différents cas de figure. L'objectif est de distinguer les types de paysage avec lesquels l'éolien de grande hauteur est compatible.

Sur le plan qualitatif, le sujet est abordé au travers de photomontages avec plusieurs scénarios d'implantation où l'on fait notamment varier la taille et le nombre de machines installées. Sur le plan quantitatif, des cartes des zones d'influences visuelles (ZIV) ont été réalisées afin de constater l'impact de l'élévation du mât.

En dehors de quelques grands principes (éloignement des vallées et des habitations, ...), il n'existe toutefois pas de solutions généralisables. Les études sont à mener au cas par cas en intégrant tous les paramètres du développement éolien.

### 2.10.1 APPLICATION A UN SITE DANS LE PAS-DE-CALAIS

Le site choisi est situé dans les hauts plateaux de l'Artois dans le Pas-de-Calais. C'est un territoire déjà largement couvert par le développement éolien puisqu'il accueille l'une des plus grandes densités de parcs en France métropolitaine. On parle du secteur de Fruges qui compte environ 70 éoliennes diversement réparties sur le territoire.

Ce sont « des paysages de plateaux labourés entaillés de vallées verdoyantes »<sup>19</sup>. D'ailleurs l'Atlas des paysages de la région Nord - Pas-de-Calais consacre un chapitre aux thématiques transversales intitulé « Énergie, Éoliennes et Paysages » introduit avec l'image ci-contre.



Figure 45. Insertion dans le paysage

Dans les pages suivantes, les simulations sont réalisées à partir de ce site éolien qui est équipé de 13 éoliennes de 100 m en bout de pale. Elles ont été remplacées par des machines ENERCON en faisant varier 2 paramètres : le nombre d'éoliennes et leur taille. Les prises de vues illustrent des cas de figures qui mettent l'éolien de grande hauteur en situation.

<sup>19</sup> Extrait de l'Atlas des paysages de la Région Nord - Pas-de-Calais.



- Grand paysage de plaine agricole



© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.



Photographie 21. Scénarii pour le « Grand paysage de plaine agricole »

Contexte :

Distance des éoliennes les plus proches : 7 km.

Grand paysage de plateau ouvert avec de longues perspectives et peu d'éléments de repère.

Intériorisation :

Les grandes plaines agricoles sont bien souvent propices au développement éolien. Ici, pas de structure paysagère complexe, ni de point de repère ou d'élément offrant des jeux de perspectives (effets de coulisse entre les plans). Dans un paysage homogène comme celui-ci, c'est l'horizontalité qui domine. L'ajout d'éoliennes amène une verticalité qui devient le principal intérêt de la composition. L'augmentation de la hauteur n'engendre ainsi aucune impression négative. Quelque soit leur taille, les éoliennes demeurent visibles sur de grandes distances mais sans altérer la perception visuelle de la plaine. Sans points de repères, il est d'ailleurs difficile d'apprécier avec justesse la hauteur des machines.

Dans ce contexte, la réduction du nombre de machines, même de grande hauteur, pourra contribuer à créer du mitage et n'est donc pas forcément un bon argument paysager (sauf à s'affranchir d'une autre contrainte).

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.



- Grand paysage et repères végétaux



© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.



Photographie 22. Scénario pour le - Grand paysage et repères végétaux -

Contexte :

Distance des éoliennes les plus proches : 6,5 km.

Grand paysage de plateau souligné par les boisements et quelques lignes de haies.

Interprétation :

Des lignes de forces commencent à apparaître sur l'arrière-plan et caractérisent quelques lignes de relief souples et légèrement vallonnées. C'est l'occasion de composer avec les éléments structurants et de les utiliser en appui de la construction du projet d'implantation. Le principe est d'accompagner le paysage en utilisant les moyens à disposition : le nombre de machines, leur disposition les unes par rapports aux autres en référence aux lignes de force locales et bien évidemment leur taille. C'est une démarche qui combine ces trois sujets entre eux. Sur les simulations, on constate que l'augmentation de la hauteur des mâts permet de conserver une bonne intégration dans le paysage local grâce au respect de l'implantation avec l'axe structurant constitué de la ligne de relief.

La végétation du plan médian émerge de la ligne d'horizon et vient encadrer (ou prolonger) les scénarios à 6 et 4 machines ce qui valorise bien le projet.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.





- Grand paysage et vallonnement



13 E-70 64 m



9 E-92 98 m



9 E-92 138 m

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.



6 E-92 138 m



4 E-126 135 m

Photographie 23. Scénario pour le - Grand paysage et vallonnement -

Contexte :

Distance des éoliennes les plus proches : 3,3 km.

Paysage rural simple, à l'aspect légèrement ondulé où les pentes de la butte font apparaître le parcellaire agricole et la silhouette du boisement de pente.

Interprétation :

Ce point de vue révèle l'organisation du parcellaire agricole et met en évidence la mosaïque des cultures. Par ailleurs, le relief local présente une butte qui marque ponctuellement le paysage et peut être interprétée comme un point de repère intéressant. Une adaptation possible consiste à privilégier l'effet de promontoire en préférant une implantation plus ramassée qu'une ligne (on parle d'implantation en grappe). Le choix de machines supérieures à 150 m vient souligner et renforcer la forme du relief ce qui semble bien adapté et justifié dans ce cas de figure.

La réduction du nombre de machine, toujours avec des mâts de 135 m, reste conforme au paysage local car l'implantation reste contenue dans la zone de relief. La logique d'ensemble est préservée.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.





- Implantation sur le sommet d'un coteau



Photographie 24. Scénarii pour une « Implantation sur le sommet d'un coteau »

Contexte :

Distance des éoliennes les plus proches : 4,5 km. La distance de recul vallée/éoliennes est de 2 km.

Paysage de coteau nettement marqué aux abords d'une vallée. La perception est imposante et laisse deviner un talweg à fond large.

Interprétation :

On perçoit l'inclinaison plus marquée des plateaux qui annonce l'approche de la vallée et qui se présentent comme un paysage « d'entre deux » avec d'une part, la plaine agricole très présente et, d'autre part, l'encassement naissant qui conduit vers le fond de vallée. C'est un paysage délicat où plusieurs éléments de composition se rejoignent avec principalement une ligne d'horizon qui se présente en balcon sur la vallée. C'est un paysage de campagne caractéristique avec son bourg et les boisements de bord du plateau.

Ici, l'élévation de la hauteur des éoliennes entraîne un effet d'écrasement sur l'ensemble que constituent la vallée elle-même et ses aménagements (bourg, château d'eau). Les rapports d'échelle sont perturbés avec une faible capacité d'accueil de l'éolien de grande hauteur dans un tel paysage. Même avec un nombre restreint de machines, le risque de concurrence entre les éoliennes, la vallée et le milieu bâti est marqué. Dans ce cas de figure, l'éloignement des éoliennes du coteau et une taille réduite sont préconisés.

- Implantation sur les hauteurs d'un village



Photographie 25. Scénari pour une - Implantation sur les hauteurs d'un village -

Contexte :

Distance des éoliennes les plus proches : 3 km. La distance de recul vallée/éoliennes est de 2km.  
 Paysage aménagé en hauteur de vallée et structure bocagère.

Interprétation :

Situation identique à la précédente et destinée à mettre en évidence l'importance du contexte paysager et du recul par rapport aux habitations.

Les éoliennes supérieures à 150 m sont ici en intervisibilité avec les éléments de composition du paysage local que sont la silhouette du bourg et la présence d'un docher d'église. Bien que la distance d'éloignement des habitations les plus proches soit de 1,5 km environ, l'effet de surplomb est sensiblement marqué et génère une sensibilité excessive.

Les éoliennes installées sur des mâts de 135 et 138 m accentuent l'écrasement et le rapport d'échelle ne trouve pas d'éléments de comparaison sur lesquels pourraient venir s'adosser la configuration présentée. L'éolien de grande hauteur dans les situations de surplomb, avec un paysage ouvert est à éviter.



- Paysage en cœur de bourg et patrimoine



Photographie 26. Scénarii pour le - Paysage en cœur de bourg et patrimoine -

Contexte :

Distance des éoliennes les plus proches : 1,2 km.

Paysage rural traditionnel avec une vue au plus près des habitations. La situation se caractérise également par la présence d'un monument du patrimoine (pour l'exemple on considérera qu'il est protégé au titre des Monuments historiques).

Interprétation :

Cette vue rend compte de la perception des riverains les plus proches d'un parc éolien et met en évidence la covisibilité d'un projet avec le patrimoine local. Dans toutes les situations, l'église reste bien l'élément dominant mais l'élévation des hauteurs de mât rend la présence des éoliennes plus significative et risque de compromettre le projet sur avis négatif de l'Architecte des Bâtiments de France.

La question des covisibilités est un sujet central pour l'élaboration du projet d'implantation et le choix du modèle de machine. L'éolien de grande hauteur risque dans certains cas de venir augmenter les sensibilités paysagères et patrimoniales. Dans cette situation, il conviendra de retenir un modèle de machine ou un choix d'implantation évitant une telle covisibilité ou mise en concurrence.



- Insertion avec les aménagements urbains



Photographie 27. Scénario pour le - Insertion avec les aménagements urbains -

Contexte :

Distance des éoliennes les plus proches : 1,5 km.

Paysage de ville contemporain récemment aménagé.

Interprétation :

Il s'agit ici d'une situation de zone d'activités dépourvue de sensibilités particulières. Les aménagements sont nombreux et diversifiés et présentent déjà une certaine verticalité (poteaux d'éclairage public, antenne sur la gauche de la prise de vue).

Avec l'effet de perspective lié à l'éloignement des éoliennes, c'est le mobilier urbain qui reste le plus significatif. La taille des éoliennes ne génère pas de sensibilité dans la mesure où elles sont intercalées avec les autres éléments verticaux de la composition.

Ces paysages de frange urbaine ne posent pas de difficulté pour intégrer l'éolien de grande hauteur dans la mesure où ils sont déjà fortement aménagés et artificialisés. Selon les possibilités du terrain, un recul plus important (par exemple pour éviter que le rotor ne dépasse trop des faîtages) apporterait un plus au regard des distances d'éloignement.

- Perception de proximité à 400 m de distance

Contexte :

Distance de l'éolienne la plus proche : 400 m.

Paysage de grande plaine agricole avec rideaux boisés « en coulisse ».

Interprétation :

Il s'agit ici d'une représentation destinée à visualiser l'effet généré par les éoliennes à très courte distance d'éloignement. A noter préalablement que l'ensemble du parc n'est plus visible d'un seul coup d'œil en raison de son étalement.

A courte distance ce sont les éoliennes qui captent l'attention et qui deviennent l'objet principal d'une observation de détail à laquelle s'ajoute la perception sonore.

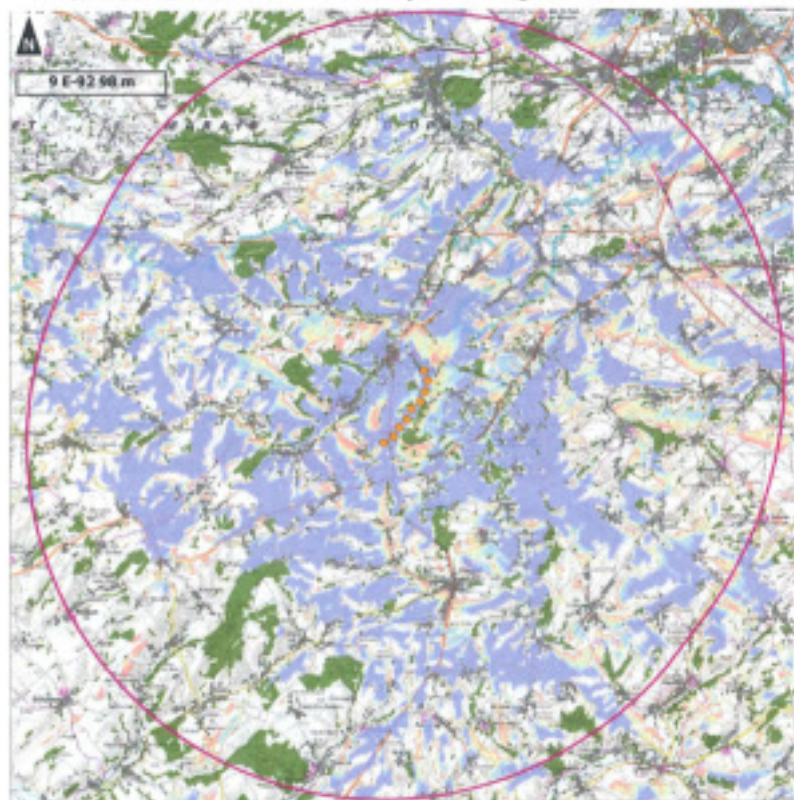
Ici on observe les éléments constitutifs (rotor, nacelle, mât) des machines, leurs formes, leurs dimensions et on reste interpellé par la dimension verticales des modèles les plus hauts ; qui, à cette distance, sont impressionnants.



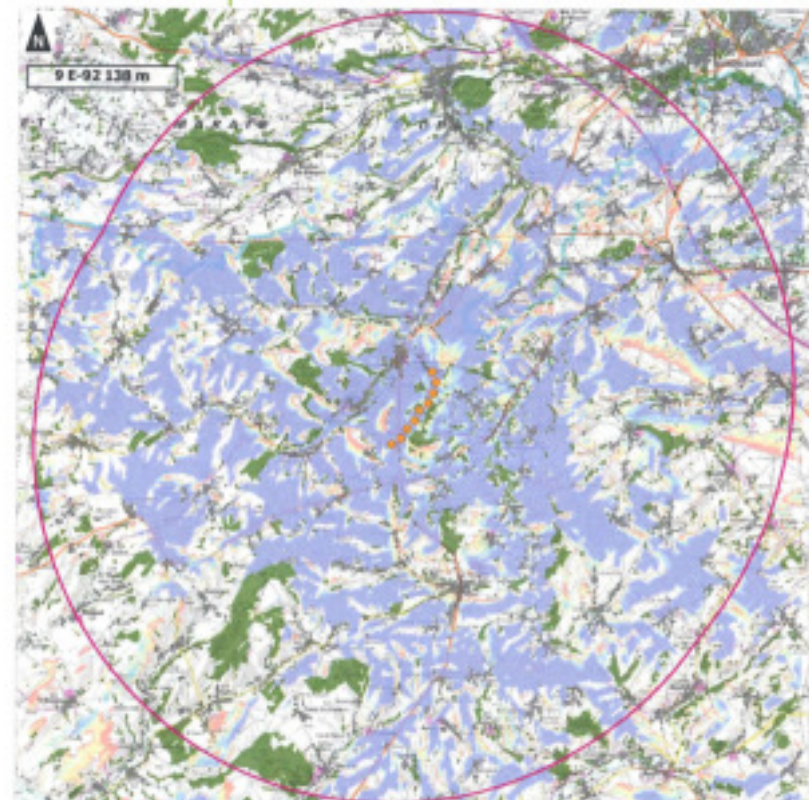
Photographie 28. Scénario pour la « Perception de proximité à 400 m de distance »



• Carte des zones d'influences visuelles pour la configuration 9 E-92 98 m et 138 m



**Zone Visuelle d'Influence**  
 Une machine est considérée visible  
 dès que l'on aperçoit sa nacelle



La comparaison de ces deux cartes met en évidence l'impact de l'augmentation de la hauteur du mât. La différence est plus particulièrement visible sur l'aplatissement de couleur bleu. Sur le périmètre des 15 km autour du projet, les statistiques de surfaces sont les suivantes :

Nb de nacelles visibles	Mât de 98 m		Mât de 138 m	
	Surface (ha)	%	Surface (ha)	%
1 à 2	3 036,00	3,72 %	2 761,71	3,39 %
3 à 4	3 506,56	4,30 %	3 103,29	3,81 %
5 à 6	3 245,79	3,98 %	2 973,03	3,65 %
7 à 8	4 002,29	4,91 %	3 559,32	4,37 %
9	20 103,10	24,66 %	26 298,71	32,26 %
<b>Total</b>	<b>33 893,74</b>	<b>41,57 %</b>	<b>38 696,06</b>	<b>47,48 %</b>

Tableau 25 - Caractéristiques selon les cartes de ZIV sur le site du Pas-de-Calais



D'après le tableau ci-dessus, une augmentation de la hauteur du mât de 40 m induit une augmentation de la visibilité de près de 6 %, soit 0,15 % par mètre d'élévation.

Cet effet est d'autant plus atténué que le nombre de machines est réduit.





Photographie 30. Parc éolien de Piélan le Grand en France (6 E-62 E1 98 m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaudrait.

114

Ref. 12030056\_V1  
Rapport final - Février 2013

## 2.10.2 APPLICATION AU SITE PILOTE

Le site pilote en Loire-Atlantique est situé dans la sous-unité paysagère du « Plateau bocager du sillon de Bretagne », elle-même rattachée à l'unité paysagère du « Bocage suspendu du sillon de Bretagne »<sup>11</sup>.



Figure 46. Bloc diagramme du site pilote et de son insertion dans le paysage

C'est un plateau bocager, légèrement incliné vers le nord-est où l'eau a sculpté de petits vallons fermés. Le maillage bocager s'étire ou se condense au gré de l'alternance des pâtures ou des cultures. Cette trame joue un rôle de filtre plus ou moins opaque donnant de la profondeur au paysage (on parle de paysage à coulisses).

Les bourgs, repérés par leur clocher, sont relativement espacés les uns des autres et l'habitat rural dispersé est tout aussi diffus. Cela donne parfois une impression de paysage peu habité.

Cette sous-unité est marquée par un repère paysager constitué du parc éolien de Campbon qui domine le bocage.

<sup>11</sup> Les éléments de cette page sont tirés de l'Atlas des paysages de Loire-Atlantique.  
<http://www.paysages.loire-atlantique.gouv.fr>



- Grand paysage à maillage bocager serré



Photographie 31. Scénarii pour le site pilote / - Grand paysage à maillage bocager serré -

*Contexte :*

Distance des éoliennes les plus proches : 3 km.

Paysage de plaine bocagère.

*Interprétation :*

C'est un paysage caractérisé avant tout par le réseau bocager qui offre une alternance de vues courtes et lointaines selon la densité et la hauteur des haies. Le relief étant plat, ce sont les masques végétaux qui filtrent les vues vers le parc éolien.

L'habitat étant dispersé, l'espace restant disponible pour le projet ne permet pas d'implanter un trop grand nombre d'éoliennes. Ainsi la question de la taille des machines devient un critère important afin d'optimiser le productible.

Les haies, souvent visibles sur le premier plan, dominent les installations qui apparaissent en perspective et sans disproportion dans les rapports d'échelle.

Dans cette configuration paysagère, on voit rarement le pied des éoliennes qui est masqué par la ligne d'horizon densément végétalisée. Sur le plan esthétique, les éoliennes installées sur des mâts de 135 et 138 m émergent nettement et présentent de fait une proportion intéressante et bien équilibrée.

