



Etude et exploitation du gisement éolien pour le pompage d'eau en milieu steppique Cas de la Région de Oued-Touil Ksar-Chellala, Algérie

Laouisset M. B.

Centre de Recherche Scientifique et Technique des Régions Arides CRSTRA, Biskra, Station de Recherche de Touggourt
agristeppe@yahoo.fr

Résumé — La présente étude porte sur l'étude et l'exploitation du gisement éolien dans la région de Ksar-Chellala / Oued-Touil, dans le but d'aider et encourager les agro-éleveurs de cette région steppique dont le climat est aride, pour bénéficier de ce gisement surtout pour le pompage de l'eau à des fins d'irrigation. Cependant, pour déterminer les caractéristiques climatologiques et énergétiques de cette région, on a fait recours à des méthodes statistiques et à l'utilisation du modèle WASP. Les données d'entrées de ce modèle sont les mesures du vent de la station météorologique de Ksar-Chellala, la description de l'environnement proche et lointain de cette station et les données orographiques. En outre, la détermination des besoins énergétiques du pompage de l'eau d'une exploitation agricole sis dans cette région, nous a permis de faire un choix optimal pour la détermination des dimensions du système de conversion de l'énergie éolienne (aérogénérateur) qui est destiné à couvrir ces besoins énergétiques.

Mots-clés — Aménagement hydro-agricole, énergie éolienne, méthodes statistique, modèle WASP, climatologie, aérogénérateur, pompage de l'eau, Ksar-Chellala/Oued-Touil.

I. INTRODUCTION

Dans le cadre de développement durable, l'Algérie doit nécessairement accroître et diversifier la disponibilité des ressources énergétique tels que les énergies renouvelables : énergie éolienne, solaire, etc... si, elle veut assurer les conditions de son développement. Cependant, la question de fond est de savoir comment cet accroissement indispensable devrait s'effectuer? Selon quelles modalités?, quelles rythmes? Et suivant quels choix? Or, l'Algérie éprouve de plus en plus de difficultés à assurer autant qu'elle le souhaite un approvisionnement efficace en énergie, à mobiliser les financements indispensables pour construire des systèmes énergétiques cohérents et les approvisionner. Dans un tel contexte, les perspectives de développement énergétique des zones rurales semblent à priori désespérées. Aussi, comment envisager, pour le siècle à venir, les contours de stratégies énergétiques "soutenable" pour le milieu rural? Quelles sont les bases de stratégies énergétiques "soutenables" c'est à dire

économiquement efficaces, environnementalement viables, socialement équitables et contribuent à la réduction des disparités?

Cependant, même si les calculs de rentabilité économique restent toujours en faveur de l'énergie tirée des combustibles fossiles, l'utilisation de l'énergie éolienne devient de plus en plus effective dans un grand nombre de pays, d'après des études très récentes cette énergie représentera plus de 20% de l'énergie totale mondiale en 2020.

Donc le choix optimal d'un aérogénérateur destiné à couvrir les besoins énergétiques de la ferme agricole doit s'appuyer à la fois sur la connaissance de l'énergie éolienne au site d'implantation, la détermination des besoins énergétiques de cette ferme agricole et également sur les caractéristiques techniques, les conditions d'installation, d'utilisation et d'entretien des différentes machines commercialisées et sur un bilan économique globale du système éolien.

II. MATÉRIELS ET MÉTHODOLOGIE

Il est très important pour l'industrie éolienne d'être en mesure de décrire les variations de la vitesse du vent, c'est-à-dire le traitement statistique du vent. Les fabricants utilisent ces informations pour optimiser la conception des éoliennes dans le but de minimiser les coûts liés à la production d'électricité. Les investisseurs y compris les exploitants de l'énergie éolienne, eux, ont besoin de ces informations afin de pouvoir estimer le revenu lié à la production d'électricité. La qualité des statistiques d'une station peut être jugée à partir de l'information donnée par l'ensemble des statistiques de la station. Donc on distingue différents types de données utilisées pour cette étude et qui sont injectés dans le modèle WASP. En outre on a utilisé d'autres données qui sont liés à l'exploitation agricole.

