



C3E SARL

COMPAGNIE DE L'EAU DE L'ENERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT

Rue 1 x D, Point E Pavillon USIMA / BP : 114, Dakar Sénégal

ETUDES COMPLEMENTAIRES PARC EOLIEN CONSEIL REGIONAL DE SAINT LOUIS



Titre : RAPPORT INTERMEDIAIRE MESURES GANTOUR / SITE SUD RAO M+2

Révision		Date	Rédigé	Validé
1	Remarques M.L. Ndiaye	19/04/2007	-	-
0	Initial	13/04/2007	Coumba Sy	N.Martin-Granel

TABLES DES MATIERES

Introduction	5
I- COLLECTE ET TRAITEMENT DES DONNEES	6
I- 1. Collecte du mois de février	6
I- 2. Collecte du mois de mars	6
I- 3. Traitement de données	6
I-3-1. Les facteurs de correction anémométriques	6
I-3-2. La correction angulaire	7
II- RESULTATS OBTENUS	7
II-1. Les valeurs moyennes journalières	8
II-1-1 Pour le mois de février	8
II-1-2. Pour le mois de mars	9
II-2. Les variations diurnes et nocturnes de la vitesse du vent	11
II-2-1. En février	11
II-2-2. En mars	11
II-3. Les distributions en fréquence de vitesses du vent	12
II-3-1. En février	12
II-3-2. En mars	14
II-4. Les roses des vents	16
II-4.1- La rose des fréquences des vents	16
II-4-1-1. En février	16
II-4-1-2. En mars	18
II-4.2- La rose des énergies	20
II-4-2-1. En février	21
II-4-2-2. En mars	22
II- 5. L'indice de turbulence	23
II- 6. Le cisaillement	24
Conclusion	27

ANNEXES.....	28
A- Distribution des fréquences.....	29
1- En février 2007	29
2- En mars 2007	32
B- Summary report.....	35
1- En février 2007	35
2- En mars 2007	36
C- Roses de énergies	37
1- En février 2007	37
2- En mars 2007	38

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des sites de mesures	5
Figure 2 : Les variations journalières de la vitesse du vent en février 2007.....	9
Figure 4 : Les variations diurnes et nocturnes de la vitesse du vent en février 2007.....	11
Figure 5 : Les variations diurnes et nocturnes de la vitesse du vent en mars 2007.....	11
Figure 6 : Les fréquences de vitesse à 40 m en février 2007	13
Figure 7 : Les fréquences de vitesse à 40 m en mars 2007	15
Figure 8 : La rose des directions de la girouette supérieure en février 2007	17
Figure 9 : La rose des directions de la girouette inférieure en février 2007.....	17
Figure 10 : La rose des directions de la girouette supérieure en mars 2007	18
Figure 11 : La rose des directions de la girouette inférieure en mars 2007	19
Figure 12 : La rose des énergies à 40 m en février 2007	21
Figure 13 : La rose des énergies à 40 m en mars 2007	22
Figure 14 : Le profil vertical de la vitesse moyenne mensuelle ($\alpha = 0,25$) en février 07	26
Figure 15 : Le profil vertical de la vitesse moyenne mensuelle ($\alpha = 0,18$) en mars 07	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des résultats des anémomètres supérieurs.....	7
Tableau 2 : Vitesses moyennes journalières (m/s) du vent et température moyenne sur le site de Gantour en février 2007	8
Tableau 3 : Vitesses moyennes journalières (m/s) du vent et température moyenne sur le site de Gantour en mars 2007	10
Tableau 4 : Les fréquences de la vitesse du vent en février 2007	12
Tableau 5 : Les fréquences de la vitesse du vent en mars 2007	14
Tableau 6 : Les fréquences des directions en février 2007	16
Tableau 7 : Les fréquences des directions en mars 2007	18
Tableau 8 : La table de la rose des énergies en février 2007	21
Tableau 9 : La table de la rose des énergies en mars 2007	22
Tableau 10 : Les valeurs moyennes de l'indice de turbulence.....	24
Tableau 11 : Les variations de l'exposant à différentes hauteurs	24

Introduction

Ce document est le premier rapport bimestriel des résultats obtenus en effectuant les mesures sur le site de Gantour / Sud Rao. Il fournit les caractéristiques du vent (vitesses et directions) et de la température sur la période 06 février au 31 mars 2007.

Sur un mat de mesure de 40 m ont été installés quatre anémomètres (aux niveaux 40, 39, 29 et 17 m de haut), deux girouettes (à 37 et 23 m), un capteur de température et un enregistreur. Les spécifications de ces équipements sont détaillées dans le rapport d'installation.

Le site de mesures de Gantour est localisé au sud de Rao dans la région de St Louis du Sénégal (figure 1). Les caractéristiques de ce site sont détaillées dans le rapport d'installation.

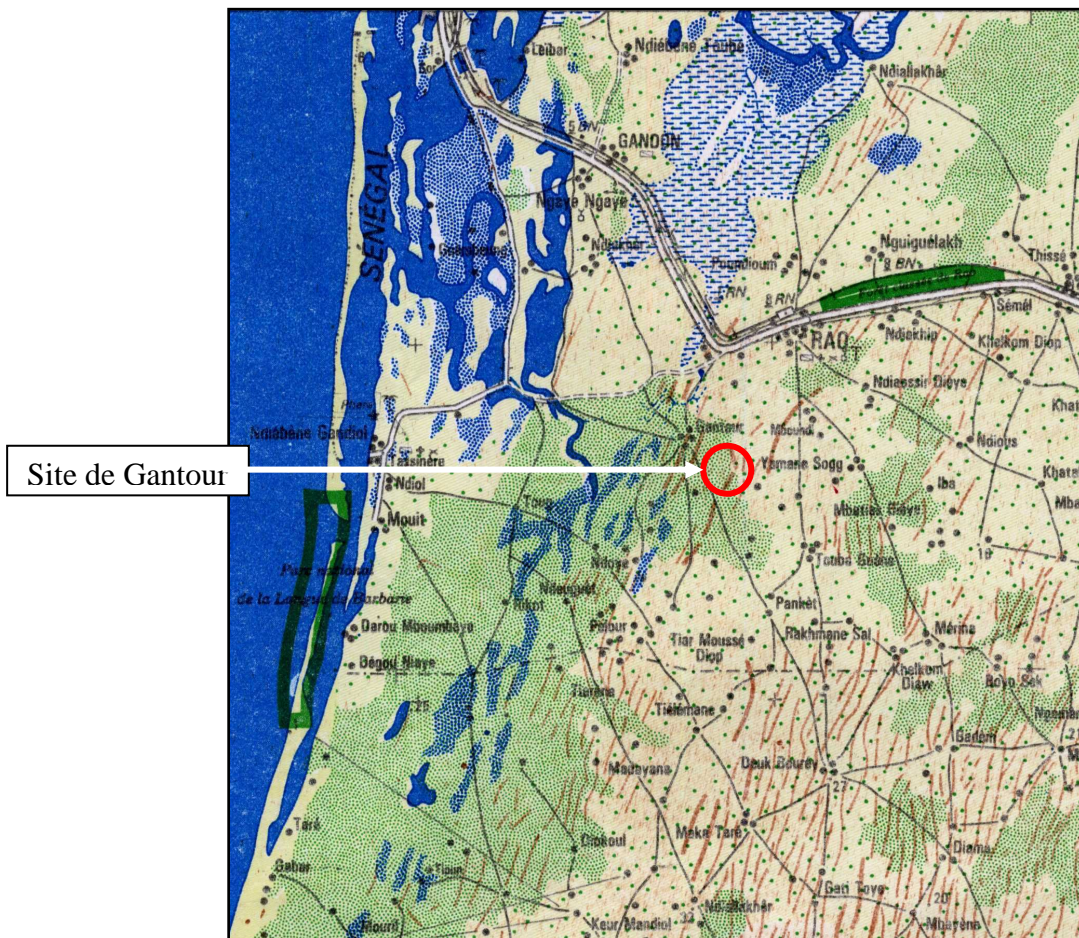


Figure 1 : Localisation du site de Gantour

I- COLLECTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Les données sont récupérées sous la forme de fichiers journaliers de type NRG Raw Data File. En annexe se trouvent les « Summary Report » édités via le logiciel de NRG.

I- 1. Collecte du mois de février

26 fichiers ont été collectés. Signalons que le premier jour de mesure, c'est-à-dire le 05 février est exclu car il commence à 15h et que pour 2 jours (les 23 et 24) la journée est partagée en 2 fichiers du fait de la manipulation de la carte d'enregistrement.

Le traitement des données sera donc basé sur 23 jours complets, représentant 3312 intervalles de 10 minutes. Sur la période de mesure 100% des intervalles sont valides. Cela représente, par rapport au mois de février complet (du 1^{er} au 28), 82 % de couverture.

I- 2. Collecte du mois de mars

32 fichiers ont été collectés. Cependant, il faudra noter que : pour un jour (le 22), la journée est partagée en 2 fichiers du fait de la manipulation de la carte d'enregistrement.

Le traitement se basera donc sur 31 jours complets, représentant 4464 intervalles de 10 minutes. Sur la période de mesure, soit l'ensemble du mois, 100% des intervalles sont valides.

I- 3. Traitement de données

I-3-1. Les facteurs de correction anémométriques

Les facteurs issus de la calibration, qui permettent d'augmenter la précision de la mesure, ont été intégrés directement au niveau du datalogger à partir du 22 février 2007. Avant ce jour, cette correction n'était pas appliquée et les enregistrements des mesures se faisaient avec les facteurs standard de NRG.

I-3-2. La correction angulaire

Pour chaque girouette, les données brutes sont modifiées pour tenir compte d'abord de la direction de référence, ensuite de la déclinaison magnétique (voir rapport d'installation). En effectuant cette modification on s'est aperçu d'un décalage constant et anormal entre les résultats donnés par les deux girouettes, s'expliquant par l'inversion du relevé des voies d'enregistrement, ce qui a été vérifié sur site, et corrigé pour la présentation des résultats.

II- RESULTATS OBTENUS

La synthèse des résultats des anémomètres supérieurs (placés à 40 et 39 m) est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Synthèse des résultats des anémomètres supérieurs

	Vm 40 mensuelle	V40 max 10 min	V40 max 2s (rafale)		Vm 39 mensuelle	V39 max 10 min	V39 max 2s (rafale)
Février	7,01	12,9	16,7		7,06	13,3	17,2
Mars	7,06	12,4	17,1		7,05	12,7	17,5
Moyenne ou maximum	7,04	12,9	17,1		7,06	13,3	17,5

La différence entre les moyennes enregistrées à 39 m et 40 m est faible et inférieure à 1 %. Cependant, elle est dans le sens contraire de ce qui aurait été normal, c'est-à-dire V40 supérieure à V39. Cela peut être dû à l'effet d'abri causé par le mat (voir chapitre « roses des vents »).

Sur cette période, le maximum sur 10 mn a été enregistré le 10 février à 11h40 (vent d'Est) et le maximum sur 2 s a été enregistré le 10 mars à 11h20 (vent d'Est).