Le relief plat évite les effets de surplomb et les structures végétales restent des marqueurs intéressants qu'il convient d'accompagner par des implantations qui sont en rapport avec cette linéarité.

L'éolien de grande hauteur apparaît bien adapté à cette configuration.



- Grand paysage à maillage bocager lâche



Photographie 32. Scénarii pour le site pilote / - Grand paysage à maillage bocager lâche -

Contexte :

Distance des éoliennes les plus proches : 2,3 km.

Paysage de plaine bocagère.

Interprétation :

Le parc éolien apparaît comme un nouveau point de repère dans la composition du paysage.

Sans élément marqueur (le tissu végétal apparaît régulier et accompagne sans interruption l'arrière-plan) la grande taille des machines offre une bonne intégration.

Depuis ce point de vue, ce paysage présente des similitudes avec le précédent. Seule la densité du maillage bocager varie et offre ainsi de plus larges ouvertures sur le projet.

Les haies qui étagent les plans successifs forment un horizon où le végétal est très présent. Les accompagnent, les boisements sans créer de déséquilibre dans les rapports d'échelle. Là encore, le pied des machines est dissimulé par les éléments de composition.

Ici, on ne voit pas ce qui pourrait contrarier l'installation de machines supérieures à 150 m. Quel que soit la hauteur du mât, les différentes configurations permettent une bonne lisibilité.

• Masques de végétation aux abords des riverains



Photographie 33. Scénario pour le site pilote / - Masques de végétation aux abords des riverains -

Contexte :

Distance des éoliennes les plus proches : 1,8 km.

Paysage de sortie du bourg à l'aspect fermé et aux vues guidées par la voie de circulation.

Interprétation :

Ce point de prise de vue illustre la perspective à proximité d'habitations et le rôle des masques de végétation en bordure de la route.

Il est illusoire de vouloir faire disparaître un parc éolien en « le réfugiant » derrière un linéaire de haies. Ce qui vaut pour un point de vue ne peut être généralisé d'autant que l'éolien de grande hauteur allonge nécessairement les perspectives liées aux vues lointaines.

Si les masques de végétation apportent un véritable argument en termes d'atténuation des impacts pour les riverains les plus proches, l'argument doit être nuancé pour les deux raisons suivantes :

- ils présentent également une certaine porosité lors de la saison hivernale ;
- et peuvent disparaître en cas d'arasement.

Plus généralement, il n'en demeure pas moins que les structures paysagères dotées de masques liés au relief ou à la végétation contribuent à atténuer les effets de la grande hauteur.

Ici également, l'éolien de grande hauteur apparaît bien adapté à cette configuration.

• Vue à proximité des habitations



Photographie 34. Scénario pour le site pilote / - Vue à proximité des habitations -

Contexte :

Distance des éoliennes les plus proches : 2,3 km.

Paysage bocager dense et boisé.

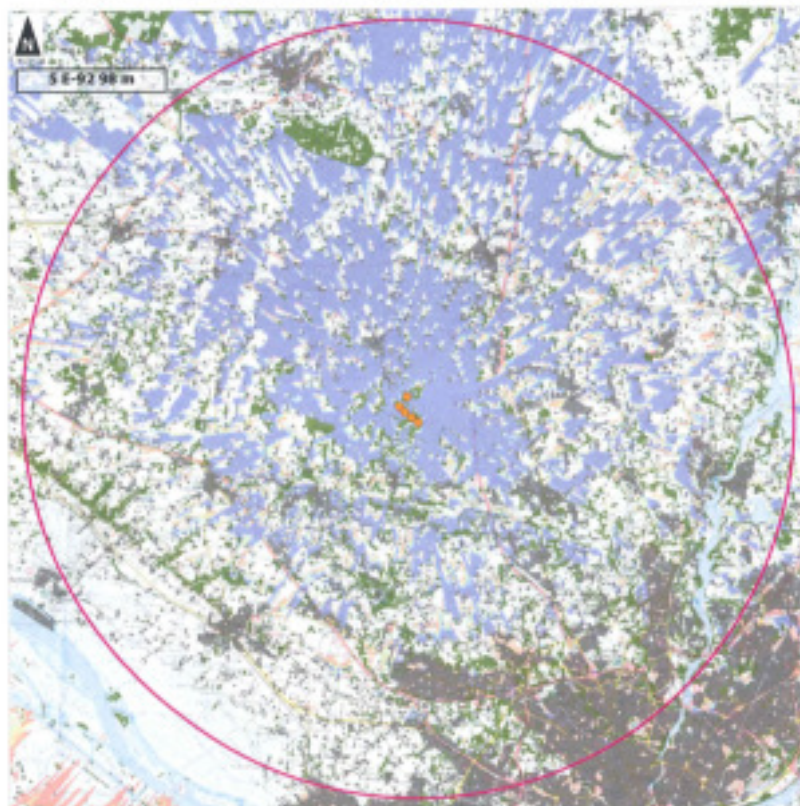
Interprétation :

Il s'agit ici d'une habitation isolée implantée dans un écran végétal. Avec l'effet de perspective lié à l'éloignement des éoliennes, le rapport d'échelle reste cohérent quel que soit la hauteur des machines.

Les éoliennes ne génèrent pas d'effet d'écrasement ni de surplomb. Ainsi, dans ce paysage dense, la plupart des points de vue occultent le parc éolien. Ce dernier sera visible par intermittence et depuis les champs visuels dégagés ou eux-mêmes en promontoire (cela peut être le cas des corridors routiers par exemple).



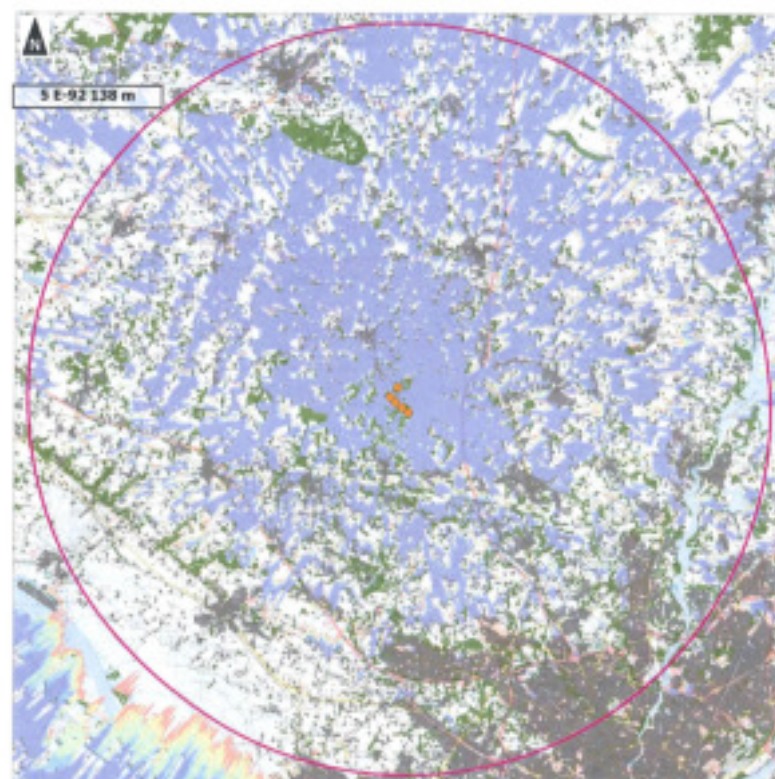
Carte des zones d'influences visuelles pour la configuration 9 E-92 98 m et 138 m



**Zone Visuelle d'Influence**  
 Une machine est considérée visible  
 dès que l'on aperçoit sa nacelle



- Parc éolien avec Enercon G92
- Périmètre de 15 km autour du parc
- Zones urbanisées
- Zones boisées
- Nombre de machines visibles :**
- 1 éolienne
- 2 éoliennes
- 3 éoliennes
- 4 éoliennes
- 5 éoliennes



La comparaison de ces deux cartes met en évidence l'impact de l'augmentation de la hauteur du mât. La différence est plus particulièrement visible sur l'aplât de couleur bleu.

Nb de nacelles visibles	Mât de 98 m		Mât de 138 m	
	Surface (ha)	%	Surface (ha)	%
1	1 425,24	1,91 %	1 230,52	1,65 %
2	1 583,86	2,12 %	1 307,47	1,75 %
3	1 925,32	2,58 %	1 670,88	2,24 %
4	2 055,26	2,75 %	1 866,64	2,50 %
5	18 639,15	24,97 %	24 693,39	33,08 %
<b>Total</b>	<b>25 628,83</b>	<b>34,33 %</b>	<b>30 768,90</b>	<b>41,22 %</b>

Tableau 26 - Caractéristiques selon les cartes de ZIV sur le site pilote



Les statistiques de surface sur le périmètre de 15 km autour du projet montrent qu'une augmentation de la hauteur du mât de 40 m induit une augmentation de la visibilité d'environ 7 %, soit 0,17 m par mètre d'élévation.

La réduction du nombre de machines permet d'atténuer cet effet.

### 2.10.3 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- Selon la typologie du paysage, le choix de l'éolien de grande hauteur est plus ou moins adapté. Le tableau suivant reprend les caractéristiques des paysages analysés dans ce document ainsi que les recommandations d'insertion.

Implantation dans le paysage	Éléments du paysage	Effets de l'éolien de grande hauteur	Recommandations	Conclusion
Grand paysage de plaine agricole.	Longues perspectives. Peu d'éléments de repère. Paysage homogène.	Apport de verticalité par les éoliennes. Création du mitage.	Réduction du nombre de machines n'entraînant pas une diminution du mitage.	
Paysage de frange urbaine.	Présence de zones d'activités et de structures verticales (éclairage public, antenne, halle, ...).	Effet de verticalité augmenté. Effet de perspective avec le parc éloigné. Intercalation des machines avec les éléments verticaux.	Réflexion de l'implantation avec ces éléments (verticalité, jeux de perspectives, ...).	
Paysage de plaine bocagère.	Relief plat. Haies et boisements bien présents. Alternances de vues.	Proportion intéressante et équilibrée grâce à la végétation manquant une partie du mât.	Implantation en rapport avec la linéarité des haies. Bonne lecture du parc.	
Paysage avec des repères végétaux.	Présence d'axes structurants (végétation, ligne de relief, ...)	Bonne intégration dans le paysage si respect des axes structurants.	Appui sur ces structures.	
Paysage en cœur de bourg et patrimoine.	Structures bâties de types différents. Présence de végétation ponctuelle.	Possibilité de covisibilité et de sensibilité augmentée. Présence accentuée du parc.	Choix des machines et de l'implantation pour éviter ces sensibilités.	
Paysage vallonné.	Ondulations plus ou moins marquées créant des points de repères. Découverte du parcellaire agricole possible.	Renforcement de la forme du relief.	Implantation en grappe plutôt qu'en ligne.	
Sommet d'un coléau.	Abords de vallée. Perception du paysage importante. Paysage délicat pour l'éolien.	Effet d'écrasement. Rapport d'échelle perturbé. Faible capacité d'accueil.	Éloignement de la vallée et taille réduite des machines.	
Hauteurs d'un village.	Aménagement en hauteur de relief. Bocage potentiel.	Effet d'écrasement. Confrontation avec les composants du paysage.	Éviter les effets de surplomb.	

Tableau 27 - Éléments à retenir pour le paysage

- En dehors de quelques grands principes (éloignement des vallées et des habitations, ...), il n'existe toutefois pas de solutions généralisables. Les études sont à mener au cas par cas en intégrant tous les paramètres du développement éolien.





Photographie 35. Parc éolien de Gättendorf en Allemagne (5 E-82 138 m)

© Copyright EMERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévalait.

128

Ref. 1202006\_V1  
Rapport final - Février 2013



## 2.11 JUSTIFIER POUR UNE MEILLEURE ACCEPTABILITE

En matière d'éolien, comme pour tout autre projet en matière de filière énergétique, le choix d'un parti d'implantation relève d'un consensus entre les contraintes et les opportunités d'un territoire :

- Potentiel éolien et espace disponible ;
- Conditions de raccordement et servitudes techniques ;
- Respect du paysage, du patrimoine et de la biodiversité ;
- Aspects psychologiques et références culturelles ;
- ...

Il pourrait apparaître délicat de développer une réflexion sur l'acceptabilité de l'éolien de grande hauteur alors qu'il n'y a pas encore de machines de cette dimension installées sur le territoire français. L'acceptabilité vise, après une phase d'explication et d'appropriation, à ce que les tenants et aboutissants d'un projet soient compris puis intégrés. En la matière, la perception est variable suivant les acteurs concernés, c'est pourquoi certaines approches doivent être adaptées.

Aussi nous allons nous appuyer sur les éléments disponibles et nous projeter sur le sujet des éoliennes dites de grande hauteur. Il convient principalement de retenir que l'acceptabilité va de pair avec la nécessité de donner un sens aux installations de production d'électricité renouvelables.

### 2.11.1 MISE EN PERSPECTIVE DES PROJETS AVEC LES OBJECTIFS EUROPEENS

La première démarche consiste à replacer un projet dans le cadre de la contribution des énergies renouvelables à la production d'énergie pour l'horizon 2020 :

- *Objectif européen* : 20 % d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation énergétique totale ;
- *Objectif français* : 23 % ;
- *Objectifs locaux déclinés dans les Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) et leur volet éolien* : les Schémas Régionaux Eoliens (SRE).

Ces objectifs seront atteints à la condition que les 27 états membres appliquent leurs plans d'action en faveur des énergies renouvelables et améliorent les outils de financement. La Commission européenne a estimé qu'en 2010, la plupart des états membres et l'Union européenne ne sont pas parvenus à atteindre les objectifs, notamment dans le secteur de l'électricité et des transports. En France, la part d'électricité produite à partir d'une source renouvelable s'élevait à 15,4 % de la consommation énergétique totale, alors que l'objectif était fixé à 21 %.



Objectifs de puissance à installer par région d'ici 2020 (source : FEE)

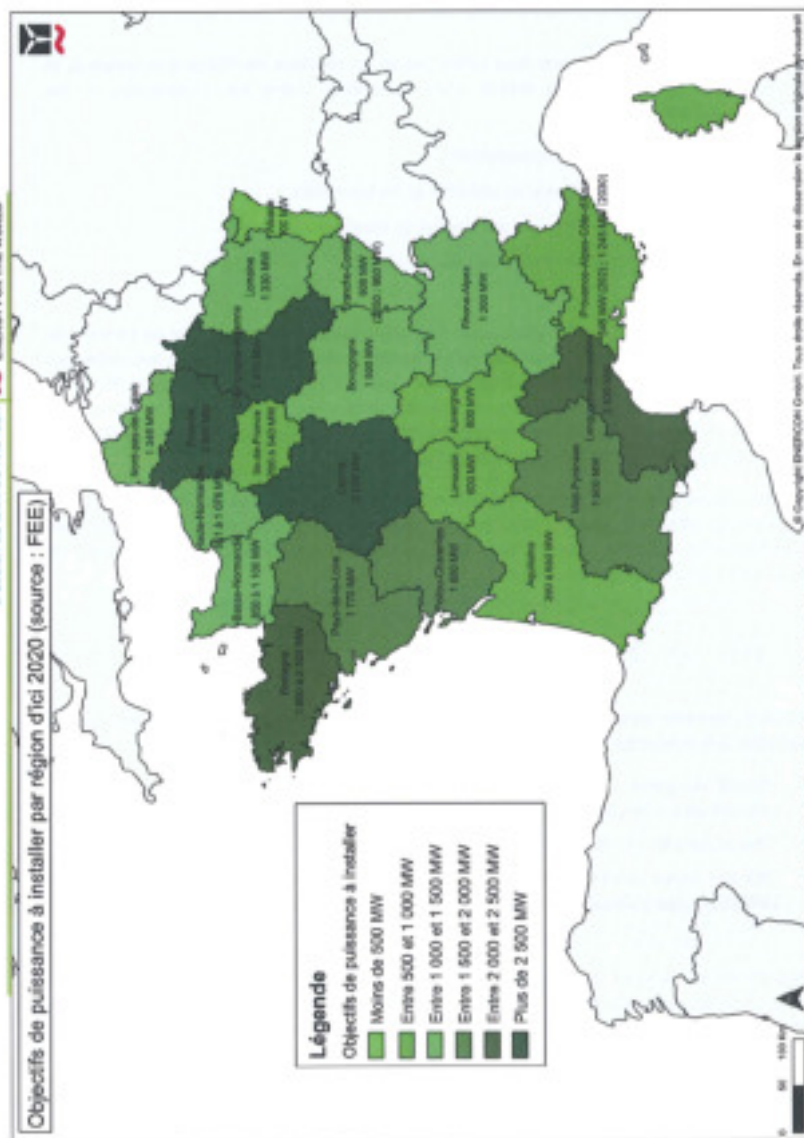


Figure 47. Objectifs de puissance à installer par région d'ici 2020 (Source : FEE)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévalra.

Ref. 1203056\_V1  
Rapport final - Février 2013

130

Dans ce contexte, l'éolien de grande hauteur est une solution sérieuse pour contribuer à atteindre l'objectif en 2020, d'autant que le plan élaboré par la France prévoit de le dépasser.

Pour les développeurs : améliorer la justification technique des projets

La seconde entrée consiste à présenter localement toutes les justifications qui conduisent à retenir tel ou tel scénario en mettant en évidence les avantages et les inconvénients de chacun d'eux. A ce stade, tous les effets d'aubaine doivent impérativement être évités. La démarche de développement vise à adapter le projet aux sensibilités mises en exergue par les interlocuteurs locaux avec lesquels les développeurs sont en contact.

- C'est seulement après avoir écarté les contraintes techniques rédhibitoires que les projets pourront être développés avec des machines de grandes tailles ou de grandes puissances ;
- Ensuite viendra l'argument de l'amélioration du productible permettant d'augmenter l'efficacité des parcs à la condition d'élever la taille des mâts et/ou la dimension du rotor.

Enfin, il conviendra de démontrer la bonne intégration d'éoliennes de grande hauteur dans le paysage tout en évitant également les impacts sur la biodiversité. Le choix des sites d'implantation et la bonne adaptation des machines demeurent un sujet central.

Ainsi, on constate que dans les dossiers de demandes d'autorisation d'exploiter (régislation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement - ICPE) les scénarios d'implantation étudiés par les développeurs s'appuient le plus souvent sur les thèmes du paysage et de l'écologie. Sans les remettre en question, **l'éolien de grande hauteur réclame d'améliorer la présentation de l'étude du productible selon différentes hauteurs de machines. En effet, il s'agit d'éléments de nature à faire comprendre tout l'intérêt d'un mât plus élevé.**

L'éolien de grande hauteur est principalement une réponse technique pour les sites peu ventés. Il introduit cependant un impact supplémentaire par le fait que les machines soient visibles de plus loin et par un plus grand nombre de personnes. En réponse à cela, il convient de travailler sur l'adhésion des riverains concernés par le renforcement d'une présence active et pédagogique des développeurs sur les territoires, afin d'expliquer clairement les choix effectués. En toute chose, ce qui est compris est mieux accepté.