A. Les données Utilisés

Les données utilisées sont :

1) Une série de données de vent ;



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



2) Données qui décrivent la variation de la rugosité du terrain autour de la station météorologique

3) Données des dimensions des obstacles situés juste autour de la station ;

4) Données qui décrivent la topographie du terrain;

5) Une série de 18 ans des données des précipitations de la même station météorologiques ;

6) Une série de 15 ans des données de l'ETP de la même station météorologiques ;

7) Plan de cultures utilisées ainsi que leurs coefficients culturaux ;

8) Caractéristiques hydrogéologiques du forage de l'exploitation agricole ;

9)Fiches techniques d'une pompe immergée.

B. Les logiciels utilisés

1) Logiciel Mapinfo

Ce logiciel permet de synthétiser les données topographiques. La donnée de base est la digitalisation de la carte topographique de cette région, c'est-à-dire rendre cette carte numérisée.

2) Logiciel WASP

Ce logiciel permet de déterminer la climatologie régionale d'une station météorologique telle que le cas de notre station professionnelle de Ksar-Chellala, donc les données d'entrées sont les suivantes:

a) Sept (07) ans de données tri-horaire de vent (force et direction du vent à 10 mètre) de la station météorologique; sont résumés sous forme d'histogrammes ;

b) Données qui décrivent la variation de la rugosité du terrain tout autour de la station jusqu'à un rayon de 5 Km ;

c) Données des obstacles situés autour de la station jusqu'à un rayon de 250 mètres ;

d) Des données d'une carte topographique numérisée du terrain de la station jusqu'à un rayon de 10 Km.

Cette climatologie régionale de la région de Ksar-Chellala est présentée sous la forme de tableaux (voir tableaux ci-dessous, sont résumés sous forme d'un graphique figure 1) représentant les valeurs des paramètres de la distribution statistique de Weibull « A » et « k » pour des conditions standard. Selon l'étude bibliographique, le modèle statistique de Weibull ajuste mieux les données de vent. Le schéma général des calculs effectués par le modèle WASP est illustré par la figure 1 (voir en annexe). Chaque tableau se rapporte à une classe de rugosité standard. Pour chacune des directions, on calcul les paramètres de Weibull correspondants en utilisant les procédures d'ajustement connues en particulier la méthode de vraisemblance qui est utilisée par ce logiciel.

On calcul ensuite les paramètres de Weibull pour les niveaux 10, 25, 50 mètres en utilisant cette fois le modèle qui tient compte de la stratification thermique.

Tableau 1 : Classe de rugosité "0"

Z(m)		0	45	90	135	180	225	270	315	Total
10	A	6,7	2,8	2,7	1,0	6,3	4,4	8,8	7,9	5,8
	K	1,74	1,12	0,96	0,62	1,37	1,13	2,20	2,25	1,39
25		7,3	3,1	3,0	1,1	6,8	4,8	9,6	8,6	6,4
		1,79	1,15	0,99	0,63	1,39	1,15	2,25	2,32	1,42
50		7,9	3,4	3,3	1,2	7,3	5,2	10,3	9,3	6,9
		1,83	1,18	1,01	0,64	1,43	1,18	2,31	2,38	1,40
Fréq		13,7	9,8	9,0	7,6	12,1	10,3	19,3	18,3	100

Tableau 2 : Classe de rugosité "1"