II-1. Les valeurs moyennes journalières

II-1-1 Pour le mois de février

Les variations moyennes journalières de la vitesse du vent à différentes hauteurs et de la température sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Vitesses du vent (m/s) et températures (°C) sur le site de Gantour en février 2007 (moyennes journalière)

Jour	Vm à 40 m	Vm à 39 m	Vm à 29 m	Vm à 17 m	T. moyenne
06/02/2007	7,27	7,16	6,96	6,50	21,89
07/02/2007	6,25	6,16	5,96	5,47	21,49
08/02/2007	7,01	7	6,49	5,71	22,74
09/02/2007	7,43	7,50	6,81	5,87	25,20
10/02/2007	7,82	7,95	7,25	6,26	27,20
11/02/2007	7,15	7,26	6,50	5,59	27,21
12/02/2007	7,78	7,98	7,01	6,03	28,31
13/02/2007	7,08	7,26	6,43	5,56	28,61
14/02/2007	6,89	7,02	6,25	5,33	28,33
15/02/2007	6,22	6,30	5,62	4,81	28,98
16/02/2007	6,22	6,18	5,46	4,63	26,92
17/02/2007	6,14	6,08	5,48	4,70	25,69
18/02/2007	5,31	5,28	4,78	4,14	25,17
19/02/2007	6,60	6,54	6,13	5,50	26,10
20/02/2007	6,56	6,48	6,22	5,75	22,90
21/02/2007	7,34	7,34	6,84	6,08	23,63
22/02/2007	7,03	7,09	6,50	5,63	24,11
23/02/2007	7,39	7,43	6,81	5,95	25,07
24/02/2007	7,49	7,58	6,90	6,07	25,39
25/02/2007	8,02	8,20	7,48	6,61	25,10
26/02/2007	7,12	7,21	6,48	5,56	25,18
27/02/2007	7,71	7,86	7,10	6,22	27,05
28/02/2007	7,35	7,50	6,80	6	28,03
Moyenne mensuelle	7,01	7,06	6,45	5,65	25,67
Moy. journ. min	5,31	5,28	4,78	4,14	21,49
Moy. journ. max	8,02	8,20	7,48	6,61	28,98
Ecart type	0,66	0,72	0,65	0,61	

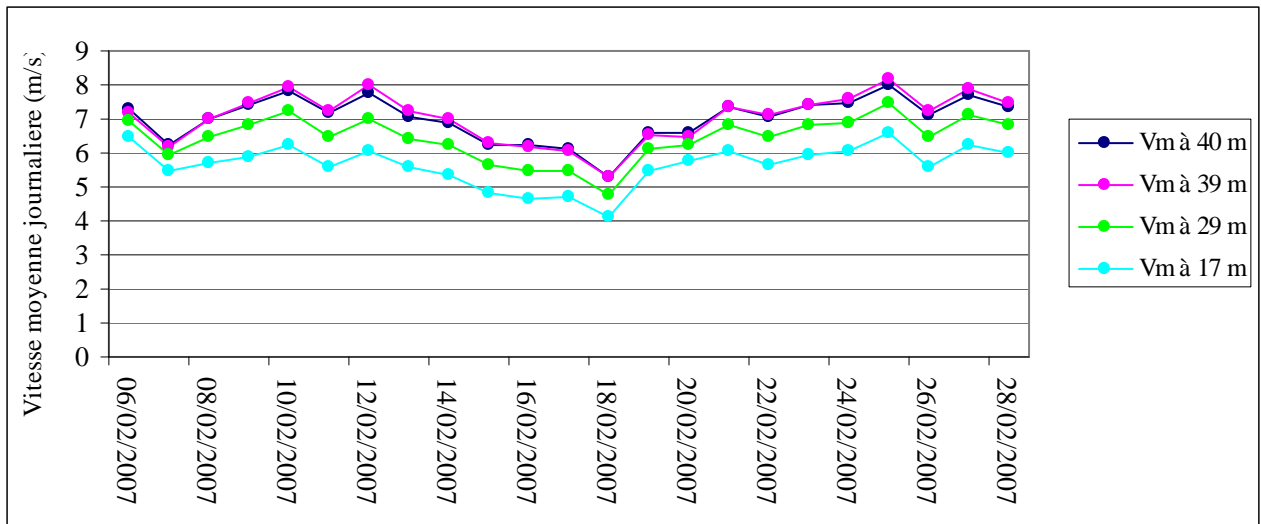


Figure 2 : Les variations journalières de la vitesse du vent en février 2007

II-1-2. Pour le mois de mars

Les variations moyennes journalières de la vitesse du vent à différentes hauteurs sont représentées par la figure suivante :

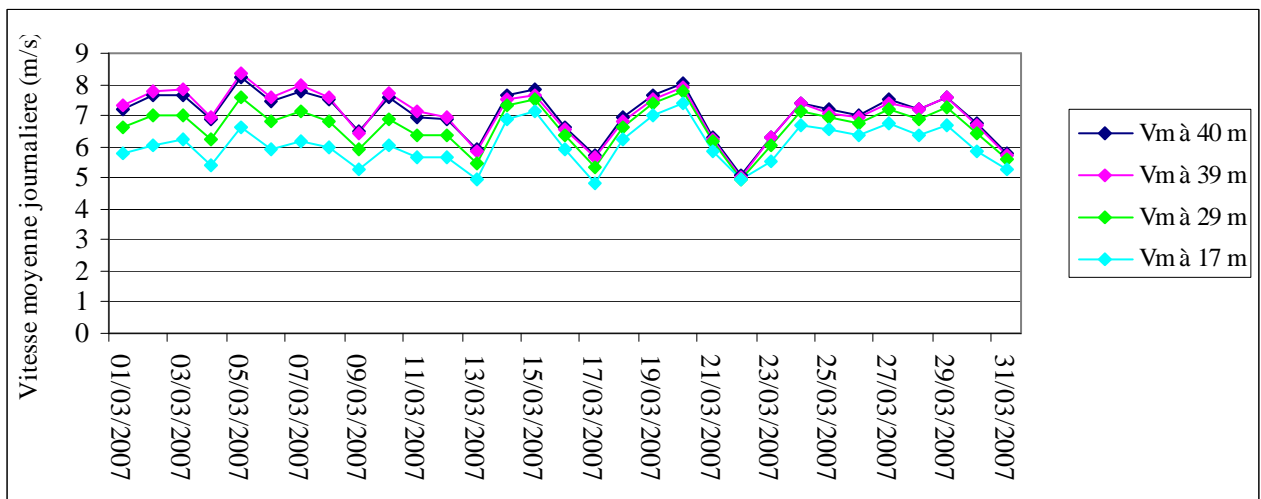


Figure 3 : Les variations journalières de la vitesse du vent en mars 2007

Tableau 3 : Vitesses du vent (m/s) et températures (°C) sur le site de Gantour en mars 2007
(moyennes journalière)

Jour	Vm à 40 m	Vm à 39 m	Vm à 29 m	Vm à 17 m	T. moyenne
01/03/2007	7,20	7,31	6,61	5,77	27,96
02/03/2007	7,68	7,78	7,02	6,07	28,80
03/03/2007	7,64	7,84	7,03	6,23	31,02
04/03/2007	6,91	6,93	6,21	5,43	28,78
05/03/2007	8,21	8,35	7,56	6,63	30,46
06/03/2007	7,47	7,58	6,81	5,89	30,24
07/03/2007	7,80	7,94	7,14	6,20	29,43
08/03/2007	7,49	7,58	6,80	5,96	28,39
09/03/2007	6,48	6,42	5,89	5,27	26,52
10/03/2007	7,61	7,74	6,88	6,03	29,06
11/03/2007	6,94	7,14	6,37	5,66	29,27
12/03/2007	6,87	6,97	6,38	5,68	25,88
13/03/2007	5,92	5,86	5,47	4,96	24,46
14/03/2007	7,64	7,49	7,35	6,87	21,18
15/03/2007	7,82	7,68	7,55	7,13	20,71
16/03/2007	6,63	6,54	6,36	5,94	21,87
17/03/2007	5,72	5,66	5,35	4,81	24,68
18/03/2007	6,94	6,81	6,65	6,23	23,28
19/03/2007	7,67	7,51	7,42	7,02	21,20
20/03/2007	8,03	7,88	7,81	7,41	20,73
21/03/2007	6,33	6,26	6,19	5,84	21,16
22/03/2007	5,06	5,02	4,93	4,93	22,95
23/03/2007	6,32	6,28	6,04	5,53	25,40
24/03/2007	7,41	7,39	7,15	6,69	25,31
25/03/2007	7,20	7,09	6,97	6,58	24,59
26/03/2007	7,02	6,93	6,77	6,36	25,59
27/03/2007	7,50	7,41	7,20	6,73	26,39
28/03/2007	7,22	7,18	6,90	6,37	25,86
29/03/2007	7,60	7,58	7,25	6,69	25,34
30/03/2007	6,73	6,71	6,40	5,88	25,66
31/03/2007	5,81	5,71	5,59	5,25	23,65
Moyenne mensuelle	7,06	7,05	6,65	6,07	25,67
Moy. journ. min	5,06	5,02	4,93	4,81	20,71
Moy. journ. max	8,21	8,35	7,81	7,41	31,02
Ecart type	0,74	0,78	0,70	0,66	

II-2. Les variations diurnes et nocturnes de la vitesse du vent

En faisant la moyenne des vitesses en fonction des heures de la journée, il est possible de voir comment varient les caractéristiques du vent à l'échelle journalière.

II-2-1. En février

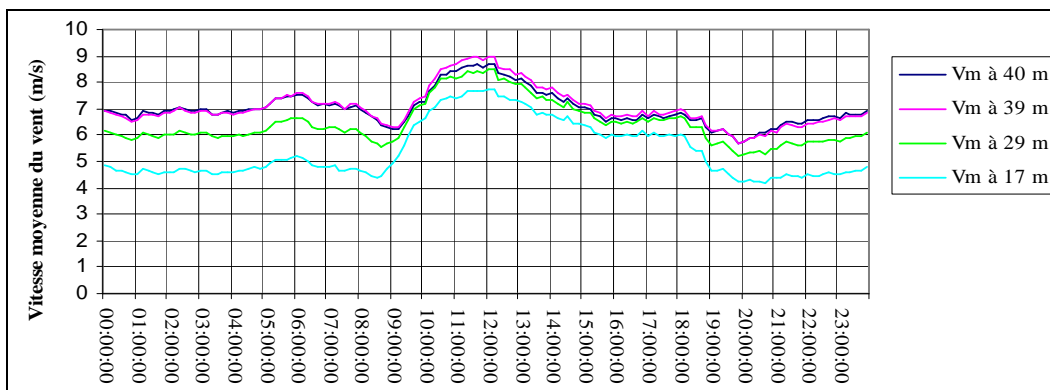


Figure 4 : Les variations diurnes et nocturnes de la vitesse du vent en février 2007

La nuit est relativement calme avec un creux en début de matinée vers 9 heures. Le vent augmente ensuite, avec des maxima enregistrés entre 11 et 12 heures. Le vent diminue durant l'après-midi, avec un minimum vers 20 heures.

II-2-2. En mars

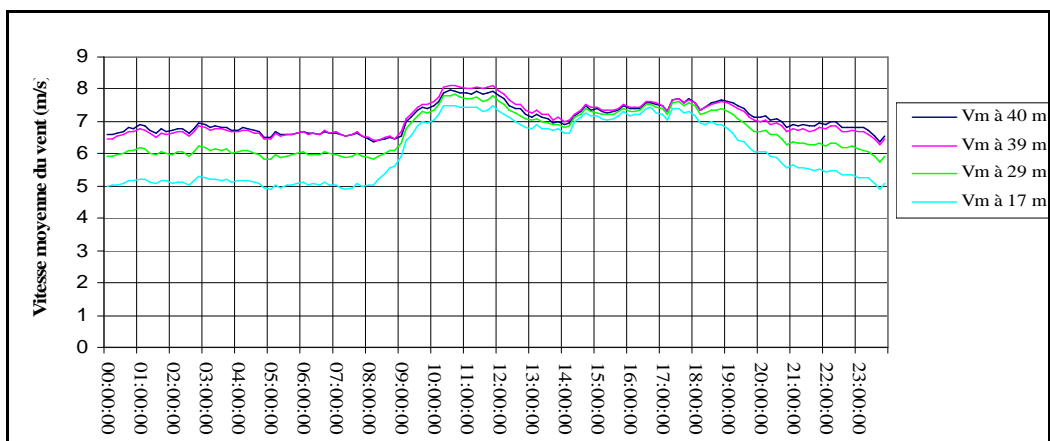


Figure 5 : Les variations diurnes et nocturnes de la vitesse du vent en mars 2007

L'évolution est d'abord similaire à celle du mois de février, cependant les moyennes restent élevées durant l'après midi.