Dans le choix des sites<sup>12</sup> d'implantation, le critère de l'éloignement des habitations est l'une des premières données de terrain prise en compte par les développeurs car elle détermine pour partie la place disponible. Elle revêt trois aspects :

- Le premier est dépendant de la réglementation relative aux ICPE qui fixe une distance minimale de 500 m entre un bâtiment à usage d'habitation et une éolienne ;
- Le second est associé à la réglementation relative aux nuisances sonores (voir le chapitre dédié à ce sujet) qui contribue également à déterminer une distance d'éloignement des habitations afin de respecter les seuils d'émergences réglementaires ;

<sup>12</sup> En l'absence de contraintes techniques qui limiteraient la hauteur des machines.

- Le troisième est un critère psychologique, comportant nécessairement une large part de subjectivité. Il se résume au fait de cohabiter quotidiennement avec un parc éolien installé à proximité du domicile des riverains. On parle ici des habitants situés dans la couronne la plus proche des parcs éoliens. Il s'agit d'un nombre restreint de personnes mais parmi les plus exposées en raison de la proximité géographique.



**En termes d'acceptabilité, les développeurs sont invités à considérer un éloignement des habitations allant au-delà des exigences réglementaires. Certes l'optimisation de l'espace disponible est un critère de rentabilité mais dans le cas de l'éolien de grande hauteur (notamment pour l'éolienne E-126<sup>11</sup>) plus cet éloignement sera significatif et plus il sera perçu comme un facteur d'acceptabilité pour les riverains de la frange la plus proche.**

De ce point de vue, et en tant que développeur, le témoignage d'une société de développement éolien est intéressant. En effet, pour un projet situé dans la région Champagne-Ardenne, l'installation d'un certain nombre d'éoliennes de grande hauteur est envisagée. Le parti retenu a été de positionner les éoliennes à une distance minimale de 1 000 m des habitations et des zones à urbaniser. Il s'agissait d'une disposition importante pour les riverains qui par ailleurs permet également de s'affranchir des contraintes liées aux nuisances sonores.

Cette société précise encore que le choix du site a été déterminant. Pour un projet de cette envergure, c'est un vaste espace de plaine agricole qui permet de mener un tel développement. Sur le plan paysager une bonne intégration des machines est reconnu dans ce type de paysage ouvert et homogène. Par ailleurs, c'est le nombre des machines à installer et la régularité de l'implantation qui ont guidé les réflexions en matière de paysage ; non la hauteur des machines.

Les paysages qui offrent une grande régularité, évitent les rapports d'échelle disproportionnés et les situations d'écrasement par l'effet de la hauteur apparaissent propices à l'éolien de grande hauteur. Ainsi jusqu'à maintenant, les grands massifs forestiers sont peu concernés par le développement éolien. Ils peuvent cependant présenter un espace disponible significatif sous couvert qu'ils ne soient pas inscrits en zone défavorable des Schéma régionaux éoliens (SRE).

Les sensibilités présentées par les espaces forestiers :

- Sensibilité écologique ;
- Préservation des paysages forestiers en tant qu'espaces de respiration non associés au développement de l'éolien.
- Possibilités d'avis défavorables de certaines DREAL.

Les avantages :

- Espace potentiellement disponible ;
- Eloignement significatif des habitations ;
- Protection des riverains les plus proches grâce aux masques constitués par la végétation et le relief.

<sup>11</sup> E-126 : modèle d'éolienne terrestre ENERCON, actuellement le plus puissant au monde. Sa puissance unitaire est de 7,5 MW.



## FOCUS SUR L'ÉOLIEN EN FORÊT



Photographie 36. Parc éolien de Kirchberg en Allemagne (8 E-82 E2 138 m)

Suivant l'engagement de l'État, la poursuite du développement éolien en France métropolitaine nécessite l'équipement de nouveaux sites, qu'ils soient traditionnellement localisés dans de grandes plaines agricoles ou dans de nouveaux espaces jusque-là non investigués de manière prioritaire : les milieux forestiers.

Sur le plan environnemental, le sujet présente des enjeux forts et demande à être abordé sous l'angle de la préservation de la biodiversité. C'est pourquoi les impacts doivent être étudiés avec soin de manière à les limiter.

Nous présentons ici quelques grands principes qu'il convient de retenir dans l'objectif de mettre en œuvre des actions proportionnées et adaptées de la part des développeurs. Il est notamment fait référence à la note technique<sup>14</sup> de l'ONF sur la biodiversité et les parcs éoliens en forêt.

- Après un recul critique au XIX<sup>ème</sup> siècle (75 000 km<sup>2</sup> – soit 13,6 % du territoire), la surface des forêts françaises est actuellement en hausse (155 000 km<sup>2</sup> – soit 28 % du territoire) avec une extension moyenne de 50 000 ha/an<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Note technique pour la prise en compte de la biodiversité dans les projets de parc éoliens en forêt, Laurent TILLON, ONF, Direction de l'Environnement et du Développement Durable, Département Biodiversité, 18p, 2008.

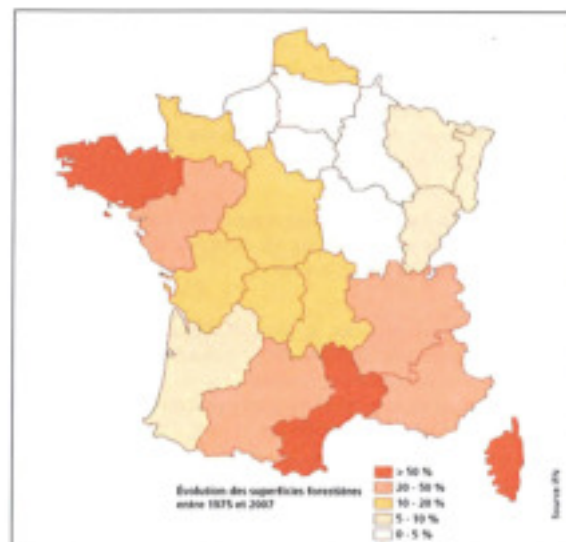


Figure 48. Evolution des superficies forestières entre 1975 et 2007 (Source : IFN)

Nota : Cette carte est à mettre en relation avec la Figure 47 qui présente les objectifs de puissance à installer d'ici 2020.

- La forêt est un milieu de grand intérêt pour les espèces animales forestières et les espèces des autres milieux qui y trouvent également refuge, notamment en raison de la transformation de l'occupation du sol au XX<sup>ème</sup> siècle (urbanisation, développement industriel, aménagement du territoire).
- Parmi la faune volante, ce sont les oiseaux et les chiroptères qui sont les plus sensibles à la présence d'éoliennes (cf. chapitre dédié à l'écologie au 2.9) et ceci surtout la nuit. Notamment les rapaces qui fréquentent le dessus de la canopée et utilisent de grands territoires pour chasser. Ces populations sont les plus touchées si les parcs éoliens sont installés dans des milieux qui leur sont favorables. Il convient de retenir que les milieux forestiers en font largement partie.
- Pour ce qui concerne les chiroptères, les forêts présentent des niveaux d'attractivité variables : depuis les peupleraies et les pinèdes, peu intéressantes, aux chênaies atlantiques naturelles qui sont, quant à elles, très accueillantes pour la plupart des espèces.

<sup>15</sup> [http://www.onf.fr/gestion\\_durable/sonnaire/milieu\\_vivant/patrimoine/forêts\\_francaises/20071001-133331-258050/@@index.html](http://www.onf.fr/gestion_durable/sonnaire/milieu_vivant/patrimoine/forêts_francaises/20071001-133331-258050/@@index.html)





- L'étude américaine d'Arnett, Inkle et al.<sup>16</sup> constate que les éoliennes situées en forêt ont un impact sur l'avifaune plus important que celles situées dans n'importe quel autre milieu.

Il n'en demeure pas moins que l'éolien en forêt, avec ses spécificités et ses sensibilités particulières, est un domaine observé activement par les acteurs de la filière.

Dans la mesure où les questions paysagères et naturalistes sont gérées prioritairement avec la mise en œuvre de mesures d'évitement, de sauvegarde et de protection, le sujet présente également des caractéristiques diverses à apprécier au cas par cas :

- Les milieux forestiers présentent une forte rugosité (cf. Tableau 3 - ) et des turbulences qui génèrent des contraintes mécaniques sur les machines. Ceci implique de mettre en œuvre préférentiellement l'éolien de grande hauteur.
- Les machines n'étant pas pourvues de dispositif d'extinction incendie et les pompiers ne pouvant pas atteindre la zone de la nacelle, la protection anti-incendie vise à sécuriser les alentours pour éviter la propagation. La probabilité qu'un incendie se déclenche est cependant très faible ; au point que le sujet n'est d'ailleurs pas abordé dans les études des dangers des dossiers de demande d'autorisation d'exploiter.
- Une installation dans ce type de milieu peut réclamer des opérations de défrichage et d'ouverture des chemins d'accès, notamment pour la plateforme de montage.
- Des revenus pour les propriétaires forestiers sensiblement plus élevés que ceux issus d'une gestion forestière classique. Une partie de ces revenus pouvant être utilisée pour la mise au point de programmes de gestion innovants ou faisant place à la recherche et développement.
- Le défrichage et donc la création d'une zone ouverte peut générer un risque de chablis<sup>17</sup> qu'il convient de maîtriser. Ce thème peut nécessiter une étude spécifique.

Sur ces sujets, le lecteur pourra se reporter à l'étude allemande<sup>18</sup> sur les éoliennes en milieu forestier réalisée par le Bureau de coordination énergies renouvelables.

*En Allemagne, selon les usages et régimes réglementaires du pays, la pratique était d'autoriser la construction d'éoliennes en milieu forestier de façon très limitée. Suite à l'accident nucléaire survenu au Japon en 2011, les instances allemandes ont reconsidéré la réglementation pour augmenter les autorisations de construction dans les milieux forestiers.*

#### Les solutions mises en œuvre par ENERCON :

<sup>16</sup> Arnett, E. B., D. B. Inkle, et al. (2007). *Impacts of wind energy facilities on wildlife and wildlife habitat*. T. R. 07-2. Bethesda, Maryland, USA, The Wildlife Society: 49p.

<sup>17</sup> Chablis : déracinement d'un arbre sous l'effet des agents naturels et météorologiques.

<sup>18</sup> Les éoliennes en milieu forestier (Titre de l'original allemand : *Windräder im Wald*), notice 367 de la Société Allemande d'Agriculture (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, DLG), 36 p, novembre 2011.

Sur les sites où la place disponible et les conditions d'accès sont des contraintes fortes (milieux forestiers, secteurs montagnards), ENERCON propose une technique de mise en œuvre adaptée :

- Il s'agit du montage pale par pale qui nécessite une emprise au sol plus réduite que l'assemblage du rotor au sol où une surface plus grande que le diamètre du rotor est requise ;
- Le moyeu seul est monté sur le mât, même par vent plus forts, car sans les pales la surface de résistance au vent est moindre ;
- La grue utilisée peut être moins grande que celle nécessaire à l'assemblage d'un rotor au sol ;
- Les pales sont ensuite montées sur le moyeu en position horizontale, suspendues à un câble de grue et guidées à leurs extrémités par un treuil depuis le sol.



La pale est guidée vers le moyeu...

...mise en position horizontale dans l'adaptateur de pale...



...insérée dans la nacelle...

...et montée...

Figure 49. Illustration d'un montage pale par pale

ENERCON a mis en œuvre cette technique sur plus de 300 montages et les projets concernés sont en hausse sur le plan international. Lorsque les conditions climatiques le permettent, l'assemblage complet du rotor peut être réalisé en une journée, tout comme le montage au sol.

## 2.11.2 DONNEES DE L'ENQUETE SUR L'ACCEPTABILITE SOCIALE DES EOLIENNES

En 2005, une étude<sup>19</sup> intitulée « Evaluation de certains effets externes produits par les installations éoliennes » a été menée auprès de riverains de quatre sites éoliens. Alors que les effets négatifs sont le plus souvent évoqués, l'étude montre au contraire une grande acceptabilité des éoliennes.

L'étude est réalisée en application d'une méthodologie statistique scientifique. Il s'agit d'un « type d'évaluation économique » destiné à « compléter l'analyse qualitative ou sociologique de l'acceptabilité sociale des éoliennes. L'idée est d'inciter les enquêtés à révéler leurs préférences sur les éoliennes et à exprimer ces préférences en terme monétaire ».

La méthode des « expériences de choix » permettant de mettre en évidence les préférences des riverains en matière de sites éoliens a été menée sur les deux parcs éoliens suivants :

Site d'implantation	Nombre de machines	Puissance unitaire	Hauteur totale	Situation
Corbières-Souleilla (11)	16	1,3 MW	80 m	Colline
Bouin (85)	8	2,4 MW	102 m	Bord de côte - Poldier

Tableau 28 - Présentation des sites de l'étude sur l'acceptabilité sociale des éoliennes

Elle intègre la préférence des riverains au regard de critères caractéristiques d'un parc éolien :

- Le nombre d'éoliennes ;
- Leur hauteur (80, 100 et 120 m en bout de pale) ;
- Leur localisation ;
- La distance à laquelle elles se trouvent du domicile de l'enquêté.

### Résultat<sup>20</sup> :

« La localisation des éoliennes en crête (colline) est préférée à une localisation en plaine sur les deux sites. Sur le site de Bouin, la localisation en bord de côte est elle aussi préférée à une localisation en plaine. Les enquêtés pourraient être influencés par leur expérience des éoliennes puisque le site de Souleilla est situé sur une colline et le site de Bouin en bord de côte.

**De plus, la préférence pour une relative concentration des parcs éoliens diffère selon les sites. Sur le site de Bouin, les enquêtés préfèrent un parc rassemblant 20 ou 30 éoliennes plutôt qu'un parc de 10 éoliennes, et préfèrent des hauteurs de 100 ou 120 mètres plutôt que des hauteurs de 80 mètres (rappelons que le site de Bouin est composé de 8 éoliennes d'une hauteur de 100 mètres). Sur le site de Souleilla, les enquêtés apprécient moins les « gros » parcs éoliens composés de 30 éoliennes d'une hauteur de 120 mètres.**

<sup>19</sup> L'acceptabilité sociale des éoliennes : des riverains prêts à payer pour conserver leurs éoliennes. Enquête sur quatre sites éoliens français. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie et du Développement durable. Commissariat Général au Développement Durable et de l'aménagement du territoire. Etudes et documents, n°5, juin 2009.

<sup>20</sup> Extrait tiré de la page 46 du rapport.

En revanche, ils sont indifférents à un parc composé de 10 ou 20 éoliennes d'une hauteur de 80 ou 100 mètres (le site de Souleilla est composé de 16 éoliennes d'une hauteur totale de 80 mètres).

Un autre résultat n'allant pas dans le sens des idées reçues concerne la distance entre les éoliennes et le domicile des enquêtés. Si à proximité de Bouin, les enquêtés montrent une préférence pour le site le plus éloigné de chez eux, près de Souleilla, les enquêtés se montrent indifférents à ce critère. »

En enquêtant auprès des riverains du parc éolien de Fruges dans le Pas-de-Calais (62), l'un des secteurs parmi les plus densément équipés en France métropolitaine, nous avons recueilli différents témoignages qui permettent d'illustrer quelles sont les préoccupations le plus souvent exprimées.

L'image du développement éolien passe par l'utilité qui lui est attachée et revient pour les riverains à ce qu'ils en entendent et à ce qu'ils en voient. C'est pourquoi les riverains d'un projet sont à la fois sensibles et attentifs à ces deux sujets. Cela revient au fait que les machines attirent l'attention parce qu'il s'agit d'objets mobiles et de taille plus grande que tout autre construction que l'on voit habituellement dans les paysages traditionnels contemporains (en dehors de certaines tours hertziennes TDF, comparativement en nombre plus restreint). En cela, la taille des machines pourrait s'avérer être un critère de perception ; hors il semble que cela ne soit pas le cas. **Pour les riverains, le plus souvent, la préoccupation n'est pas celle de la hauteur.**

Rappelons que la perception de l'éolien est une affaire personnelle, liée à la culture et à la sensibilité des observateurs. Chacun s'exprime et réagit sur le sujet d'abord avec ses propres références et selon l'attachement accordé aux sites aménagés ou en perspective d'aménagement pour ceux en cours de développement.

Un riverain s'exprimera en premier lieu sur les points suivants (par ordre de priorité décroissant) :

- « J'entends quand je suis sous le vent dominant » : **cette restitution est le reflet de l'une des principales préoccupations exprimées. Elle incombe plus au parc éolien lui-même qu'à la hauteur de l'installation ;**
- « Je vois » ou « Je ne vois pas les éoliennes depuis chez moi » : **là encore c'est la présence du parc éolien qui est perçue et non le critère de la hauteur.** Attention ici à la nuance car on ne peut omettre que l'augmentation de la taille génère de nouvelles vues ;
- « C'est beau » ou « ce n'est pas beau » : **même analyse.**

La production d'électricité d'origine éolienne, en substitution aux énergies fossiles traditionnelles peut être évoquée spontanément en association avec les impacts spécifiques de ces installations : une inquiétude liée à la pollution visuelle avec la crainte de l'altération des paysages et une inquiétude de l'impact sonore. **C'est le nombre des éoliennes (secteur de Fruges) qui peut être perçue comme un impact négatif alors que la hauteur semble être nettement moins gênante.** Sur les impacts paysagers et sonores, le phénomène d'accoutumance est exprimé à posteriori avec parfois quelques réserves sur l'évolution des paysages sur le plan du tourisme (altération de la valorisation de l'argument paysager dans le cadre de l'économie liée au tourisme).



On relève également les éléments suivants :

- Une plus grande tolérance pour les éoliennes que pour les lignes électriques à haute tension ;
- Une habitude de leur présence au fil des années ;
- Une habitude avec la confrontation des autres éléments du patrimoine local (bâti, monuments et histoire locale, ...).

L'éclairage nocturne est aussi abordé comme une gêne significative, avec une meilleure tolérance pour les flashes rouges, perçus comme étant moins impactant que les flashes blancs.

Les riverains évoquent les pistes d'accès qui permettent d'être utilisées comme des chemins de randonnée et de pratique du VTT. Cela exprime positivement la volonté et l'intérêt de valoriser ces installations connexes.

Si l'on demande de hiérarchiser les nuisances (nombre d'éoliennes, bruit, couleur, hauteur, disposition, distance des habitations), les critères qui reviennent en premier lieu sont généralement :

- Le bruit (qu'il soit gênant ou non) ;
- La distance aux habitations (y compris le positionnement par rapport aux vents dominants) ;  
« 500 m c'est court – il faudrait au moins 1 km »
- Le nombre d'éoliennes.