Z(m)		0	45	90	135	180	225	270	315	total
10		4,4	1,9	1,7	0,6	4,2	2,8	6,0	5,3	3,9
		1,44	0,97	0,82	0,55	1,20	0,98	1,89	1,88	1,23
25		5,3	2,3	2,1	0,7	5,0	3,4	7,1	6,4	4,7
		1,55	1,04	0,87	0,57	1,25	1,03	2,01	2,03	1,29
50		6,2	2,8	2,6	0,9	5,8	4,1	8,2	7,4	5,5
		1,74	1,16	0,97	0,60	1,35	1,13	2,21	2,28	1,40
Fréq		13,7	9,8	9,0	7,6	12,1	10,3	19,3	18,3	100

Tableau 3 : Classe de rugosité "2"

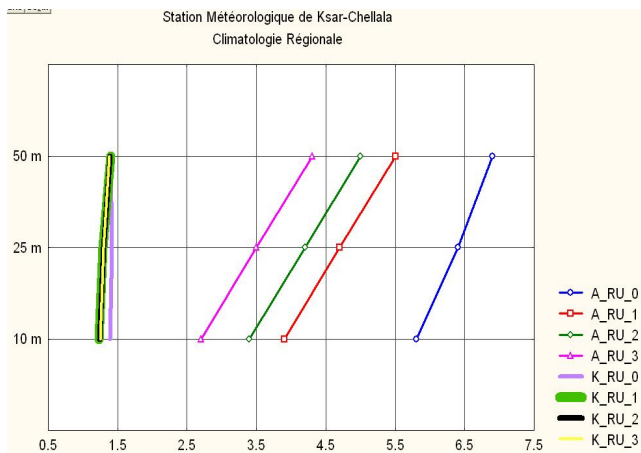
Z(m)		0	45	90	135	180	225	270	315	Total
10		3,86	1,64	1,49	0,51	3,66	2,47	5,18	4,61	3,4
		1,46	0,98	0,83	0,56	1,22	0,98	1,90	1,88	1,24
25		4,8	2,07	1,91	0,65	4,52	3,1	6,38	5,69	4,2
		1,56	1,04	0,88	0,58	1,27	1,04	2,01	2,01	1,30
50		5,68	2,51	2,34	0,82	5,3	3,71	7,44	6,68	5,0
		1,73	1,14	0,95	0,61	1,36	1,12	2,19	2,23	1,39
Fréq		13,7	9,8	9,0	7,6	12,1	10,3	19,3	18,3	100

Tableau 4 : Classe de rugosité "3"

Z(m)		0	45	90	135	180	225	270	315	Total
10		2,99	1,31	1,2	0,44	2,84	1,98	4,03	3,6	2,7
		1,44	0,99	0,84	0,58	1,21	1,01	1,89	1,9	1,25
25		3,96	1,76	1,63	0,61	3,74	2,65	5,29	4,74	3,5
		1,529	1,04	0,89	0,60	1,26	1,05	1,99	2,01	1,30
50		4,82	2,18	2,04	0,78	4,52	3,26	6,36	5,73	4,3
		1,66	1,12	0,95	0,63	1,33	1,13	2,14	2,19	1,38
Fréq		13,7	9,8	9,0	7,6	12,1	10,3	19,3	18,3	100

Tableau 5 : les valeurs calculées de la vitesse moyenne [m/s] et de la puissance totale moyenne du vent [W/m²](à 800m d'altitude, avec T = 15°C, P=1013.25mb au niveau de la mer, $\rho=1.111\text{Kg/m}^3$)

Z(m)	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
10	5,28	2,52	3,64	1,03
25	5,80	3,24	4,34	1,59
50	6,28	4,18	5,00	2,12



Représentation graphique de la climatologie régionale de la région de Ksar-chellala

III. DETERMINATION DES BESOINS ENERGETIQUES DE LA FERME AGRICOLE ;

L'aérogénérateur est destiné à remplir les besoins énergétiques de la ferme agricole. Donc le courant débité par l'aérogénérateur alimente une pompe immergée.