II-3. Les distributions en fréquence de vitesses du vent

La distribution en fréquence de vitesses du vent indique le pourcentage du temps auquel le vent souffle à une vitesse donnée (par intervalle de 1 m/s).

II-3-1. En février

Tableau 4 : Les fréquences de la vitesse du vent en février 2007

Février 2007 Inter. V (m/s)	Fréquence de la vitesse du vent (%)			
	40 m	39 m	29 m	17 m
0,5-1,5	0,18	0,00	0,00	3,15
1,5-2,5	0,69	0,18	0,24	1,64
2,5-3,5	3,20	0,69	1,36	3,63
3,5-4,5	9,60	3,02	5,22	16,20
4,5-5,5	18,24	10,36	16,36	33,40
5,5-6,5	32,34	18,75	31,22	15,93
6,5-7,5	22,46	28,74	23,91	11,14
7,5-8,5	8,64	23,10	12,38	8,54
8,5-9,5	3,38	8,97	5,62	4,21
9,5-10,5	0,94	4,05	2,57	1,88
10,5-11,5	0,30	1,60	0,94	0,18
11,5-12,5	0,03	0,36	0,18	0,09
12,5-13,5	0,00	0,18	0,00	0,00
13,5-14,5	0,00	0,00	0,00	0,00

On remarque que sauf pour l'anémomètre le plus bas (à 17 m) il n'y a quasiment jamais de périodes de vent nul ou très faible (inférieur à 2,5 m/s).

Les figures représentatives de cette distribution sont obtenues à l'aide du logiciel Symphonie Data Retriever de NRG (figure 6) pour le niveau 40 m, et en annexe pour les autres niveaux.

Site Information:

Project: New Project
Location: Gantour
Elevation: 25 m

Sensor on channel 1:

NRG #40 Anem. m/s
Height: 40 m
Serial #: SN:1073

février 2007

Frequency Distribution Ch 1

SITE 0003
New Site

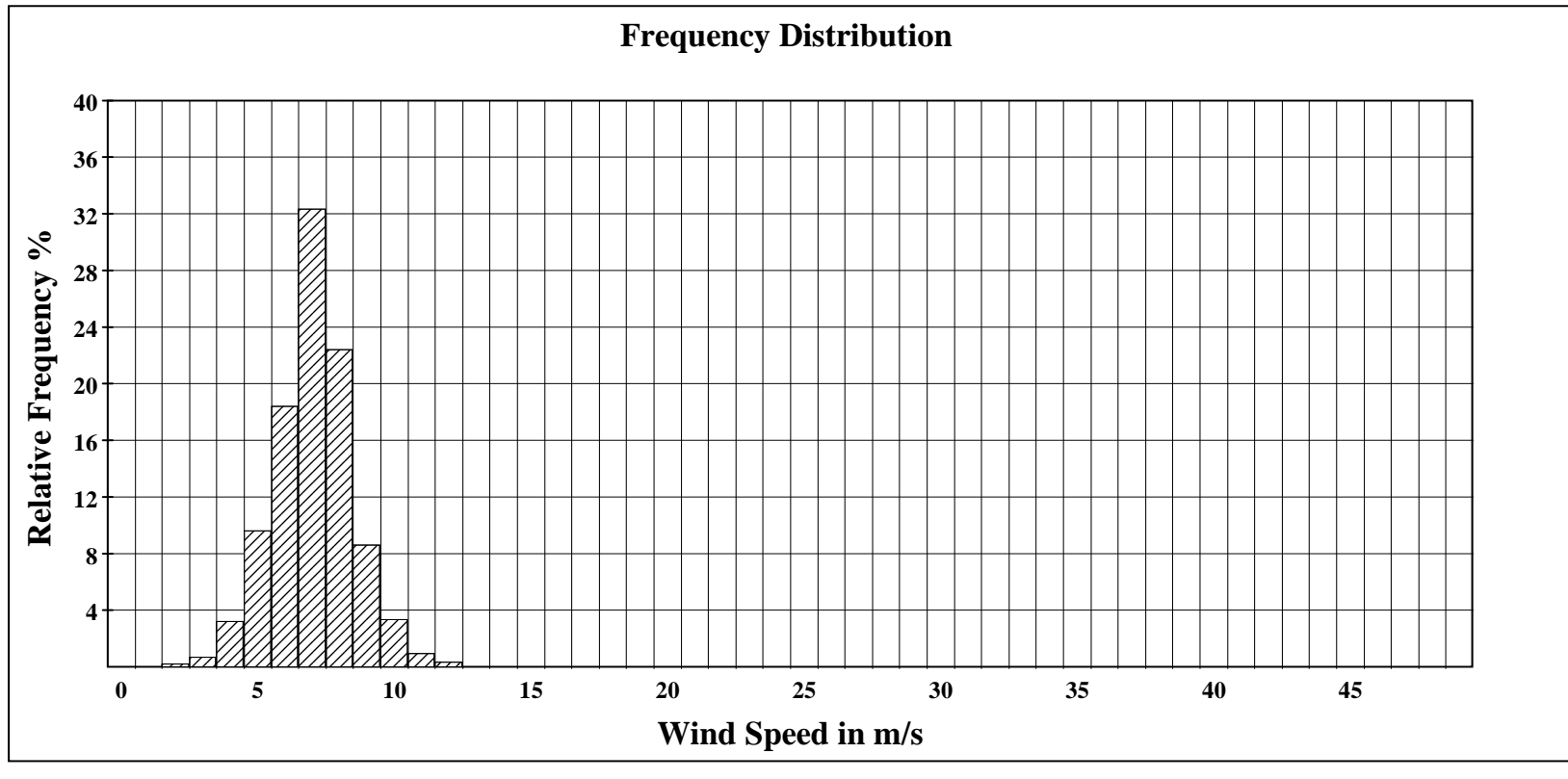


Figure 6 : Les fréquences de vitesse à 40 m en février 2007

Pendant plus de 50 % du temps les vitesses sont comprises entre 6,5 et 8,5 m/s et pour seulement 1% du temps elles sont supérieures à 11,5 m/s (plage de vitesse permettant d'atteindre la puissance nominale d'une éolienne).

On indiquera ultérieurement les valeurs des paramètres A et k de la loi de Weibull ajustant chaque distribution.

II-3-2. En mars

Tableau 5 : Les fréquences de la vitesse du vent en mars 2007

Mars 2007 Intervalle des vitesses (m/s)	Fréquence de la vitesse du vent (%)			
	40 m	39 m	29 m	17 m
0,5-1,5	0,02	0,02	0,04	0,07
1,5-2,5	0,04	0,04	0,09	0,20
2,5-3,5	0,36	0,31	0,54	1,93
3,5-4,5	2,82	2,82	4,81	12,07
4,5-5,5	9,12	9,76	14,20	28,03
5,5-6,5	20,22	21,12	28,12	19,63
6,5-7,5	29,41	27,73	25,46	17,15
7,5-8,5	23,29	23,09	15,02	12,81
8,5-9,5	9,68	9,79	7,66	5,71
9,5-10,5	3,36	3,29	3,07	1,99
10,5-11,5	1,37	1,39	0,76	0,31
11,5-12,5	0,31	0,56	0,20	0,11
12,5-13,5	0,00	0,07	0,02	0,00
13,5-14,5	0,00	0,00	0,00	0,00

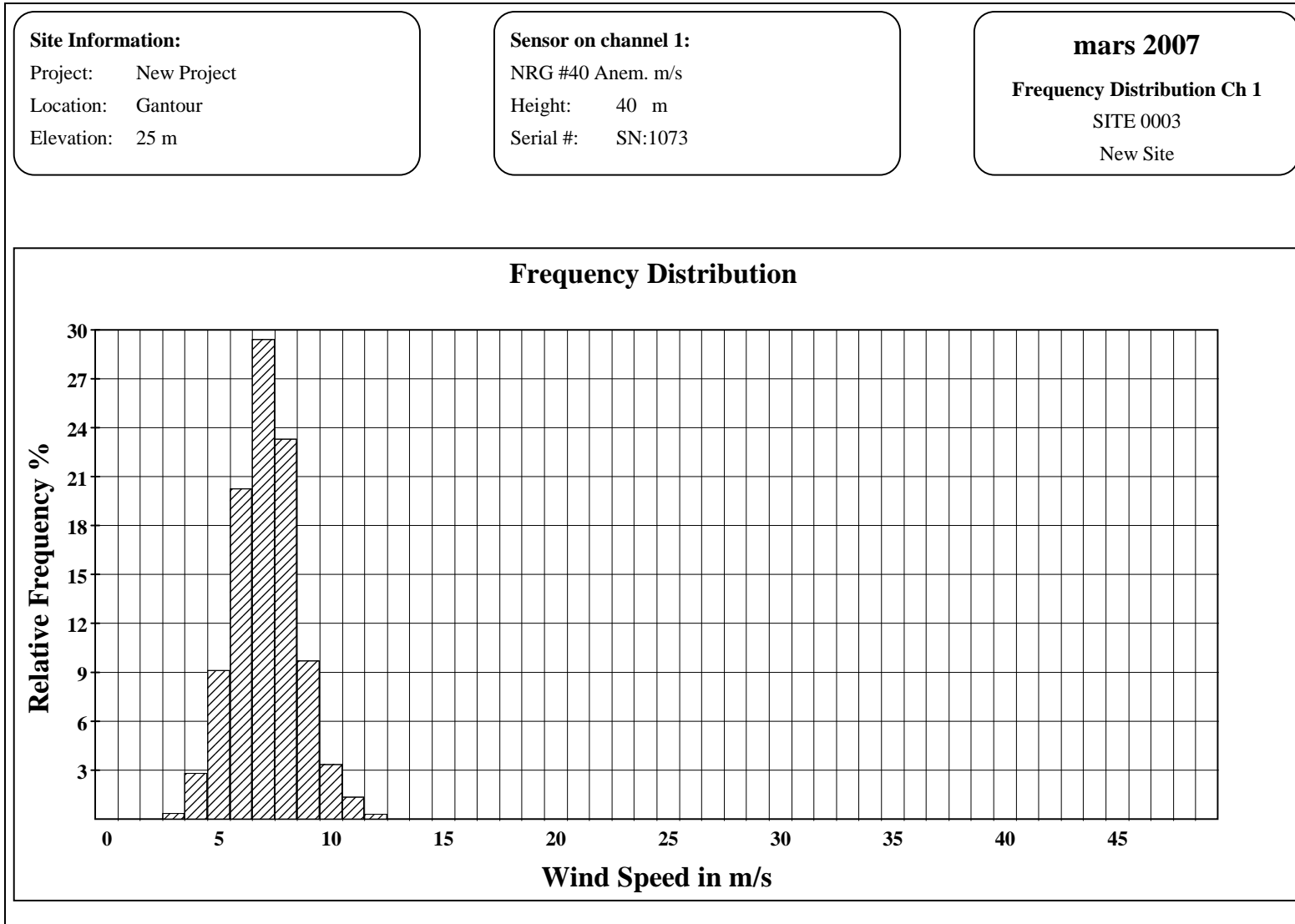


Figure 7 : Les fréquences de vitesse à 40 m en mars 2007

II-4. Les roses des vents

Les roses des vents permettent de représenter la distribution angulaire des vitesses et des directions du vent sur un site donné. Suivant la manière de représenter, nous pouvons distinguer : la rose des fréquences, la rose des vitesses et la rose des énergies.