Les autres paramètres sont évoqués dans un ordre aléatoire et apparaissent minimes. Concernant la hauteur, les personnes interrogées s'expriment de la façon suivante : « que ce soit plus ou moins haut, on ne voit plus la différence », « il vaut mieux qu'elles soient le plus efficaces possibles », « en plaine si les machines sont hautes on ne verra pas la différence ». De plus, l'argument de « moins de machines mais plus hautes et plus puissantes » semble trouver écho à la condition que les nuisances sonores soient maîtrisées ainsi que les conditions d'intégration dans le paysage local. Ainsi les grandes plaines agricoles semblent propices pour accueillir les projets de parcs éoliens et les éléments de masque (relief, boisements) sont importants pour minimiser les vues depuis les zones d'habitation.

La préservation des espaces naturels, pour les riverains, n'est généralement pas abordée de manière spontanée et ce sont souvent les observations de gibier qui sont citées à ce propos.

La mise en œuvre du parc éolien dans la Communauté de communes du secteur de Fruges et ses villages a aussi amené des retombées économiques intéressantes pour l'aménagement du territoire (maison de la santé, maison de la solidarité, maison de la petite enfance, amélioration du cadre de vie avec des opérations de requalifications des villages). L'éolien est vu comme une manière de valoriser les territoires avec peu d'industries.

### 2.11.3 AVIS DES SERVICES ADMINISTRATIFS ET SERVICES INSTRUCTEURS DE L'ÉTAT (DREAL)

Pour les personnes intéressées aux questions techniques et à la réglementation, les critères faisant référence ne seront pas les mêmes que pour des riverains, ni l'analyse faite des parcs dans leur environnement.

Pour les représentants des DREAL, l'éolien de grande hauteur est d'abord vu au travers des impacts supplémentaires que ces modèles d'éoliennes sont susceptibles de générer. L'élément d'entrée étant la taille, son augmentation a pour conséquence d'augmenter les impacts qui s'y rapportent : design, paysage, écologie, bruit. Les sujets évoqués seront présentés en termes plus techniques :

- « Insertion dans le territoire » ;
- « Rapports d'échelles » ;
- « Références à des marqueurs locaux » ;
- « Co-visibilités avec des édifices patrimoniaux » ;
- « Masques issus du relief – de la végétation – du bâti ».

Les échanges sont aussi l'occasion de faire de la pédagogie sur les caractéristiques constructives et d'apporter des éléments de justification sur le choix de matériaux employés pour la construction des mâts. Les éléments sur l'aspect extérieur de la construction, son équilibre général, l'aspect massif ou non de certains mâts s'avèrent toujours être des éléments d'appréciation de la qualité de l'implantation réalisée.

A l'écoute des témoignages recueillis, l'acceptation de l'éolien de grande hauteur par les services de l'Etat passe par la mesure des impacts sur les milieux naturels et les données d'une bonne justification de l'intégration paysagère. Suivant cette dernière idée, certains paysages semblent plus propices que d'autres, notamment les grandes plaines agricoles qui préservent des effets d'écrasement (cf. Tableau 27 - ).

On note par ailleurs qu'il n'est pas toujours aisé de présenter et de faire accepter tous les éléments de justification qui accompagnent un projet. Ainsi dès lors qu'un service de l'Etat est compétent pour apprécier un impact dans un domaine bien particulier, les avantages générés en d'autres domaines ne seront pas toujours suffisants pour le compenser.

Autrement dit, une amélioration significative du productible ne permettra pas de justifier un impact paysager défavorable.

**Dans l'appréciation de ces incidences visuels, l'éolien de grande hauteur devient ici un critère majeur car il est susceptible de générer un impact supplémentaire. C'est en fonction de son intensité qu'il y aura ou non acceptation.**



#### 2.11.4 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

L'acceptabilité de l'éolien de grande hauteur passe par :

- Un travail de justification technique et pédagogique pour expliquer tout l'intérêt que l'augmentation de la hauteur génère sur le productible ;
- Un temps d'acceptation de ces nouveaux objets pour lesquels il n'existe actuellement aucune référence en France métropolitaine ;
- La prise en compte des sujets présentés de manière récurrente comme des sources de gênes importantes pour les riverains. Il s'agit des nuisances sonores et des distances d'éloignement avec les bâtiments à usage d'habitation. Sur ce dernier point, les développeurs sont invités à faire de ce critère un argument de poids et à aller au-delà de ce que la réglementation actuelle impose. Par ailleurs, il s'agit d'une solution efficace pour atténuer les effets du bruit ;
- Un choix très strict sur les sites d'implantation de manière à favoriser une bonne intégration paysagère. D'une manière générale, les grands paysages constitués de plaines agricoles ouvertes apparaissent les plus compatibles avec les éoliennes de grande hauteur. À l'inverse, les paysages complexes, intimistes, emblématiques où disposant d'éléments protégés au titre du patrimoine architectural créent des incompatibilités fortes voire complètement réchibitoires ;
- Également un choix très strict sur les sites d'implantation de manière à éviter les impacts négatifs sur la faune. Pour cela les études avifaunistiques et chiroptérologiques doivent être menées en mettant en œuvre des méthodologies qui permettent d'apprécier au mieux les données de l'état initial ;
- Les conditions de la réglementation restent celles en vigueur au moment de la phase de développement des projets. En la matière ce sont les projets qui doivent s'adapter aux contraintes locales et non l'inverse. Cela est particulièrement vrai pour l'ensemble des contraintes liées à l'aviation civile et militaire.



Photographie 37. - Parcs éolien d'Estinnes en Belgique (11 E-126 135 m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.

## 2.12 APPROCHE DIFFERENCIEE

Cette partie présente en synthèse les éléments qui apparaissent les plus importants par catégorie d'acteurs.

### 2.12.1 RIVERAINS DES PARCS EOLIENS

Interpellés sur l'éolien de grande hauteur, les riverains s'expriment rapidement sur les sujets de l'éolien en général et non pas sur la hauteur des machines. Les points les plus souvent évoqués sont (par ordre d'importance décroissante) :

- *Le bruit qui est un sujet récurrent. Il est présenté comme une gêne pouvant être significative, avec des perceptions exprimées de manière assez fine sur la propagation du son et les variations ressenties selon la direction des vents dominants ;*
- *L'éloignement des habitations, principalement en lien avec les nuisances sonores. Cependant l'éloignement n'est pas couplé à la dimension des machines ;*
- *Le revenu financier pour la collectivité et les possibilités d'équipements et d'aménagements dont tout le monde peut profiter ;*
- *L'esthétique et la présence dans le paysage quotidien des riverains.*  
 Sans faire référence aux outils d'intégration paysagère (lignes de forces, structuration, axes de perception...), les éléments de composition des parcs sont là encore appréciés avec détails :
  - « Pourquoi sont-elles implantées de cette manière ? »
  - « Je préfère quand elles sont installées en ligne. »
  - « Dans la plaine ça ne gêne pas. »
 Sur le même thème il est également souligné l'accoutumance ou l'habitude prise vis à vis des projets installés depuis quelques années.
- *Dans une moindre mesure les effets en matière d'écologie.*

La plupart des riverains évoquent des éléments de l'ordre du ressenti sans faire nécessairement référence à la réglementation, aux termes ou aux outils de langage des professionnels du sujet.

On note que le sens premier qui est la production d'électricité à partir d'une source renouvelable n'est guère évoqué spontanément.

Par ailleurs, il a été relevé une accoutumance des riverains au fil des années vis-à-vis des éoliennes situées à proximité des lieux de vie.

**Au terme des entretiens et de ce qui y a été exprimé ou non, il est finalement relevé qu'une éolienne de grande hauteur est avant tout une éolienne et que cela génère peu de questionnement en lien avec la taille en bout de pale.**

**Pour les riverains, c'est donc plus l'objet éolien lui-même qui est apprécié et moins sa dimension verticale. Cela sans jamais écarter les questions d'esthétique et de bonne implantation des machines entre elles.**

**Pour les populations riveraines de parcs existants nous avons constaté que la taille des machines n'était pas la préoccupation principale, ce qui ne fait pas de l'éolien de grande hauteur un sujet distinct de l'éolien en règle générale. Ici, notre conseil sera de ne pas faire d'approche différenciée envers les riverains.**



### 2.12.2 SERVICES INSTRUCTEURS DE L'ÉTAT

Les services instructeurs de l'Etat évaluent l'éolien de grande hauteur selon la réglementation en vigueur, les contraintes et les servitudes avec lesquelles composer un projet qui respecte l'ensemble des thématiques concernées.

Ainsi les différentes catégories de servitudes et de contraintes liées à la hauteur des installations viennent de fait limiter les possibilités d'implantation dans les zones qui en sont grevées.

C'est la contrainte de l'aviation militaire et civile qui est la plus significative avec l'impossibilité d'installer des machines qui percent les plafonds et les servitudes aériennes. Cependant il a été relevé auprès de la ZAD Nord que les pré-consultations qui leur parviennent depuis 2010 concernent de plus en plus souvent des projets de grande hauteur.

En matière de réglementation, et parce qu'ils génèrent des effets perçus comme importants, les sujets suivants seront étudiés avec soin par les services :

- Le bruit des modèles les plus puissants qui sont aussi les plus grands ;
- La distance des habitations à apprécier en fonction du bruit généré par l'installation. En fonction des situations de terrain, cela peut entraîner des distances d'implantation supérieures aux 500 m que la réglementation actuelle impose entre un bâtiment à caractère d'habitation et une éolienne ;  
 Cependant il a été montré dans l'étude que la hausse de la hauteur du rotor entraîne une faible augmentation de la propagation sonore.
- Pour ce qui concerne l'intégration paysagère, l'éolien de grande hauteur entraîne des perceptions plus lointaines ce qui peut créer des covisibilités avec des éléments de patrimoine qui n'existeraient pas avec des modèles de plus petite dimension.  
 En la matière, des démonstrations au cas par cas sont à mener avec l'adaptation des choix de machines pour éviter les impacts rédhibitoires. Un gain de productible sur un site peu venté ne pourra pas rendre acceptable une covisibilité inappropriée avec un élément du patrimoine protégé.

Ces trois sujets (bruit, éloignement des habitations et intégration paysagère) sont partagés avec les riverains comme trois priorités de l'éolien en général et de l'éolien de grande hauteur en particulier.

L'écologie apparaît comme une thématique où des incertitudes existent sur la question de l'impact générée par une augmentation de la hauteur des mâts.

Il convient de préciser que le sujet de l'éolien de grande hauteur est une évolution récente et que jusqu'à présent les services instructeurs n'y ont pas encore tous été confrontés. Ainsi il y a matière à communiquer pour informer et faire la meilleure pédagogie sur les réponses qu'apportent ces nouvelles machines.

Il s'agit d'un travail d'anticipation qui vise à présenter les évolutions technologiques d'aujourd'hui qui seront mises en œuvre demain sur de nouveaux sites ou pour rééquiper des sites déjà en exploitations (renouvellement de site, *repowering*).

**En matière réglementaire, l'éolien de grande hauteur devra montrer sa compatibilité avec les textes en vigueur lors du dépôt des dossiers de demande d'autorisation d'exploiter et demandes de permis de construire.**

**Il devra également tenir compte de la doctrine éviter / réduire / compenser (dite ERC), dans le bon ordre de cette séquence, avant d'en venir à des mesures compensatoires**





qui viseraient à compenser un impact évitable. En cela, la question de la taille des éoliennes est donc bien un sujet spécifique.

### 2.12.3 DÉVELOPPEURS

Les développeurs étudient toutes les possibilités de rentabiliser au mieux un site en cours de développement. En phase de développement d'un projet, les critères abordés successivement et par itération, sont les suivants (non exhaustif et dans un ordre de priorité variable selon les stratégies mises en œuvre) :

- La sécurisation foncière ;
- La place disponible (tenant compte d'une première approche des contraintes) ;
- La communication avec les élus locaux, les riverains ;
- Les pré-consultations menées auprès des services administratifs ;
- L'identification des contraintes rédhibitoires ;
- Le potentiel éolien ;
- Les choix de modèles de machines compatibles avec les caractéristiques du site ;
- ...

L'éolien est un travail qui nécessite un long temps de développement au cours duquel une relation est créée avec les riverains et les acteurs locaux. Ce temps permet de bien identifier les sujets particuliers à chaque site et d'apporter les meilleures réponses possibles, pourvu qu'elles soient acceptables sur le plan environnemental, technique et économique. **L'éolien de grande hauteur offre une perspective supplémentaire pour faire des choix techniques pertinents.**

La question de l'acceptabilité des projets passe par l'obtention, d'un consensus le plus large possible. Dans la filière, les sujets les plus délicats sont bien identifiés et évoqués par toutes les personnes interrogées lors du recueil des témoignages :

- Bruit ;
- Distance d'éloignement des habitations ;
- Bonne intégration paysagère ;
- Absence d'impacts négatifs sur les milieux naturels.

**Du point de vue des développeurs, l'éolien de grande hauteur, s'il apporte une réponse technique aux sites peux ventés, est également susceptible de déplacer les impacts avec l'apparition de nouvelles sensibilités. C'est pourquoi ces équipements ne peuvent être généralisés et ne seront implantés que dans des sites appropriés.**

### 2.12.4 ÉLUS LOCAUX

La mise en œuvre d'un parc éolien dans une Communauté de communes et ses villages est aussi susceptible de générer des retombées économiques intéressantes pour l'aménagement du territoire. Sur le secteur de Fruges, évoqué précédemment, de nombreuses actions ont été menées au profit du plus grand nombre : maison de la santé, maison de la solidarité, maison de la petite enfance, amélioration du cadre de vie avec des opérations de requalifications des villages.

L'activité économique peut être activée lors de la construction en faisant appel à des entreprises locales pour certains travaux (terrassements, centrales à béton). Par ailleurs les bases de maintenances sont également génératrices d'emploi.

Dans les territoires ruraux, peu industrialisés, les élus sont sensibles au développement économique. De ce point de vue, un projet éolien est un levier de valorisation tout à fait significatif.



## 2.13 CONCLUSION GENERALE

L'éolien terrestre de grande hauteur, c'est-à-dire supérieur à 150 m en bout de pale, est aujourd'hui une réalité technique chez le constructeur ENERCON et un sujet de développement à court et moyen terme pour certains des futurs projets à construire en France métropolitaine.

A l'heure où les sites les plus intéressants sont déjà équipés et où le gouvernement demeure engagé à produire d'ici 2020 une part de 23 % d'électricité d'origine renouvelable, son principal intérêt réside dans une amélioration du productible. Cette donnée étant soumise à une certaine variabilité, elle sera appréciée en fonction des conditions locales (pour les sites peu ventés, la seule amélioration du productible peut justifier de la réalisation d'un projet) et des choix de machines.

Cependant l'installation de ces équipements doit tenir compte des nombreuses composantes factuelles qui façonnent le territoire français d'une part, et de l'ensemble des acteurs concernés par ces projets (riverains, élus, services instructeurs de l'Etat et développeurs) d'autre part.

La dimension consensuelle qui accompagne les démarches préalables à la construction d'un parc, réclame de sélectionner avec le plus grand soin les sites les plus appropriés aux éoliennes de grande hauteur :

- L'absence de servitudes et de contraintes techniques rédhibitoires (notamment sur l'aviation et les radars) ;
- L'évitement des nuisances sonores pour les riverains les plus proches avec des distances d'éloignement des habitations significatives (de 500 à 1000 m) ;
- La recherche d'impacts minimum sur les milieux naturels (principalement sur les oiseaux et les chauves-souris) ;
- La construction de nouveaux paysages en capacité de les intégrer avec raison.

En adoptant un format pédagogique et technique, nous avons montré au travers de ce document quels sont les effets des machines de grande hauteur sur les principaux sujets relatifs au développement éolien. Notre objectif est ainsi de constituer un outil de référence permettant à tous les acteurs de la filière de mener une réflexion éclairée.

Pour que la filière de l'éolien terrestre poursuive son développement dans les meilleures conditions, retenons que l'éolien de grande hauteur sera pertinent aux conditions qu'il soit expliqué, qu'il respecte les sujets techniques et environnementaux les plus sensibles, et enfin qu'il soit largement accepté.

## CHAPITRE 3. ELEMENTS CONNEXES A L'EOLIEN DE GRANDE HAUTEUR : LE MAT BETON



Photographie 38.

Parc éolien d'Ambtenaar aux Pays-Bas (1 E-126 135 m)



Photographie 39.

Premier segment de mât sorti de l'usine de WEC Mâts Béton

### 3.1 INTERET TECHNOLOGIQUE DES MATS EN BETON

**Le mât béton est une technologie spécifiquement développée par la société ENERCON. Son objectif est de contribuer à l'amélioration de la performance des machines, notamment en élevant le rotor.**

**Le mât béton est une technologie hybride car en réalité elle combine béton et acier dont on ne peut totalement s'exonérer dans la section sommitale de l'ouvrage.**

**Si le mât acier est encore actuellement le plus répandu, la nécessité de gagner en hauteur oblige à augmenter son épaisseur pour renforcer la solidité. Hors plus l'acier est épais et plus le coût augmente.**

**Le développement du concept de mât béton de ces dernières années présente un certain nombre d'avantages en divers domaines. A ces derniers vient s'ajouter l'amélioration de la fiabilité des éoliennes grâce à la rigidité du matériau ainsi qu'une bonne maîtrise des coûts.**

#### 3.1.1 CARACTERISTIQUES DU MAT BETON

- Le développement de la technologie du mât béton a commencé vers 1998 comme une alternative ou un complément à l'utilisation systématique de l'acier. Dans cette phase de démarrage, le béton était coulé sur site en continue avec la technique du coffrage glissant.
- Depuis 2002 la technologie du mât béton préfabriqué en usine est mise en œuvre. Le parc de Piélan le Grand en Bretagne fut le premier à recevoir des E-82 avec un mât béton d'une hauteur de 98 mètres.
- Le premier enjeu du mât béton est de pouvoir installer un rotor plus haut pour ainsi bénéficier d'un vent plus important et plus régulier.
- L'utilisation de ce matériau permet de réduire la dépendance vis-à-vis de la hausse et des fluctuations du prix de l'acier.
- Le mât en béton est surmonté d'un segment en acier ce qui permet de combiner une souplesse suffisante et d'assurer une longue durée de vie.
- Les mâts se composent d'éléments en béton préfabriqué d'un diamètre allant jusqu'à 14,5 m pour le modèle d'éolienne E-126 de 134,95 m de hauteur de mât.
- Les sections de grand diamètre sont fabriquées en deux ou trois demi-sections pour permettre le transport vers des sites difficilement accessibles.
- Au terme du montage les différentes sections sont réunies en une seule unité indissociable au moyen de câbles de précontrainte qui passent au centre de la paroi du mât.
- Les solutions innovantes mises en œuvre lors du montage permettent d'effectuer l'assemblage aussi rapidement qu'avec le mât acier.
  - Le montage d'un mât de 100 m est effectué en 10 jours ;
  - Le montage d'un mât de 150 m est effectué en 15 jours.