Suite aux données techniques de la pompe immergée, les caractéristiques hydrogéologiques du forage de l'exploitation agricole et les besoins en eau de l'exploitation agricole, on a estimé l'énergie demandée par la pompe c'est-à-dire les besoins énergétiques de l'exploitation agricole à 23684 KWh/an. En conséquence il nous faut la même énergie ou plus qui doit être débité par l'aérogénérateur. Pour cela il faut déterminer la puissance moyenne et choix des paramètres de l'aérogénérateur.

IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour déterminer les dimensions de l'aérogénérateur qui destiné à couvrir les besoins énergétiques de la ferme agricole, on doit passer par les étapes suivantes :

Etape 1 :

Les besoins énergétiques de l'exploitation sont évalués à 23684 kWh/an, on peut majorer ces besoins par une énergie annuelle de 24000 kWh/an.

Donc la puissance moyenne débitée doit être de :

$$P = 24000 \cdot 10^3 / 24 \times 365.25 ; P = 2738 \text{ W}$$

Etape 2 :

Le terrain du site d'installation de l'aérogénérateur est de rugosité « classe 1 », sans aucun obstacle autour du site d'installation, la hauteur choisie pour le moyeu de l'aérogénérateur est de 15 mètres. En conséquence, on utilise

les données du tableau 2. Donc suite à une interpolation entre les niveaux 10 et 25 m, on peut déterminer les paramètres de Weibull à 15 mètres de hauteur pour le site d'installation et qui sont : $A_{\text{site}} = 4.25$, $K_{\text{site}} = 1.25$

Etape 3 :

Si le rotor est choisi avec un axe horizontal, $V_2 = 14 \text{ m/s}$. De façon général pour des pâles à axes horizontaux ϵ_m varie entre 0.25 et .40, on prend $\epsilon_m = 0.30$

Nous avons le modèle suivant qui estime la puissance moyenne de sortie d'un aérogénérateur :

$$P = \left[\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \epsilon_m \cdot Ar \cdot A^3 \right] \left[3 \left(\frac{V_m}{A} \right)^2 \left\{ G_k \left(\frac{V_2}{A} \right) - G_k \left(\frac{2}{3} \frac{V_m}{A} \right) \right\} \right]$$

Dans cette expression :

P : puissance moyenne de l'aérogénérateur qui doit débités pour satisfaire les besoins énergétiques

Ar : Surface de balayage

ϵ_m : Efficacité maximum

ρ : masse volumique de l'air

V_m : vitesse de vent à la quelle l'efficacité est maximum

V_2 : vitesse à la quelle la courbe de puissance est constante.

G : loi Gamma

A : paramètre d'échelle de la loi de Weibull

k : paramètre de forme de la loi Weibull

Etape 4 : Détermination de la surface de balayage « Ar ».

La masse volumique de l'aire « ρ » varie en fonction de la température et l'altitude. Pour des conditions standards de température moyenne de 15°, pression au niveau de la mer de 1013.25 mb, et de 800m d'altitude (altitude de notre site) ; $\rho = 1.111 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$Ar = \frac{2738}{0.5 \times 1.111 \times (4.25)^3 \times 0.30 \times 1.944} = 110 \text{ m}^2$$

Donc La solution possible peut être l'installation d'un éolienne figure 2 avec un pylône de 15 mètres et dont les caractéristiques techniques sont les suivantes :



$H = 15 \text{ m}$, $V_m = 8.5 \text{ m/s}$, $\epsilon_m = 0.30$, $V_2 = 14 \text{ m/s}$, $R = 6 \text{ m}$