II-4.1- La rose des fréquences des vents

La fréquence directionnelle du vent est le pourcentage du temps pendant lequel le vent souffle en provenance d'une direction particulière.

Par rapport aux données brutes des girouettes, nous avons recalé les directions par rapport au Nord géographique. Puis nous avons trié les données suivant des intervalles de secteur 22,5°, centrés sur 16 directions (tableau et figure).

II-4-1-1. En février

Tableau 6 : Les fréquences des directions en février 2007

Directions	% à 37 m	% à 23 m
N	21,71	21,44
NNE	15,55	13,86
NE	9,81	9,69
ENE	28,32	27,05
E	14,64	15,25
ESE	3,53	4,98
SE	0,27	0,57
SES	0,09	0,09
S	0,03	0,03
SSO	0,00	0,00
SO	0,00	0,00
SOS	0,00	0,00
O	0,00	0,00
ONO	0,00	0,00
NO	0,33	0,45
NNO	5,71	6,58

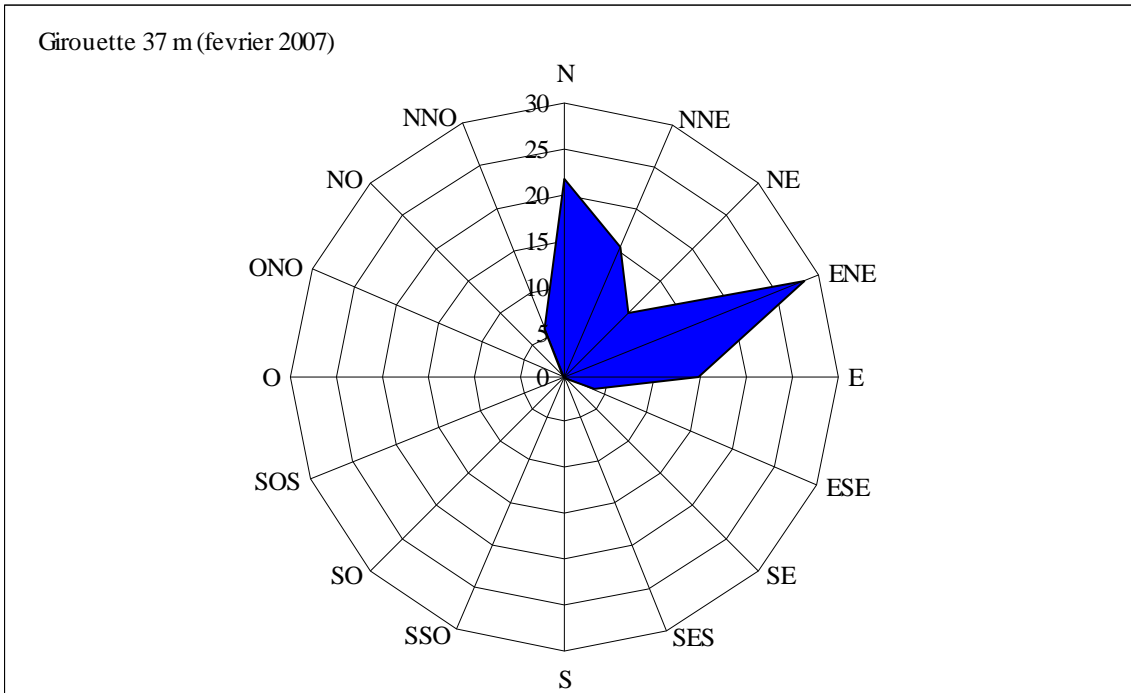


Figure 8 : La rose des directions de la girouette supérieure en février 2007

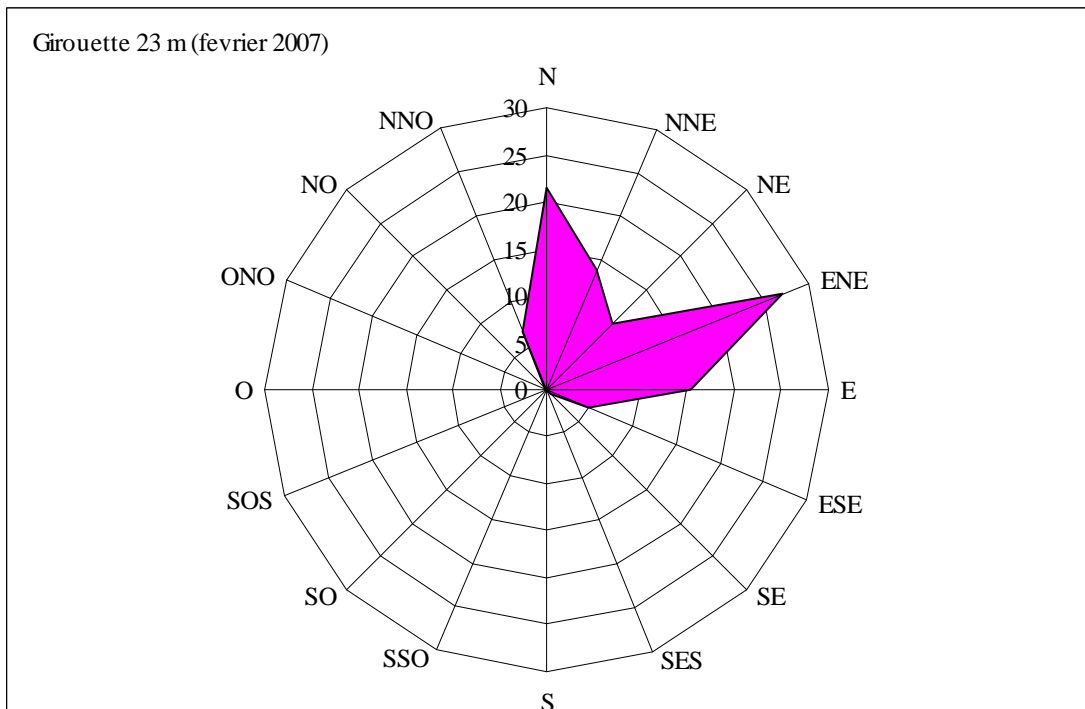


Figure 9 : La rose des directions de la girouette inférieure en février 2007

II-4-1-2. En mars

Tableau 7 : Les fréquences des directions en mars 2007

Directions	% à 37 m	% à 23 m
N	34,70	33,67
NNE	14,70	13,89
NE	5,80	6,14
ENE	14,40	13,87
E	8,49	9,54
ESE	1,55	2,17
SE	0,09	0,09
SES	0,00	0,00
S	0,00	0,00
SSO	0,00	0,00
SO	0,00	0,00
SOS	0,00	0,00
O	0,02	0,04
ONO	0,09	0,07
NO	0,96	1,19
NNO	19,20	19,33

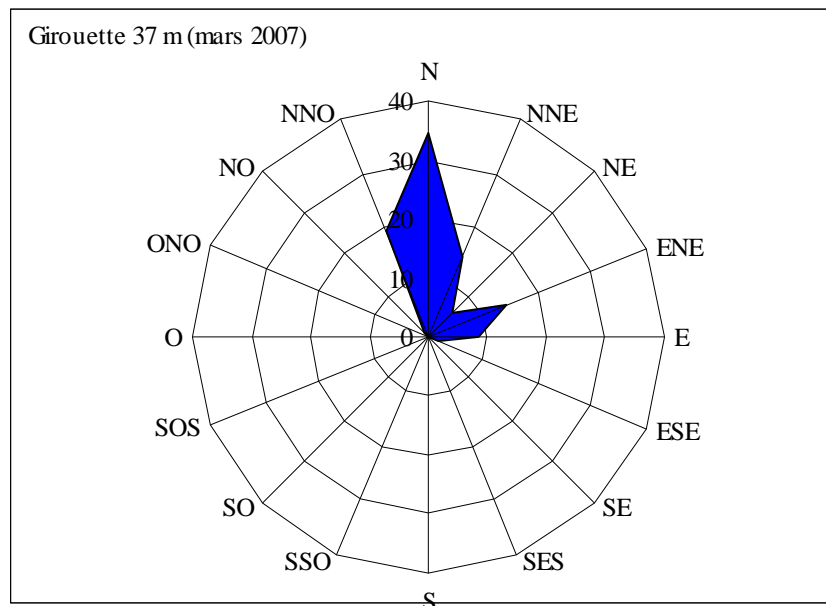


Figure 10 : La rose des directions de la girouette supérieure en mars 2007

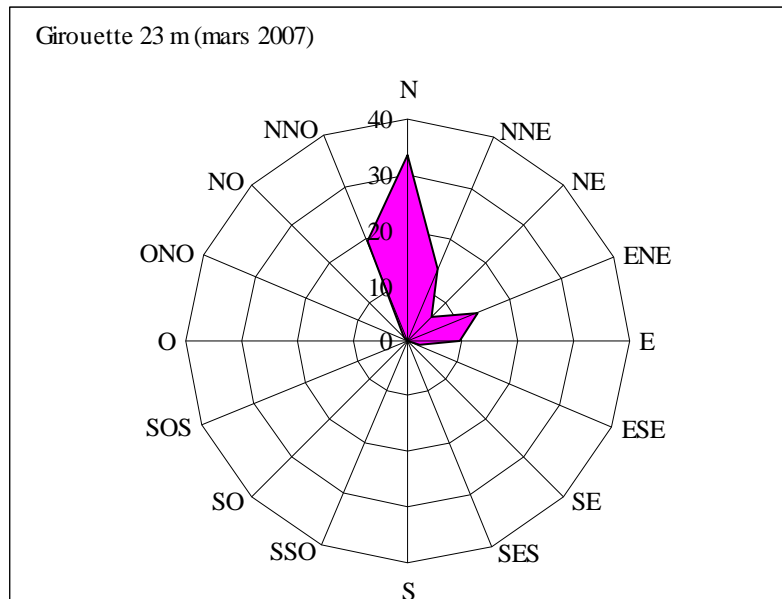


Figure 11 : La rose des directions de la girouette inférieure en mars 2007




On ne remarque pas de différence significative entre les 2 girouettes (supérieure et inférieure), dont d'ailleurs les supports sont orientés grossièrement pareil.

Par ailleurs, alors que le vent en février venait des 2 directions dominantes ENE et N, le vent en mars vient de la direction très dominante N, avec aussi une contribution importante NNO. Ces observations restent caractéristiques du régime de vent en saison sèche sur la grande côte sénégalaise (Dakar – St Louis).

II-4.2- La rose des énergies

Sachant que l'énergie transportée par le vent varie avec le cube de la vitesse moyenne du vent si le vent souffle d'une direction perpendiculaire à la surface balayée par le rotor, la rose des énergies, en combinant direction, fréquence et vitesse, est la plus utile pour le positionnement d'un champ d'éoliennes.

La rose des énergies est tracée à l'aide d'un logiciel spécifique pour le traçage de ce type de rose. Chaque rose correspond à un compas composé de seize secteurs, et pour chaque secteur, la légende suivante est adoptée :

-  les sections angulaires les plus extérieures montrent la distribution des fréquences du vent ;
-  les sections angulaires intermédiaires montrent la distribution du produit des vitesses du vent multipliées par la fréquence de celles-ci ;
-  les sections les plus intérieures montrent les vitesses du vent au cube (donc l'énergie contenue) multipliées par la fréquence du vent.