- A titre d'exemple, l'installation d'un mât béton de 100 mètres de hauteur nécessite :
  - Un segment basal de 7,8 m de diamètre ;
  - Un segment terminal acier de 4,5 m de diamètre ;
  - 25 convois exceptionnels pour le transport des pièces par 1/2 segment (750 t de béton) ;
  - 1 convoi exceptionnel pour le tronçon sommital en acier (50 t d'acier).
- Dans la gamme ENERCON, la largeur basale plus importante facilite le logement des équipements électriques. En effet, sur un modèle équipé d'un mât en acier, le transformateur occupe l'intégralité de la surface disponible dans le pied du mât. Dans ce cas, la porte d'accès ne peut être installée qu'au-dessus de celui-ci, rendant nécessaire l'ajout d'un escalier extérieur. Cet élément disparaît sur un mât béton, avec une entrée au niveau du sol.
- Les acteurs pour la construction des fondations sont des entreprises du BTP :
  - De grands groupes internationaux avec leur réseau d'agences régionales (EIFFAGE, VINCI CONSTRUCTION, RAMERY ...);
  - Des acteurs locaux qui interviennent sur l'ensemble du territoire métropolitain et souvent dans une logique de partenariat fidéjussé avec ENERCON (la SADE, MARC SA, HCP ...);
  - Ces entreprises font appel à différents fournisseurs pour le ferrailage, la production de béton issu des centrales locales (HOLCIM, CEMEX, ...) et les opérations de levage (DUFOR, ALTEAD...).
- Pour la partie strictement liée au mât béton, seul ENERCON dispose aujourd'hui d'une solution à l'échelle industrielle :
  - D'une part en France avec son site WEC Mâts Béton construit à Longueil-Sainte-Marie dans l'Oise. Il s'agit d'une usine de production spécialisée en préfabrication (cf. le chapitre dédié à ce site en début du document).



Photographie 40. Intérieur de l'usine d'Emden en Allemagne

- D'autre part à l'international avec la possibilité d'installer une usine mobile pour certains marchés spécifiques. L'usine mobile se justifie dans le cas de grands projets.



### 3.1.2 DISCUSSION

- Lorsqu'il faut augmenter la hauteur, le diamètre basal des mâts tubulaires acier doit être également accru en conséquence (jusqu'à dépasser 5 m). Cette nécessité génère une contrainte logistique supplémentaire pour déplacer la première section du mat.
- En raison du développement du marché mondial et de la demande en acier qui est de plus en plus importante, son cours subit un enchérissement et des fluctuations importantes. Alors que son cours évoluait régulièrement à la baisse depuis les années 90, la tendance s'est inversée en 2002 avec une hausse croissante depuis 10 ans.



Figure 50. Indices des prix INSEE pour l'acier

- Si le transport est facilité (pièces béton plus petites que les sections de mât acier), la question de la logistique demande à être optimisée car le nombre de camion est sensiblement plus élevé qu'avec l'acier. Néanmoins l'analyse du cycle de vie du mât béton met en évidence un impact environnemental sensiblement plus faible que pour un mât acier, la différence étant principalement marquée lors de la fabrication.
- Les mâts béton présentent une base plus large que les mâts acier, le diamètre diminuant au fur et à mesure de la montée.
- Compte tenu de l'état du marché actuel, la poursuite du développement du mât béton repose sur :
  - La capacité en recherche & développement des constructeurs pour maîtriser la technologie et obtenir les certifications dans les différents pays ;
  - La capacité d'investissement des constructeurs pour la mise en place de nouveaux sites de production localisés à proximité des marchés (stratégie d'implantation) ;
  - L'innovation technique qui reste indispensable dans la conception mais aussi pour les techniques et procédés de montage des segments sur les chantiers ;

### 3.1.3 FOCUS SUR LE DEMANTELEMENT

Gerrad Hassan a réalisé en 2008 une étude des coûts de démantèlement d'un parc terrestre de 6 machines sur le territoire métropolitain français<sup>21</sup>. Un parc générique de 6 machines (2 MW unitaire, hauteur de nacelle : 80 m) a été retenu et estimé représentatif de la situation française. L'étude précise « qu'il est très probable que la taille moyenne des parcs français est vouée à augmenter, ceci ne pourrait avoir a priori qu'un impact positif sur les coûts unitaires de démantèlement ».

**Selon cette étude, il n'y a pas de différence de coût entre le démantèlement d'une machine synchrone sur mât béton et le démantèlement d'une machine asynchrone sur mât acier.**

<sup>21</sup> Pour le compte de FEE : Etude des coûts de démantèlement d'un parc onshore français, Gerrad Hassan, 37 p, 2008





Photographie 41. Parc éolien d'Hamberen en Allemagne (9 E-62 E2 108 m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaudra.

154

Ref. 1202006\_V1  
Rapport final - Février 2013



### 3.2 L'USINE WEC MATS BETON

- **Un enjeu d'aménagement du territoire**

En 2012, ENERCON a achevé la construction d'une usine de fabrication de mâts d'éoliennes en béton. L'usine est implantée sur la commune de Longueil-Sainte-Marie au sein du territoire de l'Agglomération de la Région de Compiègne (ARC) dans le département de l'Oise. Il s'agit du seul site de fabrications de pièces d'éoliennes de ce type en France.

A l'été 2013, le port fluvial sur l'Oise sera mis en service à Longueil-Sainte-Marie. Il s'agit d'une plateforme multimodale de 14 ha, au cœur de la ZAC Paris-Oise, la plus grande zone logistique de la région. Ce port qui borde l'Oise sera mis à grand gabarit et pourra accueillir des conteneurs, ce qui n'était pas possible jusqu'ici. Il sera composé de trois terminaux de déchargement et de stockage (conteneurs, vrac et granulats), ainsi que d'un espace écologique humide. Ce projet de plateforme multimodale va répondre aux besoins de transport des chargeurs du sud de la Picardie et du nord de l'Île-de-France. Dans un premier temps, les besoins concerneront principalement le trafic à destination des ports du Havre et de Rouen, puis s'étendront avec l'ouverture du canal Seine-Nord Europe, en 2016, à l'ensemble des ports de la Mer du Nord.

- **Un enjeu lié à l'approvisionnement et au transport**

Le site a ainsi été choisi pour la position stratégique dont il bénéficie, en lien avec la proximité des grands axes de transports à destination de l'Europe. Ce projet de plateforme multimodale est l'un des atouts ayant motivé l'installation de l'usine ENERCON à Longueil. Compte tenu de l'activité exercée, il était primordial de trouver un site d'une surface suffisante, permettant d'accéder facilement à un réseau routier compatible avec le transport exceptionnel, mais aussi au réseau ferroviaire et à la voie d'eau. Le schéma actuellement prévu est d'utiliser la route pour les expéditions des segments de mâts vers les différents chantiers de montage des sites éoliens en France. La voie d'eau et le rail seront plutôt utilisés pour acheminer les matières premières (granulats et ciments).

- **Un enjeu lié à l'emploi**

En phase de démarrage, 70 personnes ont été embauchées pour le site de production de Longueil avec un effectif composé à 75% d'agents de production et recrutés dans le compiégnois.

D'ici cinq ans et si la tendance du marché est confirmée, l'objectif est d'employer 130 personnes.

• Reportage photographique

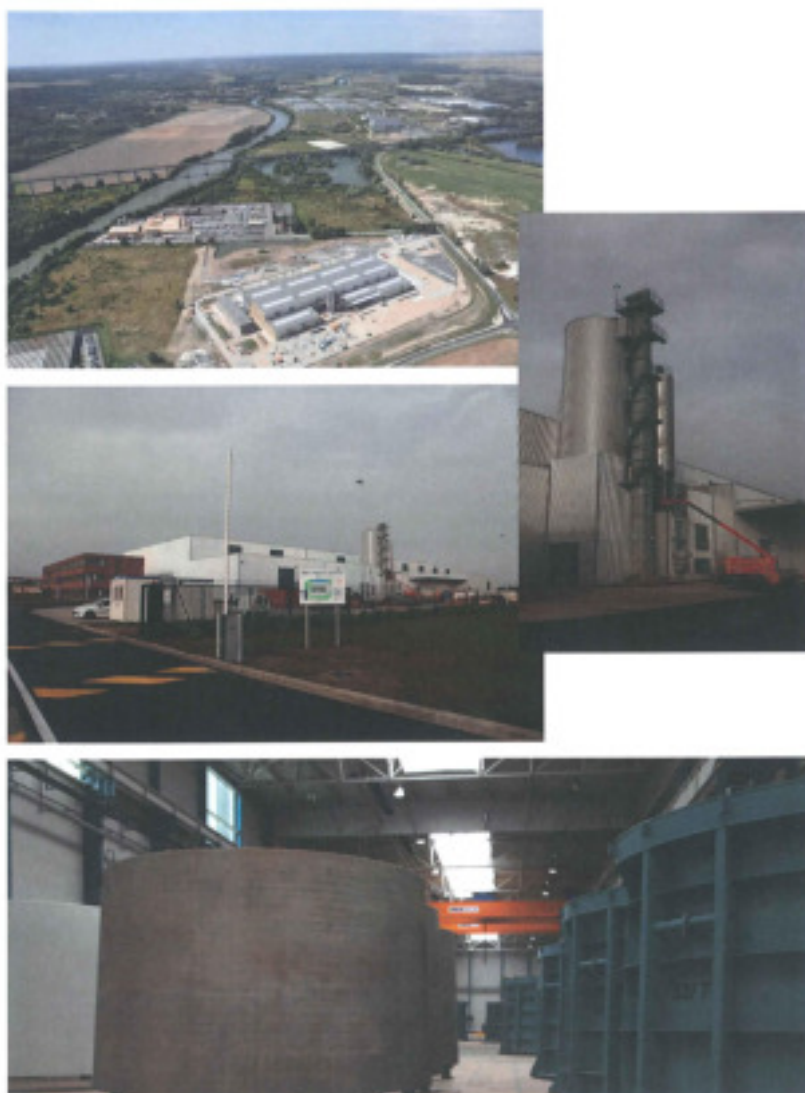


Figure 51. Reportage photographique de l'usine WEC Mâts Béton

### 3.3 ANALYSE DU CYCLE DE VIE

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est un moyen d'évaluer les impacts environnementaux d'un produit. L'évaluation peut se révéler complexe au regard de la variation des situations mises en œuvre (transport, matériaux utilisés, consommations énergétiques...).

Cependant, pour certaines données d'entrées équivalentes, l'ACV permet d'effectuer des comparaisons pertinentes.

Ainsi, une ACV a été réalisée pour le modèle d'éolienne E-82, 2 300 kW et pour chacun des deux matériaux constitutifs du mât : le béton d'une part et l'acier d'autre part. Le logiciel GaBi 4 a été utilisé suivant les méthodes CML (2001) et EDIP (2003).

L'ACV met en évidence l'intérêt environnemental du mât béton sur le mât acier.

#### 3.3.1 RESULTATS GENERAUX SUR UN CYCLE DE VIE ENTIER

Pour le modèle E82, le mât mesure :

- 83 m dans sa version béton ;
- 85 m dans sa version acier.

L'ACV est présenté en termes d'impact environnemental par l'intermédiaire des six indicateurs suivants où l'on constate que le bilan apparaît ici en faveur du mât béton dont l'impact est moins élevé que pour le mât acier :

Impacts potentiels considérés sur le cycle de vie	Mât béton ☺	Mât acier ☹
(1) Consommation énergétique cumulée (kWh)	2 685 497	3 697 193
(2) Réchauffement climatique potentiel (eq kg CO <sub>2</sub> )	847 971	1 060 376
(3) Acidification potentielle (eq kg SO <sub>2</sub> )	1 933	2 444
(4) Atteinte potentielle à l'ozone (eq kg R11)	0,058	0,080
(5) Eutrophisation potentielle (eq kg phosphate)	272	316
(6) Épuisement de la ressource fossile (MJ – Méga joule)	6 559 940	9 111 393

eq = équivalent

Tableau 29 - Impacts potentiels considérés sur le cycle de vie selon le type de mât

Termes anglo-saxon correspondants :

- (1) CED : cumulated energy demand.
- (2) GWP : global warming potential.
- (3) AP : acidification potential.
- (4) ODP : ozone depletion potential.
- (5) EP : eutrophication potential.
- (6) ADP fossil : abiotic resource depletion.



## 3.3.2 RESULTATS PAR THEMATIQUES

## • Consommation et production d'énergie sur 20 années d'exploitation\*

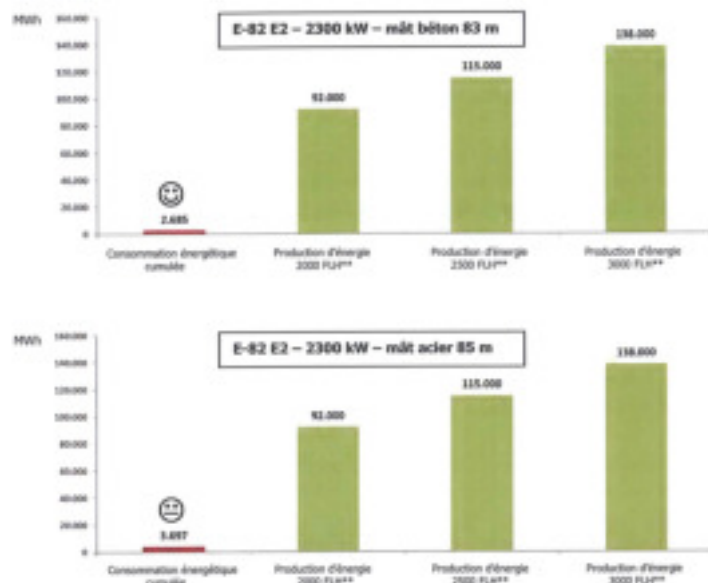


Figure 52. Consommation et production d'énergie en fonction de la hauteur du mât

## Interprétation :

- La consommation énergétique sur la durée de vie de l'ouvrage (construction – principale source de consommation, exploitation et démantèlement) est de 2 685 MWh pour le mât béton et 3 697 MWh pour le mât acier, soit un gain de 27 % en faveur du béton.
- Lors de la phase d'exploitation et dans la mesure où la machine utilisée est la même, la production est identique quel que soit le matériau utilisé.

(\*) Production et source des données : ENERCON

(\*\*) FLH = Full Load Hour = heure pleine de fonctionnement (en heures / an)

## • Facteur de gain et temps de remboursement de la dette énergétique\*

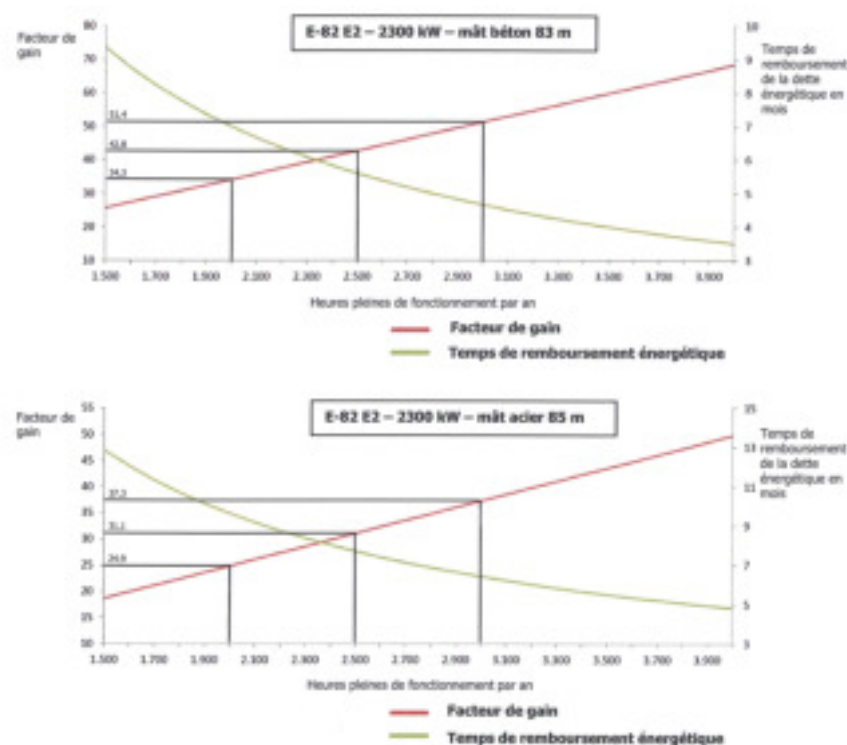


Figure 53. Facteur de gain et temps de remboursement de la dette énergétique en fonction de la hauteur du mât

## Interprétation :

- Le facteur de gain exprime le rapport suivant : 
$$\frac{\text{Énergie produite}}{\text{Énergie consommée}}$$
- Dans la mesure où la phase de fabrication consomme moins d'énergie pour un mât béton, le temps de retour nécessaire pour compenser la consommation d'énergie liée à l'ouvrage est plus rapide pour le mât béton.

(\*) Production et source des données : ENERCON





• Pourcentages de répartition des impacts environnementaux par postes\*

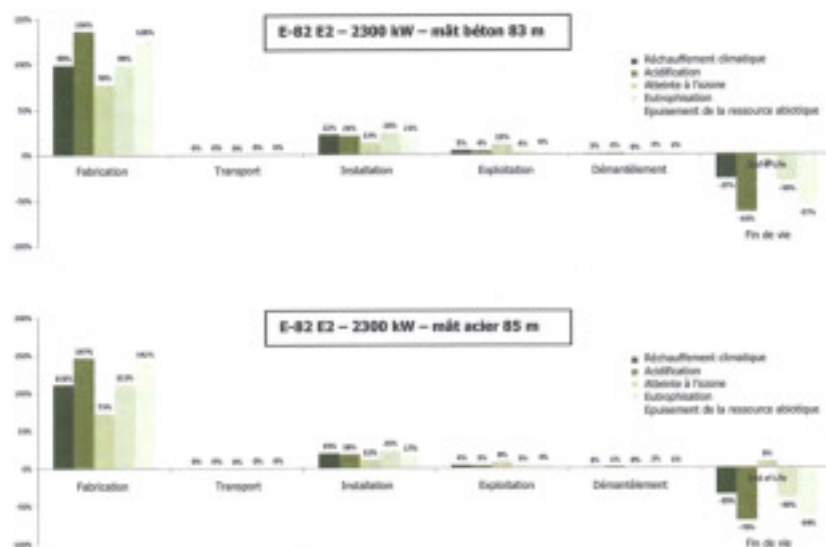


Figure 54. Pourcentages de répartition des impacts environnementaux par postes en fonction de la hauteur de mât

Interprétation :

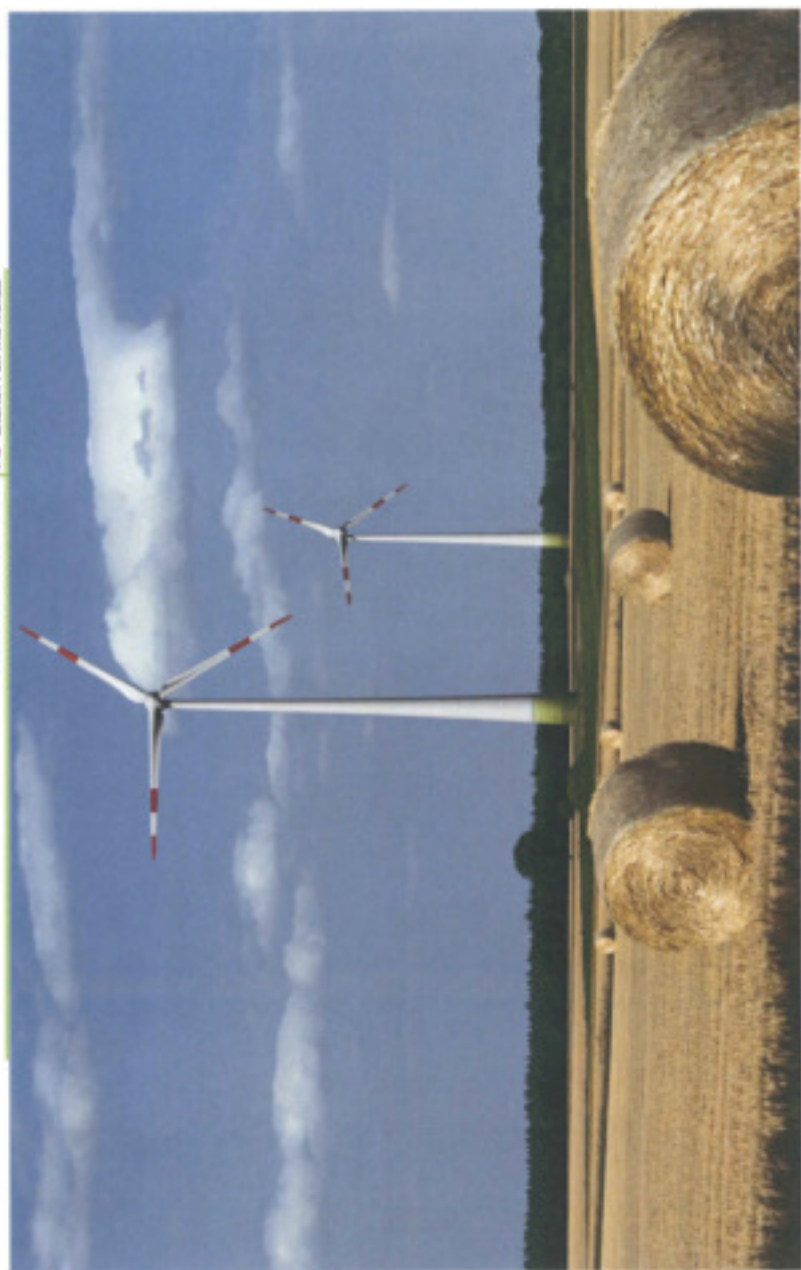
- Sur l'ensemble des 20 années de durée de vie de l'ouvrage, c'est la phase de fabrication qui est la plus énergivore avec une contribution à l'impact globalement moins élevée pour le mât béton à l'exception de l'atteinte faite à l'ozone.
- Bien qu'il s'agisse d'une étape très visible sur les routes, la part de transport apparaît dans une proportion faible, voire quasi nulle au regard des autres impacts. Il convient cependant de considérer que cet impact est plus important pour le mât béton qui réclame plus de convois que le mât acier lors de l'acheminement vers la zone d'installation.
- Lors des phases suivantes d'installation, d'exploitation et de démantèlement, la proportion des différents impacts est ici plus favorable au mât acier (pourcentages moins élevés) composé de moins de pièces à assembler.
- En fin de vie du mât acier, il faut relever une nouvelle dépense énergétique consacrée au recyclage de l'acier lors des opérations de refonte.
- Le mât béton n'a pas d'impact négatif sur l'environnement en fin de vie. C'est un matériau inerte qui, une fois concassé, peut être utilisé en remblai. L'acier qu'il contient (ferrailage) est lui aussi recyclé. L'énergie nécessaire à ces opérations est peu importante au regard de l'acier.

(\*) Production et source des données : ENERCON



Photographie 42. Parc éolien de Wieringermeer aux Pays Bas (1 E-126 132m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de dissension la version originale prévaut.



Photographie 43. Parc éolien de Garther Heide en Allemagne (3 E-82, E2 98m)

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévalra.

Ref. 12020056\_V1  
Rapport final - Février 2013

162

### 3.4 EFFET VISUEL : LE DESIGN DE LA CONSTRUCTION

Le design des éoliennes fait l'objet d'études attentives de la part d'ENERCON.

*La nacelle (a)*, traditionnellement en forme d'ogive, apparaît aujourd'hui comme la signature du constructeur. C'est la technologie mise en œuvre par la génératrice à entraînement direct qui est à l'origine de cette forme caractéristique. En effet, l'absence de boîte de vitesse entraîne la construction d'un rotor plus imposant qu'il faut englober dans une nacelle de forme appropriée.

*Les pales (b)* elles aussi font l'objet d'une grande attention avec la mise au point, sur les modèles les plus récents, d'un profil permettant de minimiser les charges, de réduire les émissions sonores et d'optimiser la production en utilisant la partie intérieure de la surface circulaire du rotor. Pour cela la base forme un lobe élargi et incurvé tandis que son épaisseur s'affine vers la pointe.

Enfin *le mât (c)* où l'esthétique est également étudiée lors de développement :

- En mât acier la construction est conique tout en s'amenuisant vers le haut ;
- En mât béton elle présente une silhouette incurvée de sa base au sommet.

Pour ces derniers néanmoins, la taille de la construction des mâts les plus grands (135 et 138 m de hauteur) impose une embase de 14,5 m de diamètre qui apparaît imposante. Aussi il conviendra d'observer ce mât au regard de la proportion induite par l'éolienne elle-même et selon le rapport d'échelle du site où elle est implantée. Ce deuxième sujet est abordé spécifiquement au travers du chapitre dédié à l'intégration paysagère.



Photographie 44. Design des éoliennes ENERCON

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévalra.



### 3.4.1 PRINCIPALES DIFFÉRENCES ENTRE MAT ACIER ET MAT BÉTON

Nota : Les données des thèmes suivants sont tirées de l'étude « *Comparaison de la perception des éoliennes ENERCON sur mât béton et sur mât acier* », Pierre-Yves Hagneré et 3D Paysage, avril 2011 pour le compte d'ENERCON.

- Les mâts béton présentent une embase plus large que le mât acier ce qui permet de distinguer immédiatement les deux matériaux de construction. Ainsi le béton confère à l'éolienne une silhouette sensiblement plus massive.
- L'aspect élancé est conservé voire renforcé dans la mesure où la circonférence diminue en hauteur pour être équivalente à celle d'un mât acier sur la section finale, cette dernière étant elle-même en acier.
- Le profil galbé renforce l'assise visuelle de l'éolienne qui offre de fait un contact plus important avec le sol.
- La différence d'empreinte paysagère sera principalement perçue par les observateurs situés à proximité de l'éolienne, c'est-à-dire à une distance comprise entre 0 et 2 km. Puis l'effet s'atténuera pour une différence visuelle qui ne sera quasiment plus perceptible au-delà de 3 km.
- Retenons que d'une manière générale, il faut faire une observation attentive pour distinguer la différence à plus de 500 m de distance.

Le profil d'un mât béton de 85 m de hauteur

Le profil d'un mât acier de 85 m de hauteur



Figure 55. Différence mât acier / mât béton

E-82 sur mât béton de 85 m de hauteur

E-70 sur mât acier de 85 m de hauteur

Photographies : Pierre-Yves Hagneré 2011



Photographie 45. Différence mât acier / mât béton



### 3.4.2 EVOLUTION DU GABARIT DES MÂTS ET DES ROTORS

- Les silhouettes ci-dessous combinent des types d'évolutions :
  - L'augmentation du diamètre du rotor (E-82 : 82 m, E-101 : 101 m) ;
  - L'augmentation de la hauteur du mât (85 m, 98 m, 99 m et 135 m) et de sa largeur.
- Sur le rotor de la E-101, les pales sont à la fois plus longues, plus larges et légèrement moins effilées que sur celui de la E-82. La nacelle est également un peu plus large.
- Le mât de 99 m destiné à la E-101 est lui aussi plus large au sommet que celui de la E-82 sur mât de 98 m, mais il est paradoxalement un peu moins large à la base (6,8 m contre 7,5 m). A rotor toutefois que ce dernier va évoluer et que le nouveau modèle de 98 m aura également une largeur de 6,8 m en pied de mât.
- Quant à celui de 135 m de haut, l'élargissement conséquent de sa base (10 m de diamètre) lui redonne une silhouette s'affinant avec la hauteur mais à une échelle toute différente.
- Ainsi le passage du mât de 85 m au mât de 98 m pour le modèle E-82 se traduit par une silhouette légèrement plus élancée, résultat d'une augmentation de la hauteur sans modification de la largeur.

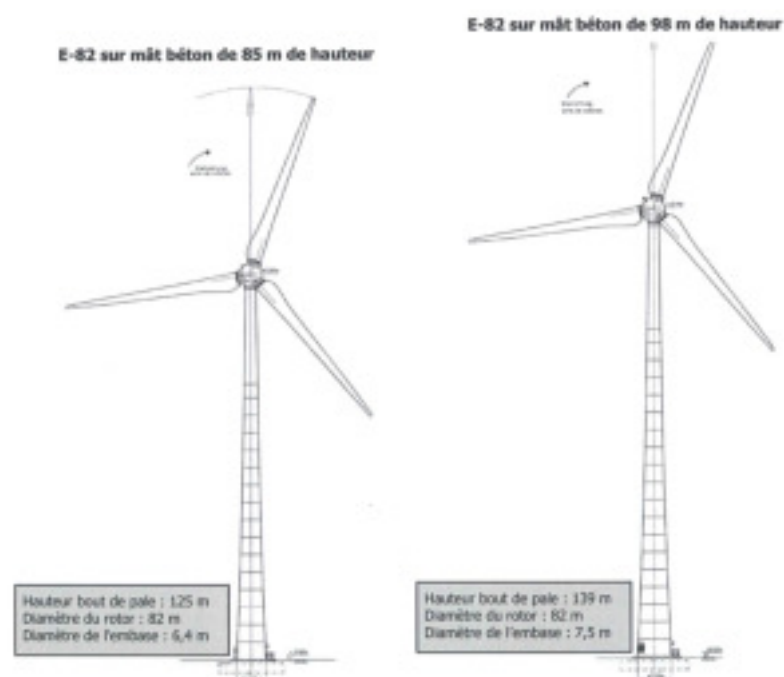


Figure 56. Evolution du gabarit des mâts et des rotors - exemple E-82

- Avec un mât de 99 m, la E-101 présente une silhouette plus trapue, composée d'éléments tous plus larges (pales, nacelle et mât).
- Enfin, la E-101 sur mât de 135 m retrouve une silhouette plus élancée, mais produit un changement conséquent d'échelle par rapport à la E-82.
- En résumé, les proportions de la E-82 sur mât de 85 m et celles de la E-101 sur mât de 98 m sont identiques. Celles de la E-82 sur mât de 98 m sont quant à elles semblables à celles de la E-101 sur mât de 135 m.

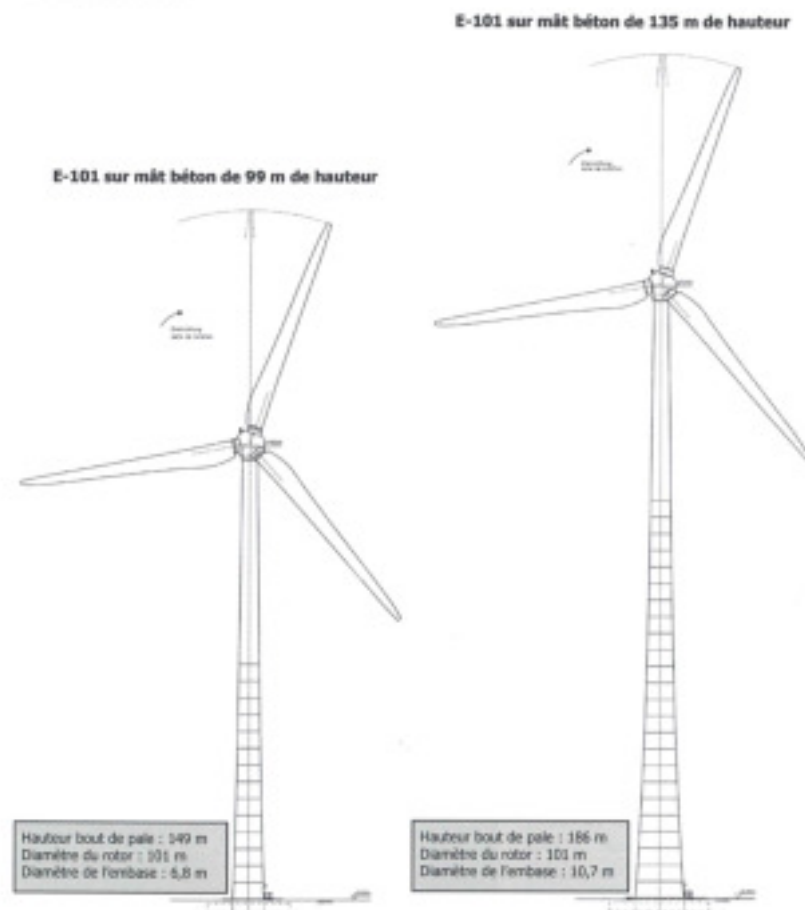


Figure 57. Evolution du gabarit des mâts et des rotors - exemple E-101

### 3.4.3 PERCEPTION DES MODELES EXISTANTS SELON 5 DISTANCES

Sont comparées les perceptions de trois modèles différents :

- E-70 sur mât acier de 85 m ;
- E-82 sur mât béton de 85 m ;
- E-82 sur mât béton de 98 m.

Chaque éolienne a été photographiée à cinq distances spécifiques afin d'analyser comment les perceptions des différences entre les modèles évoluent avec l'éloignement : au pied de l'éolienne, à 100 m, 500 m, 1 km et 5 km.

#### • Perception au pied de l'éolienne

Lorsque l'observateur se situe au pied de l'éolienne, il perçoit en détail les équipements de la base du mât, dont il peut estimer assez précisément la largeur, tandis que la perception de la hauteur est atténuée par l'écrasement de la perspective.

Ainsi, la différence de diamètre entre les trois modèles est nettement perceptible : le mât acier de 85 m conserve une certaine finesse, l'élargissement est modéré pour celui de la même hauteur en béton tandis que le mât béton de 98 m présente une assise plus imposante.

En revanche, la suppression de l'escalier extérieur sur les mâts béton apporte une plus grande simplicité. Enfin, les stries des modules béton révèlent l'agencement du mât d'une manière plus visible que celles dues aux soudures du mât acier.

Photographie 46. Perception au pied de l'éolienne

E-70 sur mât acier de 85 m de hauteur



E-82 sur mât béton de 85 m de hauteur



E-82 sur mât béton de 98 m de hauteur



#### • Perception à 100 m

À 100 m, la vision de l'éolienne est toujours partielle (l'observateur doit effectuer un balayage vertical du regard pour en avoir une vue complète), les éléments de détails, de même que la texture (les stries sur le béton) continuent de participer à l'image de l'éolienne.

Les différentes largeurs en pied de mât sont largement ressenties. Ce premier recul permet de percevoir également la silhouette d'un mât en acier, quasi rectiligne sur toute sa hauteur et celle d'un mât en béton qui s'affine au fur et à mesure de la montée.

La relation avec les autres éléments du paysage intervient encore assez peu.

Les photos à différentes distances des éoliennes ont été prises à l'aide d'un objectif de focale 52,5 mm.

Les parcs éoliens suivants ont été utilisés en référence :

- Soudan (Lohe-Atlantique), E-70 sur mât acier 85 m.
- Antagné (Maine-et-Loire), E-82 sur mât béton 85 m ;
- Flélan-le-Grand (De-et-Vilaine), E-82 sur mât béton 98 m.

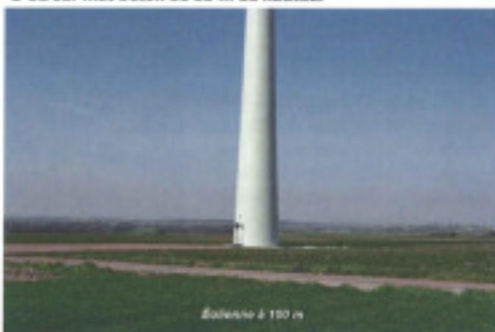
Prises de vues et textes : Pierre-Yves Hagneré - paysagiste.

Photographie 47. Perception à 100 m

E-70 sur mât acier de 85 m de hauteur



E-82 sur mât béton de 85 m de hauteur



E-82 sur mât béton de 98 m de hauteur



- Perception à 500 m

A 500 m, le recul est suffisant pour que l'éolienne soit visible dans sa globalité. Sont perçues leurs silhouettes respectives ainsi que leur envergure, dans leur rapport avec les éléments du paysage proche. Ainsi, on perçoit bien la différence d'envergure entre la E-70 sur mât acier de 85 m et la E-82 sur mât béton de 98 m. Cette dernière présente également une assise plus importante (due à sa base plus large), qui confère une impression d'ancrage au sol et de stabilité supérieure à la première.

En situation intermédiaire, la E-82 sur mât béton de 85 m paraît plus massive que les deux autres, du fait de son rotor large sur un mât « court », mais elle bénéficie également de cette image d'ancrage et de stabilité grâce à sa base plus large.

En revanche, les éléments de détail du pied de l'éolienne, de même que la texture du mât ne sont plus perceptibles.

E-70 sur mât acier de 85 m de hauteur



E-82 sur mât béton de 85 m de hauteur



E-82 sur mât béton de 98 m de hauteur



Photographie 48. Perception à 500 m



- Perception à 1 km

A cette distance, les différences d'envergure sont toujours visibles, mais les variations de silhouette selon les modèles de mâts sont nettement atténuées.

On ressent toutefois encore la base plus large du mât béton de 98 m de haut.

Mais ces variations perdent de leur importance avec l'éloignement et c'est avant tout l'envergure de l'éolienne et son rapport avec les éléments structurants du paysage qui importent.

Avec une vue d'ensemble plus générale sur le paysage des alentours, la taille de l'embase n'est plus le sujet d'observation principal. De ce point de vue, la distance de 1 km marque un seuil.