On rappelle que deux anémomètres sont au niveau supérieur : un à 40 m et un à 39 m, sur des supports orientés approximativement O (à 40 m) et N (à 39 m) afin de différencier l'effet d'abri qui peut être créé par le mât.

Pour la réalisation des roses d'énergie, sont utilisées les fréquences de direction enregistrées par la girouette placée à 37 m pour la combinaison avec les vitesses enregistrées par les anémomètres à 40 m, 39 m et 29 m, tandis que la rose des énergies pour le niveau inférieur est faite à partir de la girouette placée à 23 m et des vitesses mesurées à 17 m.

II-4-2-1. En février

Tableau 8 : La table de la rose des énergies en février 2007

Directions	% à 37 m	V moyenne à 40 m	V moyenne à 39 m	V moyenne à 29 m	% à 23 m	V moyenne à 17 m
N	21,71	6,47	6,35	5,85	21,44	4,75
NNE	15,55	6,71	6,60	5,85	13,86	4,75
NE	9,81	7,04	7,05	6,26	9,69	4,77
ENE	28,32	7,42	7,59	6,91	27,05	5,53
E	14,64	7,80	8,08	7,55	15,25	7,08
ESE	3,53	7,02	7,26	6,63	4,98	6,51
SE	0,27	5,52	5,56	5,42	0,57	5,50
SES	0,09	3,07	3,13	2,97	0,09	2,93
S	0,03	2,00	2,00	2,00	0,03	1,80
SSO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ONO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO	0,33	5,52	5,52	5,49	0,45	4,93
NNO	5,71	5,95	5,89	5,66	6,58	4,99

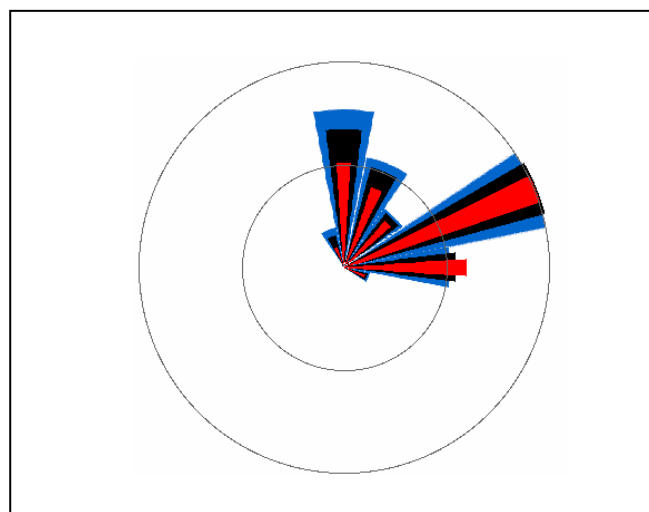


Figure 12 : La rose des énergies à 40 m en février 2007

II-4-2-2. En mars

Tableau 9 : La table de la rose des énergies en mars 2007

Directions	% à 37 m	V moyenne à 40 m	V moyenne à 39 m	V moyenne à 29 m	% à 23 m	V moyenne à 17 m
N	34,70	6,65	6,51	6,20	33,67	5,57
NNE	14,70	6,71	6,66	6,00	13,89	5,07
NE	5,80	7,19	7,31	6,61	6,14	5,48
ENE	14,40	7,31	7,55	6,99	13,87	6,35
E	8,49	7,76	8,02	7,46	9,54	7,01
ESE	1,55	8,91	9,16	8,28	2,17	7,59
SE	0,09	9,00	9,05	8,78	0,09	8,68
SES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SSO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O	0,02	2,70	2,80	2,80	0,04	2,05
ONO	0,09	3,68	3,70	3,70	0,07	4,60
NO	0,96	6,33	6,33	6,39	1,19	6,50
NNO	19,20	7,45	7,33	7,26	19,33	6,92

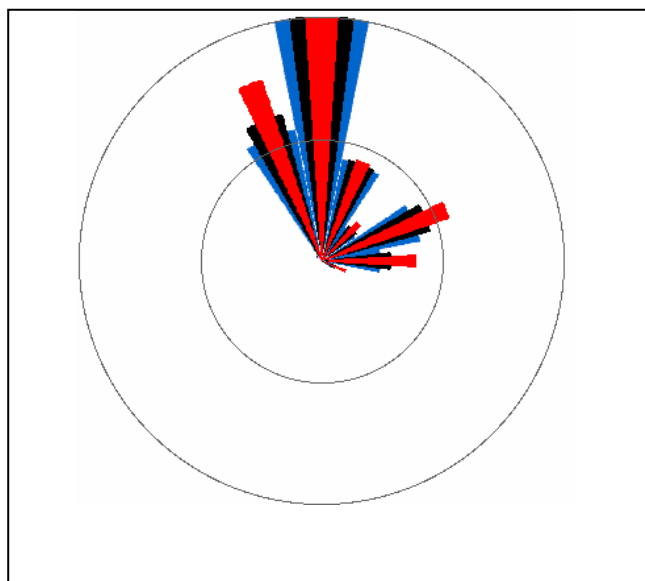


Figure 13 : La rose des énergies à 40 m en mars 2007

Le traçage des roses des énergies pour les autres niveaux que 40 m est donné en annexe C.

Les roses des énergies confirment la comparaison faite plus haut entre les roses des fréquences de février et mars : il y a un net changement de direction dominante entre ces 2 mois. Par ailleurs, on remarque que pour le secteur E et les 2 secteurs adjacents (ENE et ESE) la mesure au niveau 39 m est environ 0,25 m/s supérieure à celle au niveau 40 m (voir valeurs en rouge sur les tableaux 8 et 9). C'est explicable par l'effet d'abri causé par le mât, effet touchant l'anémomètre à 40 m lorsque le vent souffle de l'Est. On proposera ultérieurement un traitement des données pour prendre en compte cet effet.

II- 5. L'indice de turbulence

La turbulence est un changement brusque de direction et/ou de vitesse du vent, et elle doit être évaluée. En effet, dans les régions où la surface du terrain est très accidentée, ainsi que derrière les obstacles (un immeuble par exemple), la turbulence est souvent importante, et l'écoulement de l'air devient très irrégulier et tourbillonnaire. Les turbulences rendent plus difficile la récupération de l'énergie cinétique du vent par une éolienne et augmente de ce fait la fatigue des composants mécaniques de l'éolienne.

L'indice de turbulence est calculé avec la formule suivante pour chaque intervalle de dix minutes, en excluant les intervalles dont la vitesse moyenne est inférieure à 3 m/s (plage de vitesse sans incidence sur le fonctionnement de l'éolienne) :

$$\tau = \frac{\sigma(V)}{\bar{V}}$$

$\sigma(V)$ = Ecart type de la série des vitesses échantillonnées durant l'intervalle

\bar{V} = Vitesse moyenne de l'intervalle

Les moyennes mensuelles de cet indice sont consignées dans le tableau 10 :

Tableau 10 : Les valeurs moyennes de l'indice de turbulence

Indice de turbulence	à 40 m	à 39 m	à 29 m	à 17 m
Février 2007	10%	10%	11%	14%
Mars 2007	10%	10%	10%	14%

On procédera ultérieurement à l'étude de cet indice de turbulence par secteur de direction. Mais il apparaît déjà que le site est faiblement turbulent pour les vents de cette période (10% est l'hypothèse prise en général pour garantir la courbe de puissance théorique d'une éolienne).

II- 6. Le cisaillement

Le cisaillement est la variation de la vitesse du vent en fonction de la distance à la surface de la terre. La relation suivante permet l'extrapolation des vitesses de vent à une hauteur donnée (ajustement par une loi en puissance) :

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha$$

Pour ce premier rapport, nous déterminons simplement l'exposant (α) du profil de vent à partir des vitesses moyennes mensuelles prises aux différentes hauteurs. On procédera ultérieurement à l'étude de cet exposant par secteur de direction.

Tableau 11 : Les variations de l'exposant à différentes hauteurs

alpha	V 40 / V29	V29 / V17	V40 / V17
février	0,26	0,25	0,25
mars	0,19	0,17	0,18

Pour mémoire, une autre méthode de modélisation du cisaillement utilise la notion de longueur de rugosité, avec un ajustement par une loi logarithmique (\ln). Dans notre cas le cisaillement correspondrait à une longueur de rugosité d'environ 0,4 m. C'est une rugosité forte qui serait typique d'un environnement de villages, petites villes, terrain agricole avec de nombreuses ou de hautes haies vives, forêts et terrain très accidenté (définition selon l'Atlas éolien européen, WAsP). Ici ce cisaillement résulte plutôt de l'effet du relief (dune).

Les figures 14 et 15 illustrent le cisaillement (ou profil vertical) à partir des vitesses moyennes mensuelles mesurées aux 3 hauteurs, en utilisant une loi en puissance pour l'extrapolation.

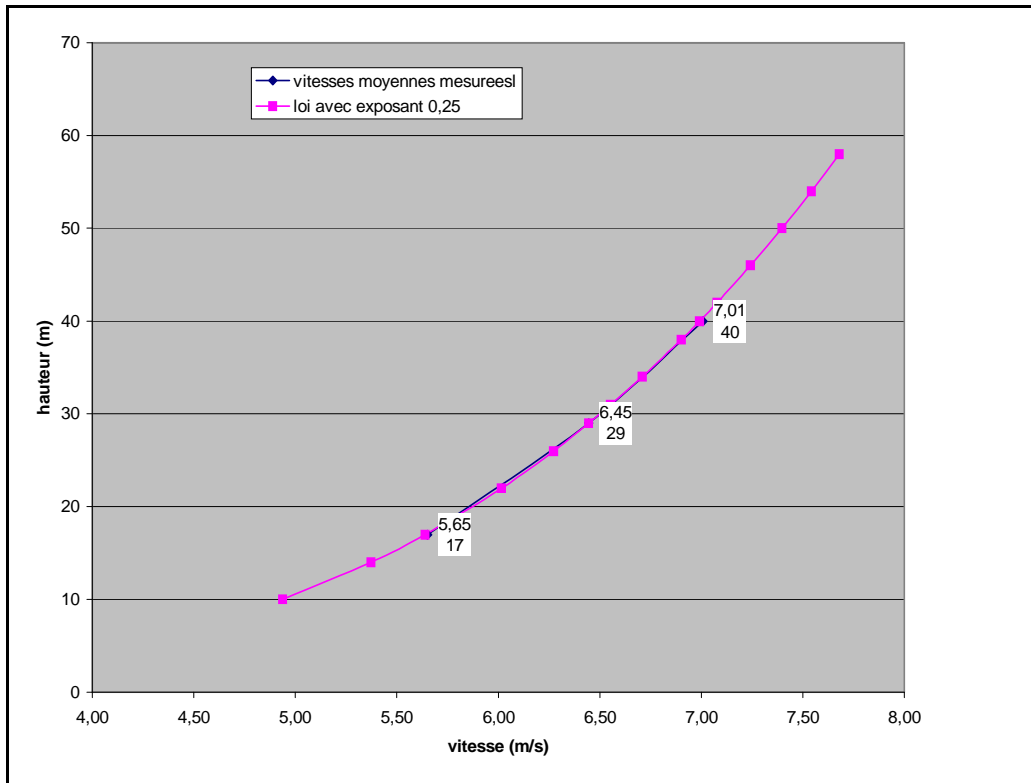


Figure 14 : Le profil vertical de la vitesse moyenne mensuelle ($\alpha = 0,25$) en février 2007