E-70 sur mât acier de 85 m de hauteur



E-82 sur mât béton de 85 m de hauteur



E-82 sur mât béton de 98 m de hauteur



Photographie 49. Perception à 1 km





• Perception à 5 km

A 5 km, et moyennant un examen attentif, on peut encore ressentir les différences de hauteur entre les mâts de 85 m et de 98 m, mais elles sont très fortement atténuées.

Quant aux nuances de silhouettes entre les mâts béton et acier (qui ne sont plus visibles sur ces photos), seul un œil exercé peut les percevoir dans la réalité, mais même dans ce cas, elles ne jouent plus de rôle dans l'image de l'éolienne.

De même, la différence de diamètre entre le rotor de la E-70 et celui de la E-82 n'est plus guère visible.

La vision est résumée aux formes essentielles de l'éolienne. Ce n'est plus l'éolienne en tant qu'objet individuel qui importe, mais le parti d'implantation du parc éolien dans sa globalité et son rapport d'échelle avec les éléments structurants du paysage.

E-70 sur mât acier de 85 m de hauteur



E-82 sur mât béton de 85 m de hauteur



E-82 sur mât béton de 98 m de hauteur



Photographie 50. Perception à 5 km

## CHAPITRE 4. AVIS DES ACTEURS DE LA FILIERE



Photographie 51. Parc éolien de Laprugne en France (8 E-62 E1 85 m)

### 4.5 REPRESENTANT DU GROUPE REGIONAL FEE

Depuis 20 ans, la tendance est à l'augmentation de la puissance et de la taille des éoliennes. A partir de ce constat, comment envisagez-vous la poursuite de cette évolution ? En tant qu'acteur, travaillez-vous selon cette orientation ?

- Nombreuses discussions entre confrères dans les groupes régionaux sur ce sujet ;
- Il y a aujourd'hui obligation technique à élever le rotor :
  - o Les meilleurs sites étant déjà équipés, les espaces encore disponibles sont moins qualitatifs avec un vent moins fort ;
  - o Cette contrainte nécessite mécaniquement d'aller chercher le vent plus haut ;
- En conséquence la plupart des nouveaux projets sont à 150 m bout de pale ;
- Reste quelques sites bien ventés qui pourront encore être équipés avec des machines de taille plus modeste (dépendant notamment du changement de contexte réglementaire) ;
- Il faut aussi considérer que l'éolien de grande hauteur est un sujet complexe qui amène ses propres difficultés ;
- La France exacerbe le sujet éolien avec des opposants, des enjeux touristiques et paysagers ;
- Les opposants ont épuisé le registre des superlatifs possibles pour présenter l'éolien (monstres, géants, industriel, ...) sans que de nouveaux adjectifs ne puissent venir qualifier des machines de taille plus élevée => en ce sens les outils de langage n'auront pas d'argument spécifique à l'éolien de grande hauteur ;
- Mais tout comme la taille s'élèvera, il faut s'attendre à une opposition en proportion :
  - o Machines visibles de plus loin ; donc plus de population concernée ;
- L'enjeu de l'éolien de grande hauteur : comment monter en hauteur sans dégrader une acceptabilité qui n'est pas bonne ?
- En dehors de l'élévation en hauteur pour rentabiliser des sites qui n'aurait pu l'être dans le cadre actuel, un travail de modification de la structure tarifaire peut-être mené :
  - o Par exemple : étendre le contrat d'achat de 15 à 20 années ;
  - o La garanti du rachat sur 20 années permettrait de financer un site un peu moins rentable mais avec un durée de prêt plus longue (sous couvert de l'acceptation bancaire d'un emprunt plus long) ;
- Pour les sites peu ventés, et sans modification des paramètres financiers, seul l'éolien de grande hauteur permet une solution ;
- Suggestion : travaille sur le futur potentiel :
  - o faire une projection de nombre de MW disponible pour du renouvellement de site (repowering) d'ici à 15 ans ;
  - o S'interroger sur la poursuite de l'exploitation des parcs actuels sur quelques années au-delà du contrat d'achat ou envisager un remplacement par des machines plus puissantes et plus hautes dès maintenant ?

### Organisez-vous une veille sur ce qui est mis en œuvre par la profession en France et en Europe ?

- La veille technique est une préoccupation des professionnels de la filière ;
- Tous les sujets d'innovation sont observés (depuis le très petit jusqu'au très grand éolien) ;
- Les chefs de projets concentrés sur leurs propres projets ne sont pas systématiquement dans cette réflexion de l'éolien de grande hauteur ;
- Mais depuis la tension du marché au regard de la réduction des sites disponibles suscite un intérêt de la filière depuis 2 ans sur des machines de grande hauteur ;

### Pensez-vous que l'éolien de grande hauteur puisse se développer en France ? Pourquoi ?

- Pour l'éolien classique il y a peu de différences entre des machines de 120, 130 150 mètres ;
- Les nouvelles gammes franchissent un cap en termes de dimension ;
- Il est indispensable d'avoir une approche différenciée sur l'éolien de grande hauteur qui ne peut être comparé à aucun autre objet de taille comparable. Les rapports d'échelle sont à reconsidérer avec un mat de 150 m et un objet mobile par nature ;
- Les contraintes de développement en rapport avec l'éolien de grande hauteur doivent guider le développement de ces nouveaux projets. Un changement de modèle doit prévaloir pour certains critères :
  - o La distance d'éloignement des habitations ne peut être celle des 500 m réglementaires actuels. Un critère propre doit être appliqué spécifiquement à l'éolien de grande hauteur : de 800 à 1 000 m ;
  - o Des espaces appropriés doivent être réservés avec une réflexion dès l'amont sur les masques naturels (bois, relief). Au contraire des espaces trop contraints ne pourront pas recevoir de l'éolien de grande hauteur ;
  - o Bien apprécier la sensibilité écologique en fonction des hauteurs et renforcer la connaissance sur des hauteurs de vols de la faune volante notamment ;
- Si l'éolien tel qu'il est pratiqué depuis 10 ans est intégré (dans le sens appréhendé) par la population ; en revanche l'éolien de grande hauteur ne l'est pas et doit intégrer dès le départ toutes les bonnes habitudes.
- Un renforcement des démarches de pédagogie, d'information et de concertation doit être proposé. Les populations à 10/20 km doivent pouvoir être touchés avec un changement d'échelle également pour le nombre de personnes potentiellement concernées ;
- Une justification fine qui devra démontrer pourquoi un autre choix technique plus modeste n'a pas été retenu.

### Quels avantages y a-t-il à l'installation d'éoliennes de 200 m de hauteur ?

Citer 3 à 5 éléments significatifs selon vous.

- Produire de l'énergie efficacement et faire évoluer progressivement le mix énergétique actuel en augmentant la part des énergies renouvelables. Ainsi le potentiel éolien local doit justifier l'éolien de grande hauteur ;
- Raréfaction des sites => nécessité de capter la ressource plus haut ;
- Renouvellement (repowering).

### Quels sont les principaux freins à l'installation d'éoliennes de 200 m de hauteur ?

Citer 3 à 5 éléments significatifs selon vous.

- Distance suffisante aux habitations (s'imposer une distance minimale de 1 km voire plus) ;
- Un choix de sites particulièrement bien adaptés, permettant notamment des masques visuels, ou des plaines avec des distances aux habitations d'au moins 3 km (landes) ;
- Acceptabilité (visuelle, administrations, écologie) vis-à-vis de ces objets spécifiques par leur taille hors norme et la nouveauté qu'ils introduisent par leur présence. Des rapports d'échelle avec peu de comparaisons en lien avec d'autres objets dont la taille est bien appréhendée ;
- Acceptabilité comme une contrainte supplémentaire en elle-même par rapport à des projets aux dimensions classiques, notamment dans les régions bien ventilées ;
- Les contraintes et servitudes qui couvrent le territoire.

### Au sujet de l'acceptation technique (selon : paysage, écologie, hauteur, bruit), quel avis exprimeriez-vous sur des éoliennes de 200 mètres en bout de pale ?

- Savoir justifier pourquoi il est nécessaire monter les machines à 200 mètres de hauteur tout en expliquant la nécessité de produire cette l'énergie sur le territoire avec cette solution (choix technico-économique) ;
- Démontrer qu'il n'y a pas de fuite en avant (« toujours plus ») mais une réflexion sur l'aménagement du territoire et de ses besoins énergétiques locaux ;
- Après avoir été en mesure de justifier qu'il n'y a pas d'autre solution technico-économique, au territoire de définir s'il s'engage dans le portage d'un projet de ce type et si l'éolien de grande hauteur est une solution acceptable ;
- Les dimensions de la machine (embase du mat, taille du rotor) réclament un temps d'appropriation et un argumentaire paysager bien accompagné ;
  - o Notamment l'embase de certains modèles de mât béton qui à elle seule est un sujet paysager à part entière ;
  - o L'aspect esthétique du rapport d'échelle entre la taille du rotor et l'élévation du mât. Un rotor de petit diamètre perché en hauteur donne l'impression d'une disproportion de l'ensemble ;
  - o A noter que ces deux aspects sont gommés en zone forestière car c'est l'horizon formé par la canopée qui est perçu comme niveau basal. Ainsi on retrouve le rapport d'échelle habituel (embase en linéaire de mât masqués).



**Que pensez-vous de l'argument suivant :**
**Des éoliennes plus grandes et plus puissantes contre moins d'unités installées ?**

- C'est un argument intéressant et à justifier en fonction des spécificités du terrain ;
- Cela demande d'appréhender le développement sur un grand espace ;
- Le gain en densité de machines peut être compensé négativement avec un impact déplacé sur la taille des installations qui toucheraient alors un plus grand nombre de personnes sur les longues distances de perception ;
- Renouvellement de site (repowering) à l'horizon 10/20 ans peut être mené dans cet esprit
  - o alternative pour améliorer l'esthétique de certaines implantations
  - o diminution du nombre de machines et éloignement des habitations

**L'éolien de grande hauteur sur mat béton permettrait-il des installations sur des territoires jusqu'à maintenant délaissés (zones forestières, sites difficiles d'accès) ?**

- Oui avec un ciblage de terrains qui ne sont pas exploités jusqu'à maintenant :
  - o Zones boisées (milliers d'hectares), landes ;
  - o Avec l'intérêt de l'espace disponible (parcs de plusieurs dizaines de machines) et de l'éloignement des populations (habitations « proches » préservés par le masque végétal) ;
  - o Avec les freins liés à l'acceptabilité administrative et sociétale, au monde forestier et à l'écologie ;



## 4.6 DEVELOPPEUR

Une société de développement éolien a été sollicitée pour cette enquête. L'entreprise dispose comme principal cadre de référence :

- D'un parc éolien en fonctionnement dans le Benelux équipé d'éoliennes E-126 de 198,5 m de hauteur totale en bout de pale pour 7 MW de puissance unitaire) ;
- D'un projet en cours de développement en France avec le même modèle de machine.

**A Depuis 20 ans, la tendance est à l'augmentation de la puissance et de la taille des éoliennes. A partir de ce constat, comment envisagez-vous la poursuite de cette évolution ? En tant qu'acteur, travaillez-vous selon cette orientation ?**

- L'optimisation du productible est toujours regardé pour tous les projets en cours de développement ;
- L'installation d'éoliennes de grande hauteur est une réponse à cette recherche d'optimisation ;
- Avec les modèles aujourd'hui disponibles (augmentation de la taille des machines, augmentation des puissances), le travail de développement est vu comme un défi technologique ;
- L'une des difficultés réside dans le fait que le résultat final est incertain lorsqu'il s'agit de développer et faire aboutir un projet hors norme comme cela peut l'être avec des éoliennes de près de 200 m en bout de pale ;
- Par ailleurs, l'éolien de grande hauteur nécessite de mettre en place une communication appropriée.

**B Organisez-vous une veille sur ce qui est mis en œuvre par la profession en France et en Europe ?**

- Nous effectuons une veille partout où la société est installée ;
- Nous nous référons principalement à un parc installé au Benelux qui est actuellement le premier dans sa catégorie ;
- La veille technologique passe également par un travail en collaboration avec les turbiniéristes ;
- Eux-mêmes poursuivent en permanence leur travail sur les gains de puissance et de coût de production qui sont pour nous des facteurs prépondérants.



### C Pensez-vous que l'éolien de grande hauteur puisse se développer en France ? Pourquoi ?

- Vis-à-vis de cette question, c'est la typologie du vent qui est pour nous le sujet central ;
- L'éolien de grande hauteur réclame d'être installé sur des sites où le vent présente une bonne régularité tout au long de l'année ;
- Si l'on couple l'éolien de grande hauteur et grande puissance installée, alors c'est la question du raccordement qui vient au centre du sujet ;
  - o Pour une puissance < 40 MW le raccordement est réalisé par ERDF
  - o Pour une puissance > 40 MW le raccordement est réalisé par RTE
 Hors ici la difficulté est de trouver un poste électrique suffisamment dimensionné pour accueillir l'énergie produite et l'injecter sur le réseau ;
- Suivant le contrat d'achat en vigueur en France, plus la production est élevée et plus l'opération est intéressante. Aussi la production doit rester dans la tranche financièrement la plus intéressante, d'où l'intérêt de travailler sur de fortes puissances ;

### D Dans vos projets de développement terrestre, avez-vous déjà envisagé de faire de l'éolien de grande hauteur ?

Si oui pourquoi ?  
Si non pourquoi ?

- Le projet de parc éolien en région Champagne-Ardenne s'inscrit dans cette démarche avec un certain nombre d'éoliennes de grande hauteur envisagées ;
- Il convient de relever que ce projet de développement, compte tenu de sa dimension (puissance, taille des machines, impact économique local), a fait l'objet d'attentions méthodologiques dédiées :
  - o Un pôle éolien spécifique avec une implication forte de la part des services de l'Etat ;
  - o La participation des acteurs naturalistes, de la population locale, du monde agricole et de la chambre d'agriculture ;
  - o La création d'un Comité scientifique destiné à accompagner la mise en œuvre et le suivi des mesures retenues sur le projet ;
    - Des publications scientifiques sont envisagées.

### E Quels avantages y a-t-il à l'installation d'éoliennes de 200 m de hauteur ?

Citer 3 à 5 éléments significatifs selon vous.

- Des installations de production avec une forte puissance installée ;
- Un développement appuyé sur la mise en œuvre de nouvelles technologies ;
  - o Un premier projet réussi et mis en service contribuera à crédibiliser et à faire progresser la filière dans son ensemble.
- Des éoliennes plus hautes et plus puissantes permettraient également d'installer moins d'unités, ce qui sur le plan de l'impact paysager peut être un avantage.

### F Quels sont les principaux freins à l'installation d'éoliennes de 200 m de hauteur ?

Citer 3 à 5 éléments significatifs selon vous.

- Pour des installations d'éoliennes de grande hauteur et de forte puissance, il est nécessaire de disposer d'un vaste espace. Hors dans ce cas la maîtrise foncière constitue une difficulté importante (nombreux propriétaires différents) ;
- Le raccordement électrique et la disponibilité des postes sources à recevoir l'énergie produite à partir d'installations de forte puissance ;
- La nouveauté en tant que telle produite généralement des réactions de repli, c'est ce qui est constaté sur les installations de l'éolien de grande hauteur ;
- La grande hauteur génère des contraintes techniques pour ce qui est de la compatibilité avec les autres équipements présents aux alentours. Ces sujets peuvent être délicats à solutionner (exemple particulier : les équipements radar) ;
- Les échanges avec les services de l'Etat ont débouché sur la nécessité de respecter un principe d'aménagement paysager basé sur une implantation et des inter-distances régulières entre les éoliennes. Cela a des conséquences en termes de maîtrise foncière pour appliquer ce principe sur l'ensemble du parc ;
- Il est relevé que le design du parc (objet d'échanges et de mises au point avec les services de l'Etat) n'est pas la principale préoccupation perçue par la population.
- Une distance d'éloignement des habitations (sujet de sensibilité avec les riverains) de 1000 m s'est imposée au fur et à mesure du développement du projet.

### G Au sujet de l'acceptation technique (selon : paysage, écologie, hauteur, bruit), quel avis exprimeriez-vous sur des éoliennes de 200 mètres en bout de pale ?

- Dans le cas du projet en région Champagne-Ardenne, les services de l'Etat ont appréhendé le sujet du dossier de manière classique, en ayant toutefois la conscience de travailler sur un projet hors norme ;
- Le volet paysager a été traité principalement au travers de la régularité de l'implantation. C'est le nombre important de machines envisagé qui a conduit à retenir ce principe ;
- Le volet naturaliste a été abordé au travers des sujets habituels de l'écologie, comme l'éloignement des zones de sensibilité, des axes migratoires ou encore des boisements ;
- Finalement c'est moins la hauteur qui a guidé les réflexions en matière de paysage et d'écologie que le nombre d'unités à installer et leur localisation sur le site.

#### H L'éolien de grande hauteur sur mat béton permettrait-il des installations sur des territoires jusqu'à maintenant délaissés (zones forestières, sites difficiles d'accès) ?

- Les zones forestière nous semblent des sites peu appropriés en raison des sensibilités écologiques auxquelles on peut s'attendre. Par ailleurs elles sont souvent répertoriées en ZNIEFF et considérées comme des espaces à préserver ;
- Les zones difficiles d'accès rendent complexe les opérations de transport ce qui n'incite pas nécessairement à y faire du développement. Par ailleurs le raccordement électrique est généralement éloigné ce qui représente une contrainte supplémentaire ;
- Ce sont les zones de grandes plaines qui nous semblent les plus appropriées à l'éolien de grande hauteur. Les investigations sont à diriger sur les territoires qui en sont pourvus ;
- L'éolien de grande hauteur par la dimension des éléments à construire nécessite de l'espace pour installer le chantier. Dans le cas du modèle E-126, il est relevé que la taille des plateformes est importante, ce qui est de nature à causer une certaine gêne quant au gel de l'emprise réservée en pied de machine.

## 4.7 REPRESENTANT D'UNE DREAL

### Perception générale

Quand on parle d'éolien, quelle est votre première réaction, quel est le premier sujet que vous avez envie de citer ?

- Le premier sujet qui vient à l'esprit de l'inspecteur est celui des énergies renouvelables ;
- Par référence professionnelle, il pense également en termes d'impact environnemental et paysager.

Quelle est votre perception générale du sujet ?

- Un moyen de produire de l'électricité et de faire évoluer le mix énergétique français ?
- Une installation à l'origine de nuisances ? Lesquelles ?
- Pensez-vous être correctement informé sur cette forme de production d'énergie ?
- Que diriez-vous sur les différentes tailles ou formes des machines qui sont installées ?
- L'éolien répond à un besoin de diversification. C'est une solution pour faire évoluer le mix énergétique en se substituant au nucléaire ;
- L'éolien est également à l'origine de « nuisances certaines ». Ces nuisances sont-elles acceptables ? Pour le savoir, il faut procéder à un examen au cas par cas ;
- Ces nuisances sont (dans l'ordre d'énonciation) :
  1. Impact sur le paysage ;
  2. Bruit ;
  3. Impact sur l'avifaune (les chiroptères notamment) ;
  4. Risque accidentel (JCPE).
- Concernant l'implantation des machines l'inspecteur dit ne pas avoir de préférence pour une implantation en ligne plutôt qu'en bouquet. Selon lui, tout dépend du paysage dans lequel on insère les machines ;
- En revanche, la distance par rapport aux habitations doit « nécessairement » être augmentée pour éviter les impacts suivants :
  1. Le bruit ;
  2. L'effet d'ombre ;
  3. Les risques industriels.



### L'éolien dans l'environnement familial (de la bonne intégration des projets dans un territoire)

La réalisation d'un projet éolien correctement développé passe par la prise en compte de nombreux sujets. Nous serions intéressés pour connaître votre avis sur les thèmes suivants :

- La disposition des éoliennes entre elles : RAS
- La distance des habitations : RAS
- La couleur
  1. Pour l'inspecteur, les éoliennes sont toutes blanches.
  2. Il n'est pas certain que couleur blanche soit la plus à même de réduire l'impact paysager, mais s'agissant d'une obligation réglementaire, il n'est pas question de la remettre en cause.
- La hauteur des machines  
Toute élévation de la hauteur induit :
  1. Une production plus importante ;
  2. Un impact paysager plus fort.
 Il s'agit de trouver un « équilibre » entre ces deux variables.
- Le nombre de machines  
L'inspecteur déclare préférer les « petits parcs » qui permettent d'éviter « l'effet de masse », mais accentue le « mitage ». Ici encore un équilibre est à trouver.
- La préservation des espaces naturels : RAS
- Puissance/productible : RAS
- Le bruit  
Pour l'inspecteur, le bruit est un impact important qui légitime à lui seul d'augmenter la distance aux habitations.

### Est-ce que l'argument « moins d'éoliennes, mais plus hautes et plus puissantes » vous semble acceptable ?

- Mettre moins d'éoliennes, mais plus hautes et plus puissantes : c'est clairement quelque chose à examiner, mais au cas par cas pour éviter les problèmes de visibilité avec les monuments historiques.

### Expression libre

Avez-vous pensé à interroger les associations environnementales ?

## 4.8 REPRESENTANT D'UNE AUTRE DREAL

### A Avez-vous déjà entendu parler ou avez-vous déjà été concerné directement par des projets éoliens de grande hauteur ?

- Dans le secteur des paysages haut-normands : non ;
- Il semble que des machines de cette taille soient plus destinées à être implantées sur de vastes plaines et non dans les « paysages à coulisse » de la région.

### B Quels sont vos a priori sur l'implantation de machines supérieures à 150 m en bout de pale ?

- Le premier concerne l'aspect massif de la base du mat qui, semble-t-il, présente une largeur de section plus importante, et donc un aspect plus massif que pour les mats traditionnels en acier ;
- Le second concerne le rapport entre la taille du rotor et la hauteur du mât. Un rotor perché en haut d'un mât de grande hauteur peut donner un aspect disproportionné à l'ensemble. Il convient de prendre garde au rapport longueur de mât/longueur de pale.

### C Quelles différences ou rapprochements feriez-vous entre l'éolien tel qu'il existe aujourd'hui et l'éolien de grande hauteur ? Dit autrement, quel serait le cadre acceptable justifiant l'éolien de grande hauteur ?

- Le travail sur les paysages est vraiment important avec des choix de sites dont la configuration permet une bonne intégration des machines de grande hauteur. En effet, il s'agit d'objets dont la taille est hors norme ;
- Pour cela, les paysages simples et homogènes apparaissent les plus appropriés, notamment les grandes plaines céréalières où les parcs éoliens redonnent de la structure à un paysage monotone.

### D Quelles voies d'amélioration attendez-vous de la part de la profession en ce qui concerne le développement de projets d'éoliennes de grande hauteur ?

- La plus grande attention doit être apportée aux paysages et au fait que les machines pourront être vues depuis plus loin, donc avec potentiellement de nouvelles sensibilités à apprécier ;
- Par ailleurs, la question de l'augmentation de la taille des éoliennes et de l'impact supplémentaire sur le paysage pourrait être mise en parallèle de l'apport énergétique généré par l'installation ;
- Il convient de prendre garde au thème de la biodiversité de manière à bien appréhender les impacts liés à la hauteur des machines et notamment sur la mortalité des oiseaux. On peut penser qu'une augmentation de la hauteur entraîne une augmentation de l'impact. C'est à l'étude d'impact d'apporter les éléments de justification et d'explication sur ce sujet.
  - o Les voies migratoires (ou couloirs de migration) ne sont pas les seuls principes de déplacement des oiseaux. La migration diffuse est également une réalité qu'il convient d'apprécier avec la meilleure justesse et à confronter avec les éoliennes de grande hauteur.

**E Le mât d'une éolienne de plus de 150 m nécessite de combiner le béton (2/3 de la hauteur) et l'acier (1/3). Voici une représentation d'un mât béton et d'un mât acier. Que pensez-vous de l'esthétique.**

- Il existe des modèles de mât béton où la différence avec le mât acier n'est quasiment pas visible. Dans ce cas l'aspect conserve une bonne esthétique ;
- Le modèle le plus grand (E-126) est quant à lui très imposant et marque une différence importante avec les mâts classiques.

**F Que pensez-vous de l'argument suivant : des éoliennes plus grandes et plus puissantes contre moins d'unités installées ?**

- Non, je ne crois pas à cet argument ;
- Le système actuel vise plus à installer les machines en optimisant au maximum l'espace disponible sur un site en cours de développement ;
- Dans le système économique actuel, les développeurs travaillent plus dans cette perspective.

**G Pensez-vous que cette technologie permettrait de « désaturer » certaines zones ?**

- Non : pour la même raison de recherche d'efficacité et de rentabilité.

**H Autres remarques à ajouter ?**

- Dès lors que l'on utilise le béton comme matériau de construction, cela pose la question de la pertinence de ce choix, voire de la pression exercée sur les milieux naturels (nécessité de disposer de carrières pour répondre à la demande) ;
- Evocation de l'éolien en forêt. Le Schéma Régional Eolien a été conçu en mettant tous les massifs forestiers de la région (des hêtraies domaniales dans la plupart des cas) en zone défavorable, de manière à préserver ces paysages bien spécifiques du développement de l'éolien.



## CHAPITRE 5. ANNEXES



Photographie 52. Parc éolien de Charrat en Suisse (1 E-101 99 m)



## ANNEXE 1 : GLOSSAIRE

<b>ACV</b>	Analyse du Cycle de Vie
<b>CTR</b>	CONTRôle zone (zone de contrôle terminal)
<b>DIRCAM</b>	DIRection de la Circulation Aérienne Militaire
<b>EDD</b>	Etude Des Dangers
<b>ICPE</b>	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
<b>IFR</b>	Instrumental Flight Rules
<b>QFU</b>	Direction magnétique de la piste
<b>LCA</b>	Life Cycle Assessment
<b>MFO</b>	Marge de Franchissement d'Obstacle
<b>RTBA</b>	Réseau Très Basse Altitude
<b>SIA</b>	Service d'Information Aéronautique
<b>SPAR</b>	Slight precision approche radar
<b>TMA</b>	TerMinal control Area (région de contrôle terminale)
<b>VFR</b>	Visual Flight Rules
<b>VHF</b>	Very High Frequency
<b>VOR</b>	VHF Omnidirectional Range
<b>ZAD</b>	Zone Aérienne de Défense
<b>ZIT</b>	Zone d'Interdiction Temporaire



## 5.9 ANNEXE 2 : SITES WEB INTERESSANTS

- Direction de la circulation aérienne militaire : <http://www.dircam.air.defense.gouv.fr/dia/>  
Présente les informations sur les activités de la défense par rubriques ainsi que les cartes des servitudes du territoire consultables en ligne.
- Service de l'Information Aéronautique : <https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/>  
Présente l'ensemble des informations relatives à la navigation aérienne nationale et internationale (sécurité, régularité et efficacité). Les cartes sont disponibles sous l'onglet « Information aéronautique », à la rubrique « AIP-Cartes ».
- Sites pour le chapitre écologie :
  - o [www.sfepm.org](http://www.sfepm.org)
  - o [www.eolien-biodiversite.com/](http://www.eolien-biodiversite.com/)
  - o [www.ecoobs.com](http://www.ecoobs.com)
  - o <http://www.wildlifeacoustics.com/>

## 5.10 ANNEXE 3 : DOCUMENTS ETUDIÉS

L'acceptabilité sociale des éoliennes : des riverains prêts à payer pour conserver leurs éoliennes. Enquête sur quatre sites éoliens français. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie du Développement durable. Commissariat Général au Développement Durable et de l'aménagement du territoire. Etudes et documents, n°5, juin 2009.

Elaboration de l'étude des dangers dans le cadre des parcs éoliens, guide technique. Syndicat des Énergies Renouvelables, France Énergie Éolienne, INERIS. Mai 2012.

Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables. Période 2009 – 2020, en application de l'article 4 de la directive 2009/28/CE de l'Union européenne. Ministère de l'écologie, de l'énergie, du Développement durable et de la Mer.

### Bibliographie pour le chapitre écologie :

ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2009. *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*, Biotope, 576 p.

BARATAUD M., 2012. *Écologie acoustique des chiroptères d'Europe – Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse*, 344 p.

Dietz, C., von Helversen, O. & Nil, D., 2009, *L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord*, Delachaux et Niestlé, 400 p.

LPO – BIOTOPE, novembre 2008, *Etude des mouvements d'oiseaux par radar – analyse des données existantes*, 55 p.

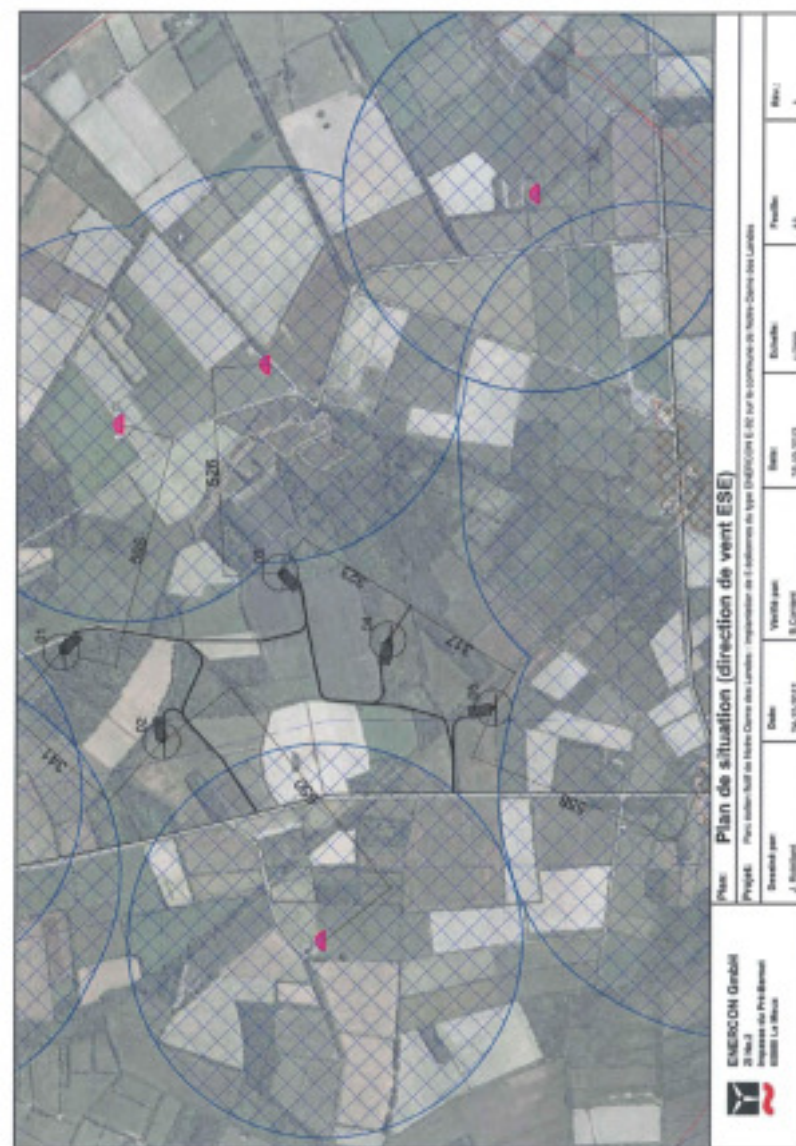
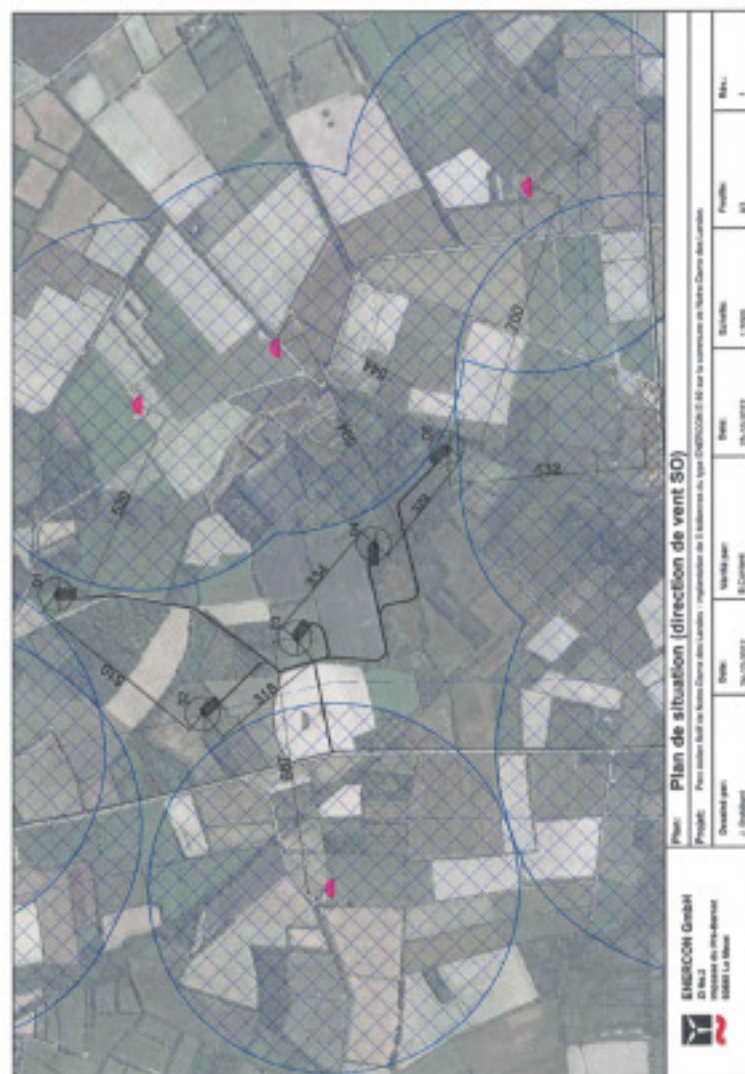
SETRA, 2008, *Routes et chiroptères, État des connaissances*.





## 5.11 ANNEXE 4 : IMPLANTATIONS SUR LE SITE PILOTE

- Implantation avec 5 éoliennes E-92 (mât béton de 98,38 m et de 138,38 m de hauteur)





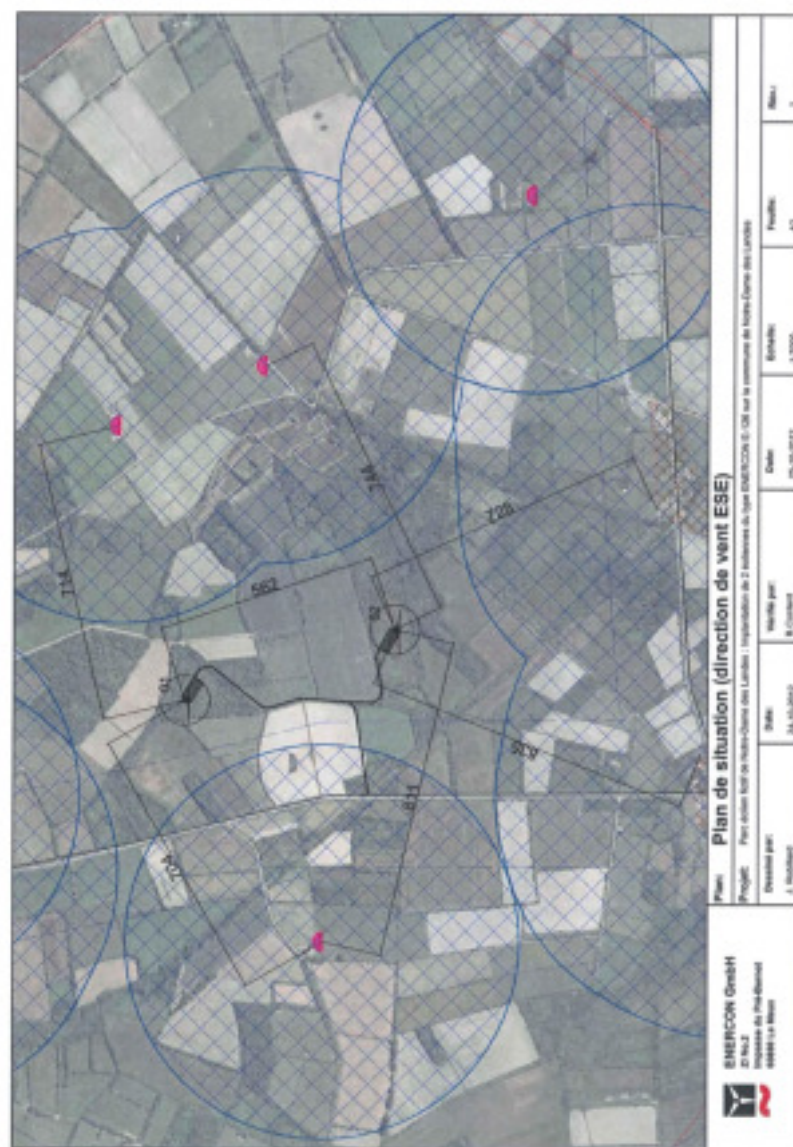
- Implantation avec 3 éoliennes E-92 (mât béton de 138,38 m de hauteur)



© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.



- Implantation avec 2 éoliennes E-126 (mât béton de 134,95 m de hauteur)



© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés. En cas de diffusion la version originale prévaut.



## 5.12 ANNEXE 5 : FICHES DE CALCULS WINDPRO DE LA SIMULATION DE PRODUCTIBLE

Fiches de calculs WindPRO de la simulation de productible du site pilote dans le grand ouest :

- 5 E-92 sur mât de 98 m ;
- 5 E-92 sur mât de 138 m ;
- 3 E-92 sur mât de 138 m ;
- 2 E-126 sur mât de 135 m.