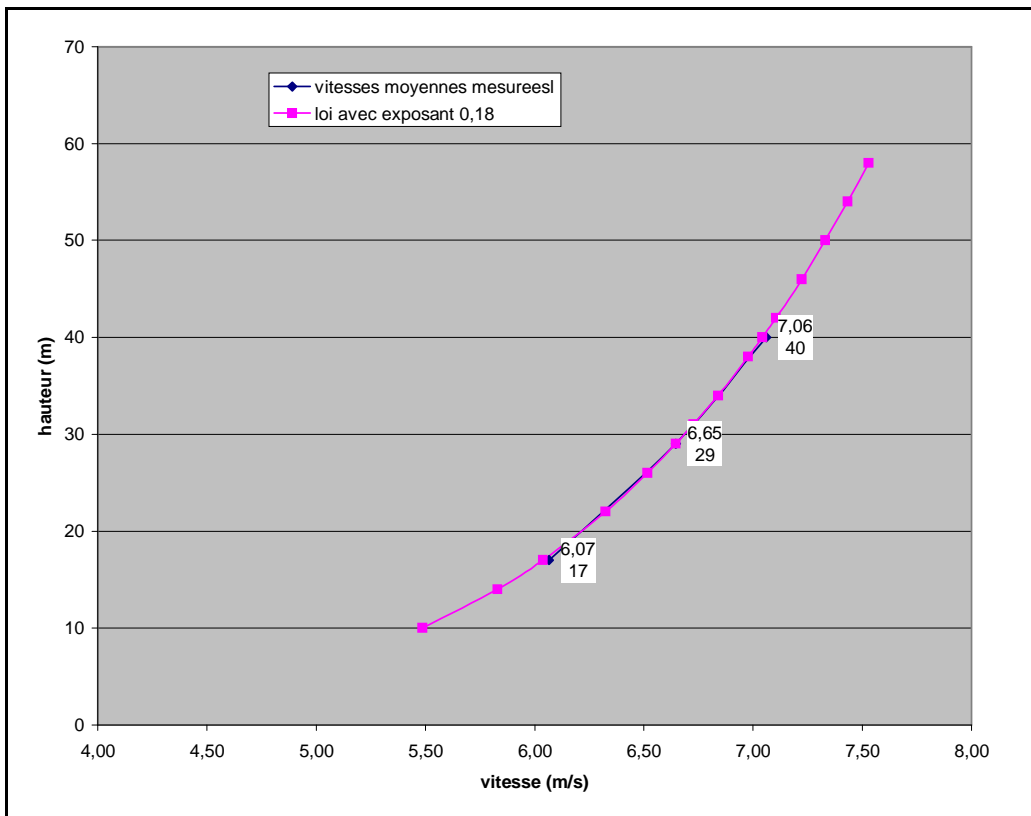


Figure 15 : Le profil vertical de la vitesse moyenne mensuelle ($\alpha = 0,18$) en mars 2007

Conclusion

On retrouve sur ces 2 premiers mois de mesures au niveau du site de Gantour / Sud Rao les caractéristiques climatiques déjà connues pour la région : vent très régulier, directions dominantes Nord et Est à cette période, température moyenne relativement élevée.

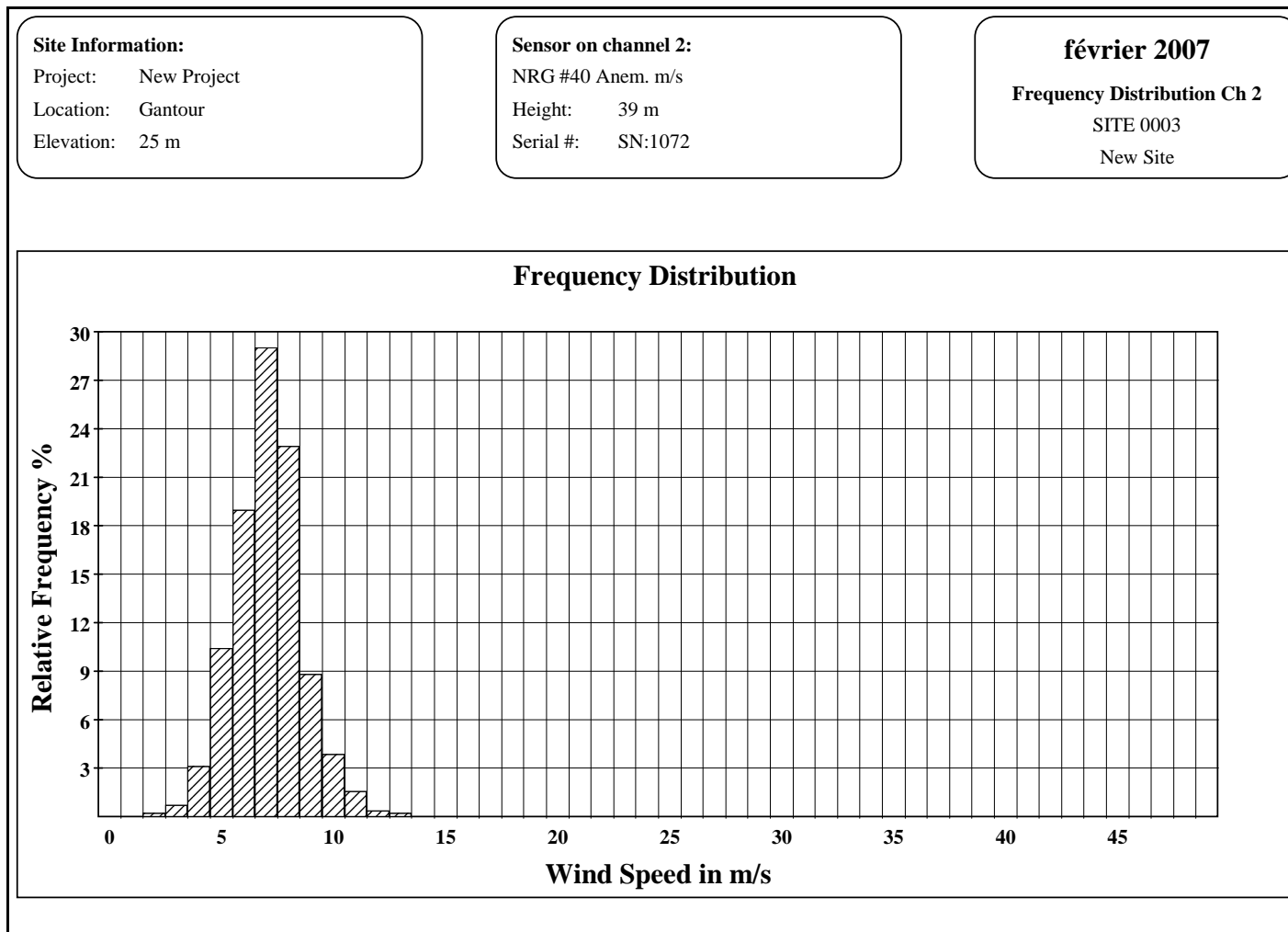
Au vu des vitesses enregistrées à 40 m, dont la moyenne sur les mois de février-mars dépasse 7 m/s (valeur bien supérieure aux données statistiques du Sénégal), le site paraît particulièrement bien exposé aux vents soufflant pendant cette période. De plus ses autres caractéristiques dues à la rugosité environnante et au relief (profil vertical et faible turbulence) sont favorables.

La corrélation avec le site de référence (pylone RTS de Gandon) permettra de quantifier ces atouts, et les mois à venir donneront les informations relatives aux vents de secteur Ouest soufflant pendant la saison humide.

ANNEXES

A- Distribution des fréquences

1- En février 2007



Site Information:

Project: New Project
Location: Gantour
Elevation: 25 m

Sensor on channel 3:

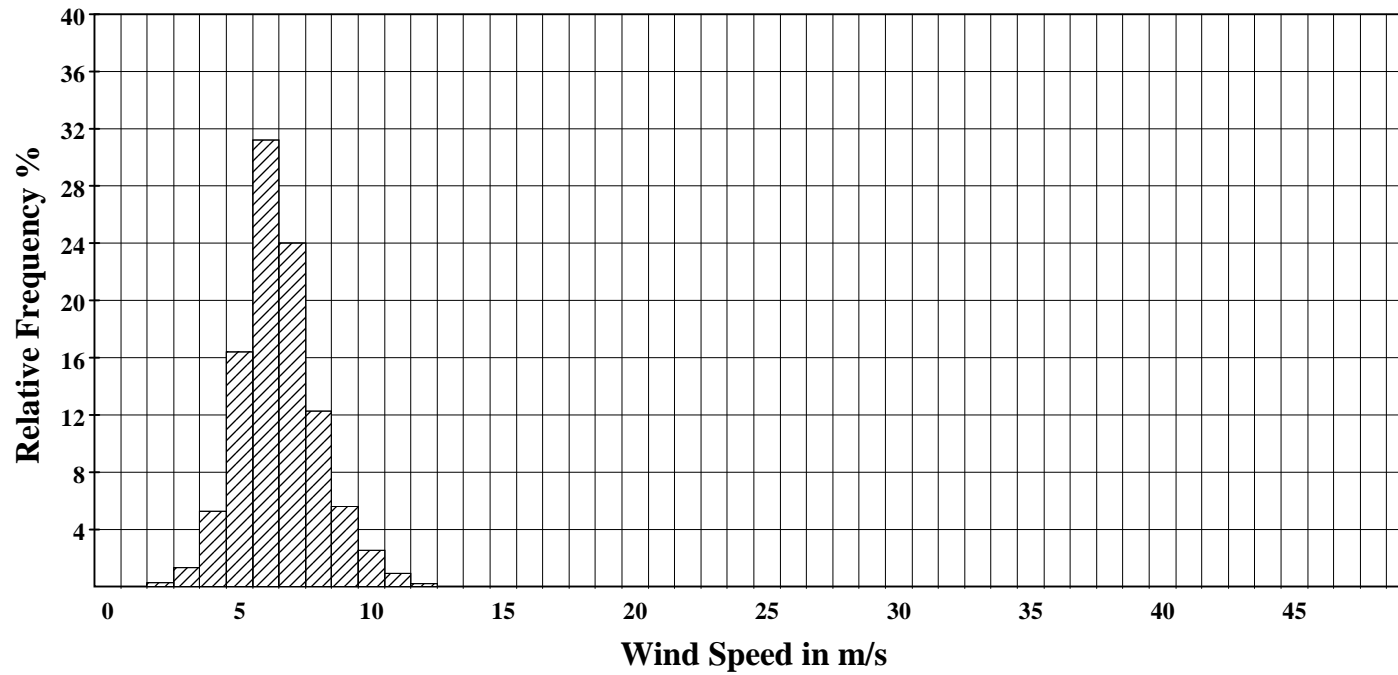
NRG #40 Anem. m/s
Height: 29 m
Serial #: SN:1070

février 2007

Frequency Distribution Ch 3

SITE 0003
New Site

Frequency Distribution



Site Information:

Project: New Project
Location: Gantour
Elevation: 25 m

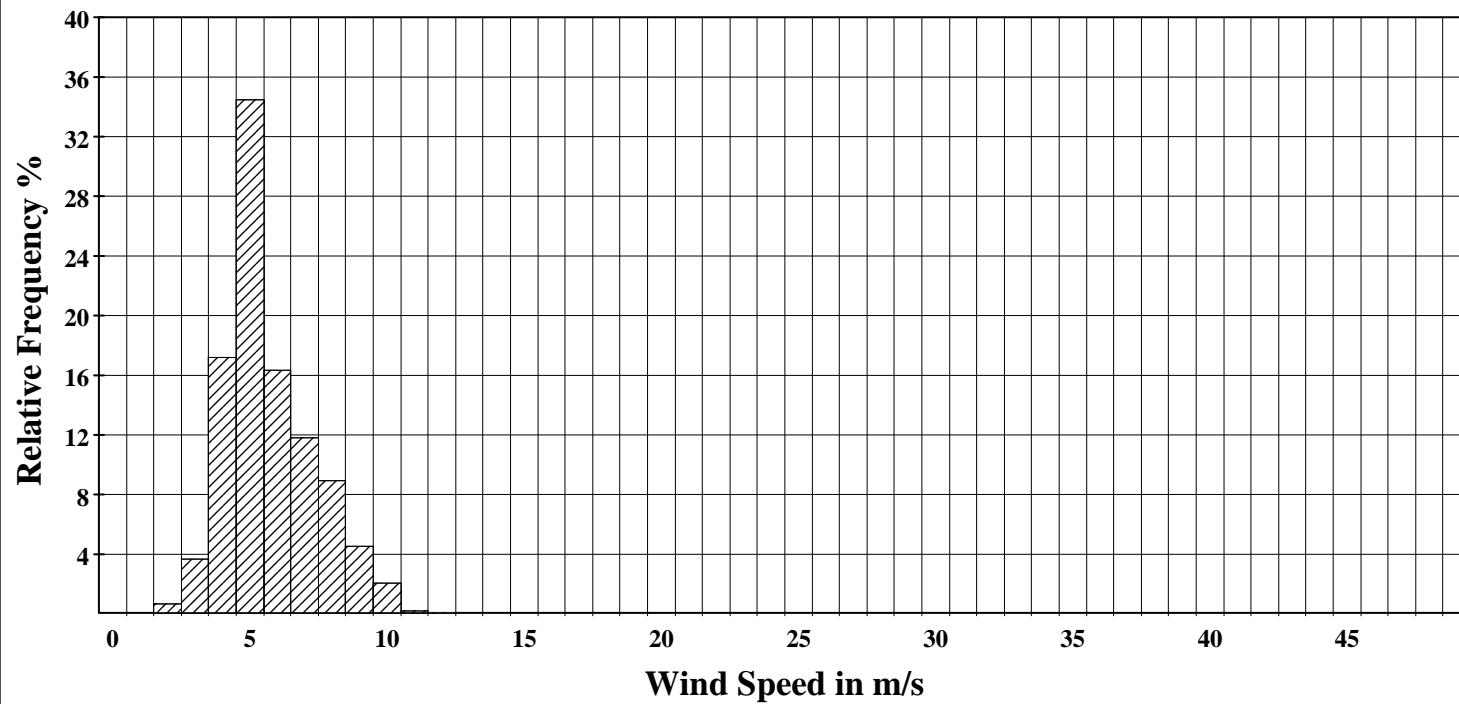
Sensor on channel 4:

NRG #40 Anem. m/s
Height: 17 m
Serial #: SN:1081

février 2007

Frequency Distribution Ch 4
SITE 0003
New Site

Frequency Distribution



2- En mars 2007

Site Information:

Project: New Project
Location: Gantour
Elevation: 25 m

Sensor on channel 2:

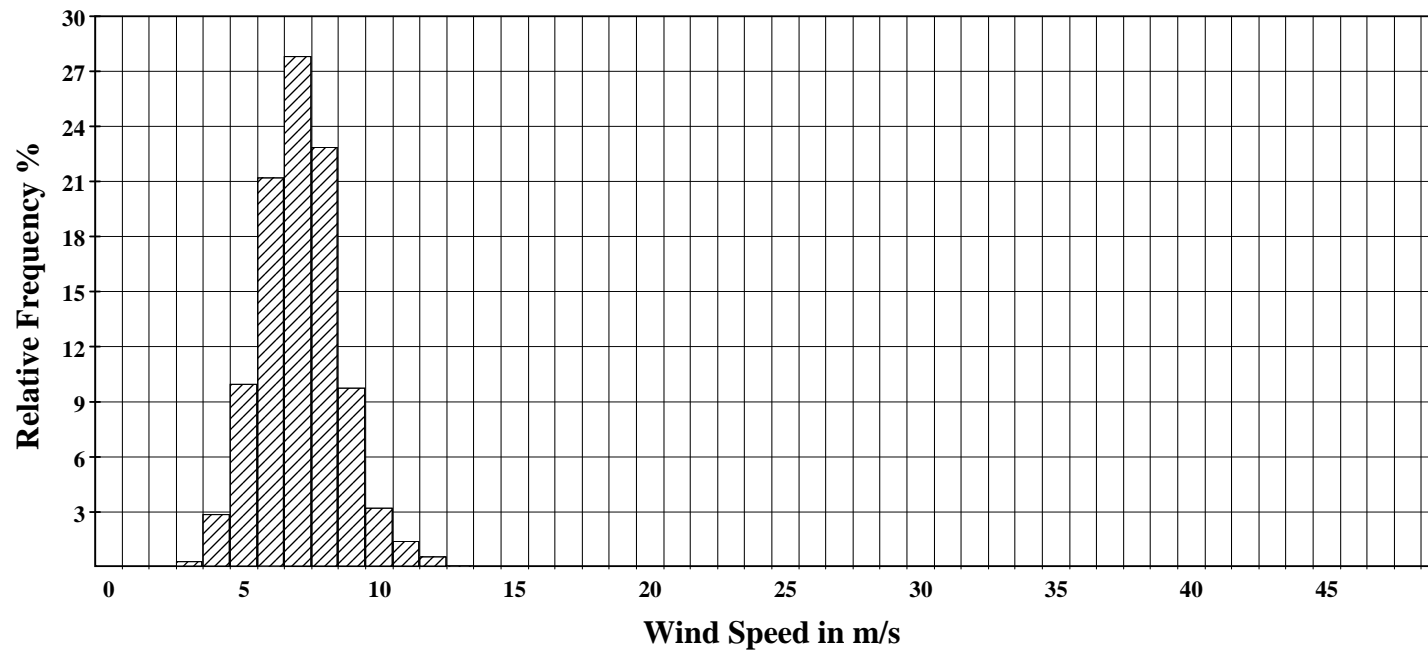
NRG #40 Anem. m/s
Height: 39 m
Serial #: SN:1072

mars 2007

Frequency Distribution Ch 2

SITE 0003
New Site

Frequency Distribution



Site Information:

Project: New Project
Location: Gantour
Elevation: 25 m

Sensor on channel 3:

NRG #40 Anem. m/s
Height: 29 m
Serial #: SN:1070

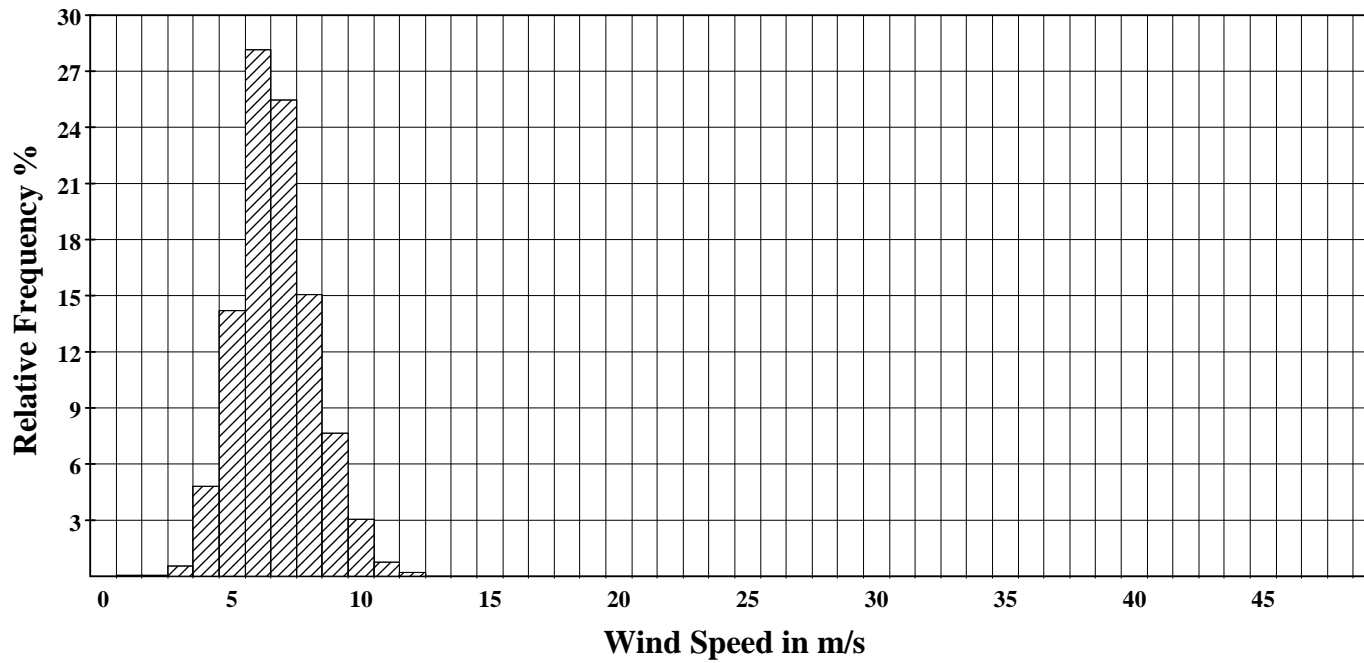
mars 2007

Frequency Distribution Ch 3

SITE 0003

New Site

Frequency Distribution



Site Information:

Project: New Project
Location: Gantour
Elevation: 25 m

Sensor on channel 4:

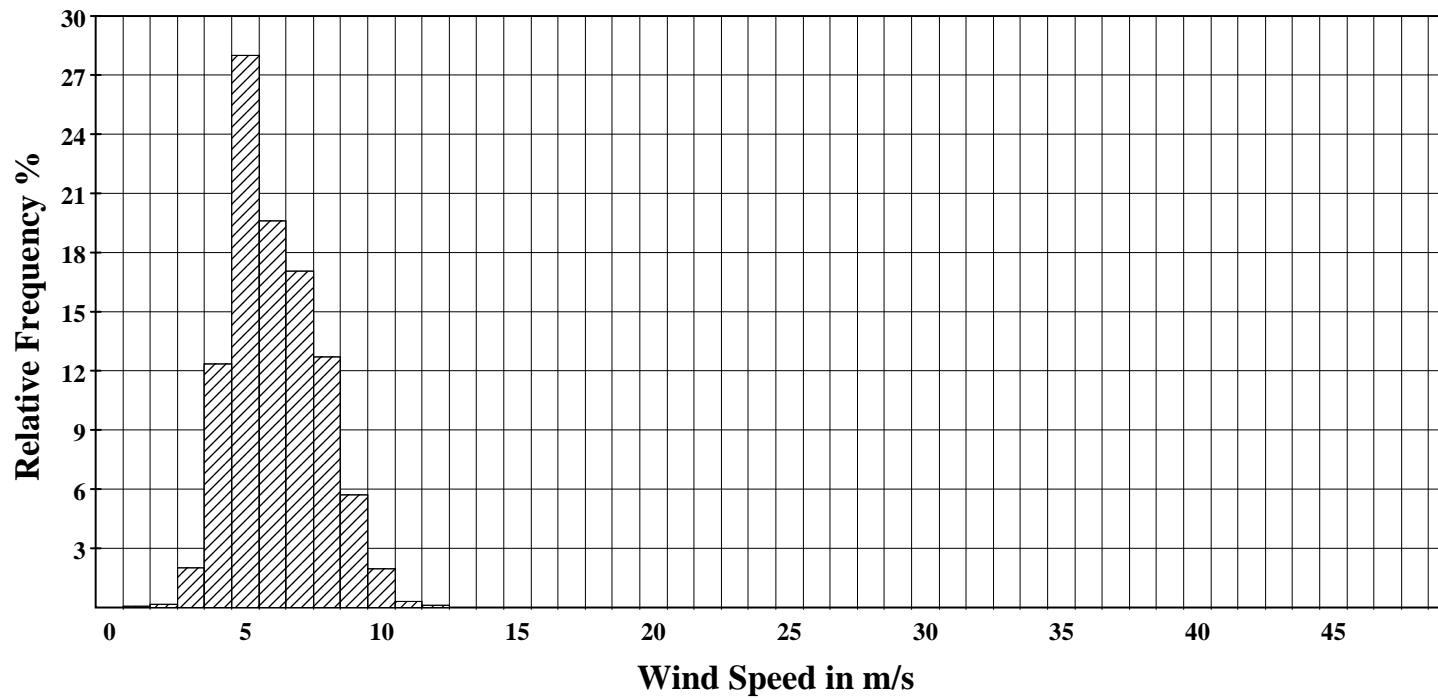
NRG #40 Anem. m/s
Height: 17 m
Serial #: SN:1081

mars 2007

Frequency Distribution Ch 4

SITE 0003
New Site

Frequency Distribution



B-Summary report

1- En février 2007

Site Information:

Project: New Project
 Location: Gantour
 Elevation: 25 m

Sensor Information:

1 NRG #40 Anem. m/s
 2 NRG #40 Anem. m/s
 3 NRG #40 Anem. m/s
 4 NRG #40 Anem. m/s
 5 No SCM Installed
 6 No SCM Installed
 7 #200P Wind Vane
 8 #200P Wind Vane
 9 NRG #110S Temp C
 10 No SCM Installed
 11 No SCM Installed
 12 No SCM Installed

février 2007

Summary Report

SITE 0003

New Site

Channel	1	2	3	4			7	8	9			
Height	40 m	39 m	29 m	17 m	-----	-----	23 m	37 m	m	-----	-----	-----
Units	m/s	m/s	m/s	m/s	-----	-----	deg	deg	C	-----	-----	-----
Intervals with Valid Data	3312	3312	3312	3312			3312	3312	3312			
Average Filtered Data	7	7,04	6,44	5,64			132,21	142,32	25,67			
Average for All Data	7	7,04	6,44	5,64			132,21	142,32	25,67			
Min Interval Average	1,9	2	1,7	1,2					14,9			
Date of Min Interval	15/02/2007	15/02/2007	16/02/2007	22/02/2007					21/02/2007			
Time of Min Interval	16:10:00	16:10:00	14:30:00	03:00:00					07:30:00			
Max Interval Average	12,9	13,3	12,4	11,8					38,3			
Date of Max Interval	10/02/2007	10/02/2007	10/02/2007	10/02/2007					16/02/2007			
Time of Max Interval	11:40:00	11:40:00	12:00:00	12:00:00					14:40:00			
Average Interval SD	0,7	0,69	0,73	0,74			6,77	6,17	0,04			
Min Sample	0,2	0,2	0,3	0,2					14,8			
Date of Min Sample	15/02/2007	15/02/2007	13/02/2007	13/02/2007					21/02/2007			
Time of Min Sample	16:00:00	16:00:00	15:30:00	15:50:00					07:30:00			
Max Sample	16,7	17,2	16,2	16,3					38,6			
Date of Max Sample	10/02/2007	10/02/2007	09/02/2007	10/02/2007					15/02/2007			
Time of Max Sample	11:50:00	11:40:00	11:30:00	11:00:00					15:40:00			
Average Interval TI	0,1	0,1	0,11	0,13								
Wind Speed Direction							SSE	SSE				

2- En mars 2007

Site Information:

Project: New Project
 Location: Gantour
 Elevation: 25 m

Sensor Information:

1 NRG #40 Anem. m/s
 2 NRG #40 Anem. m/s
 3 NRG #40 Anem. m/s
 4 NRG #40 Anem. m/s
 5 No SCM Installed
 6 No SCM Installed
 7 #200P Wind Vane
 8 #200P Wind Vane
 9 NRG #110S Temp C
 10 No SCM Installed
 11 No SCM Installed
 12 No SCM Installed

mars 2007

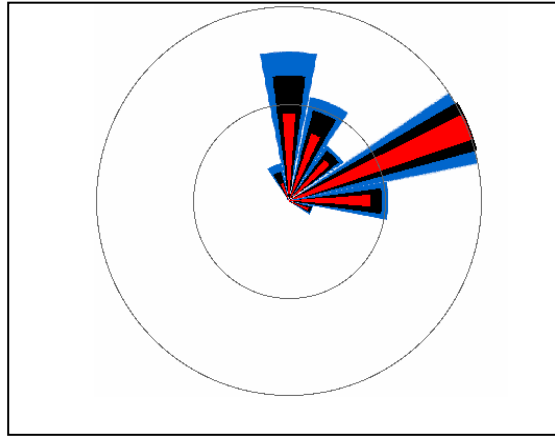
Summary Report

SITE 0003
 New Site

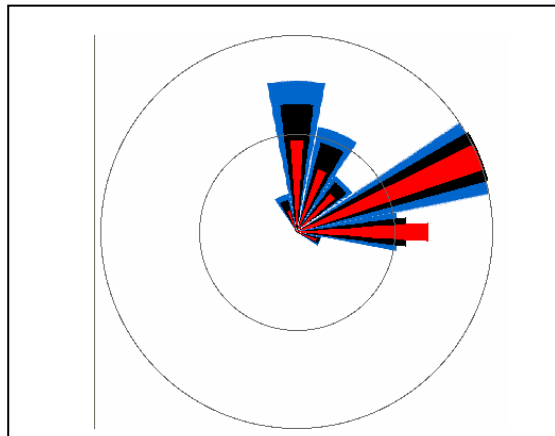
Channel	1	2	3	4			7	8	9			
Height	40 m	39 m	29 m	17 m	-----	-----	23 m	37 m	m	-----	-----	-----
Units	m/s	m/s	m/s	m/s	----	----	deg	deg	C	----	----	----
Intervals with Valid Data	4464	4464	4464	4464			4464	4464	4464			
Average Filtered Data	7,06	7,04	6,65	6,04			109,58	119,92	25,67			
Average for All Data	7,06	7,04	6,65	6,04			109,58	119,92	25,67			
Min Interval Average	1,3	1,3	1,2	1,3					16			
Date of Min Interval	13/03/2007	13/03/2007	13/03/2007	11/03/2007					10/03/2007			
Time of Min Interval	13:40:00	13:40:00	13:40:00	20:00:00					07:20:00			
Max Interval Average	12,4	12,7	12,6	11,9					39,4			
Date of Max Interval	07/03/2007	07/03/2007	07/03/2007	07/03/2007					08/03/2007			
Time of Max Interval	10:40:00	10:40:00	10:40:00	11:10:00					16:20:00			
Average Interval SD	0,79	0,78	0,82	0,84			7,55	6,68	0,04			
Min Sample	0,2	0,2	0,3	0,2					15,9			
Date of Min Sample	08/03/2007	08/03/2007	08/03/2007	08/03/2007					10/03/2007			
Time of Min Sample	16:20:00	17:00:00	17:00:00	17:00:00					07:10:00			
Max Sample	17,1	17,5	16,6	16					39,9			
Date of Max Sample	10/03/2007	10/03/2007	07/03/2007	07/03/2007					09/03/2007			
Time of Max Sample	11:20:00	11:20:00	10:40:00	10:40:00					16:00:00			
Average Interval TI	0,11	0,11	0,12	0,14								
Wind Speed Direction							E	ESE				

C- Roses de énergies

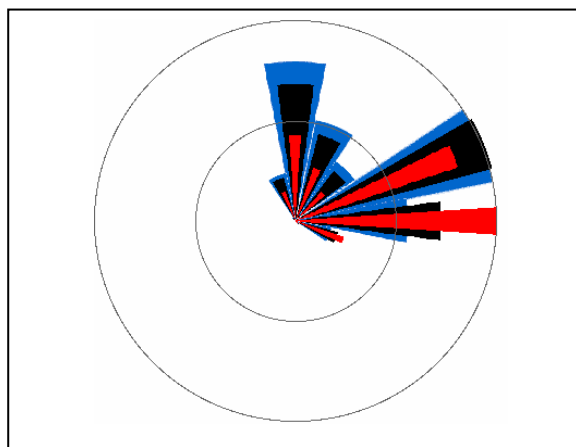
1- En février 2007



A 39 m

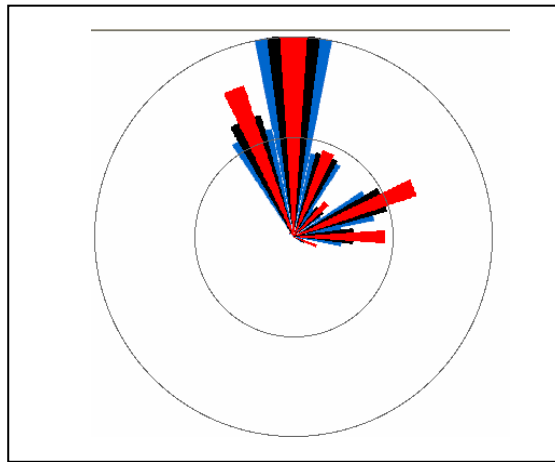


A 29 m

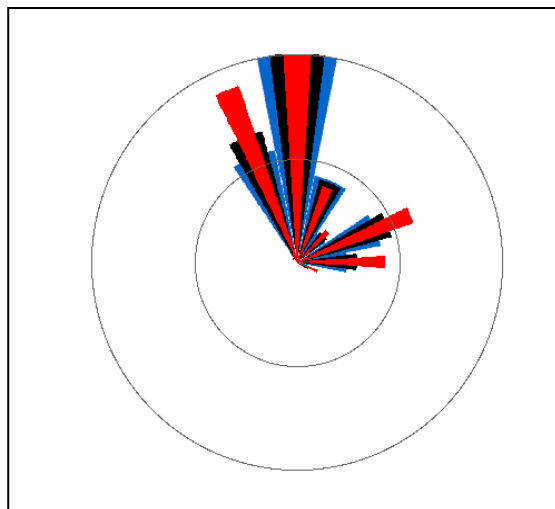


A 17 m

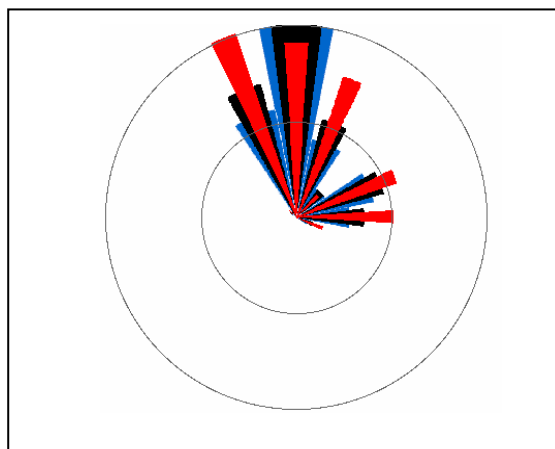
2- En mars 2007



A 39 m



A 29 m



A 17 m