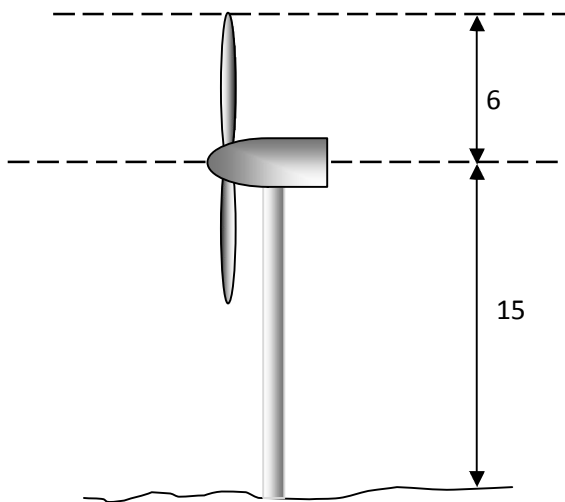


Figure 2 : Dimensions de l'aérogénérateur

E2 : Energie annuelle en kWh/an

FC : Facteur de Capacité en %

Puisque on a déterminé les dimensions de notre éolienne qui remplit les besoins énergétiques du site d'installation, donc on peut trouver dans le marché une éolienne comparable aux dimensions trouvés.

On a opté pour six éoliennes qui semblent remplir nos besoins énergétiques.

Afin de choisir quelle est l'éolienne qui convient à notre site d'installation il faut déterminer la puissance de sortie de chaque éolienne et par la suite la production annuelle en kWh/an. En conséquence on obtient le tableau 6.

Puisque on a évalué les besoins énergétique de notre site d'installation à 24000 kWh/an, en conséquence on peut choisir l'éolienne (1980 : Nordtank 22/7.5) qui a pour une production annuelle de 24992 kWh/an.

CONCLUSION

Tableau 6: Tableau de comparaison des différentes éoliennes

Type d'éolienne	D	H	ϵ_m	V_2	P	E1	E2	FC
1980 : Kuriant 15/4	11	18	0.20	23	21	184.10	17178	13
1980 : Vestas 55/7.5	15	18	0.40	15	39	341.87	60414	13
1980 : Nordtank 22/7.5	11	20.5	0.30	18	30	262.98	24992	13
1980 : Nordtank 30/7.5	11	20.5	0.30	19	31	271.75	25825	10
1980 : Nordtank 55/10	15	18	0.40	22	40	350.64	61963	13

Etape 5 : Choix réel d'une éolienne qui sera installée dans le site

Dans le marché international des éoliennes on trouve plusieurs types d'éolienne. On distingue les grandes éoliennes c'est-à-dire qui produisent une grande énergie et les éoliennes de petite puissance. Dans notre étude il s'agit de choisir une éolienne de petite puissance de l'ordre de 20000W puissance nominale (maximale).

Avec :

D : Diamètre du rotor ;

H : Hauteur du moyeu en m

P : Puissance de sortie en W/m²

E1 : Energie en kWh/m²/an

Dans le cadre du développement agropastorale intègre, la région de Oued-Touil Ksar-Chellala a bénéficiée de plusieurs études, en l'occurrence, l'étude de la mission Soviétique de 1967, qui a met en relief l'importance agropastorale de cette région.

Suite à ce travail, on peut confirmer que la région de Oued-Touil Ksar-Chellala renferme un potentiel éolien très encourageant pour son exploitation. Les résultats obtenus confirment bien l'importance et la disponibilité de ce potentiel énergétique à savoir les tableaux climatologiques (1, 2, 3, 4 et 5).

Vu l'immense territoire des régions steppiques (environ 35 millions d'hectares), l'exploitation de l'énergie éolienne par le biais des aérogénérateurs est plus intéressante dans le cas où on se refuse d'installer un groupe électrogène ou une motopompe, pour mobiliser l'eau à des fins de production agricole.

Au niveau de l'Algérie et dans l'état de l'art, en l'absence des installations d'aérogénérateurs, la méthode qu'on a utilisée pour le dimensionnement de notre aérogénérateur est la seule alternative qui a été adoptée. Pour l'installation des grands aérogénérateurs dans des sites éloignés des stations de mesure du vent, il est impératif d'installer un dispositif de mesure du vent à la hauteur du moyeu de l'aérogénérateur et ceci pendant une année ou deux ans.

Rappelons que l'énergie éolienne ne peut être que complémentaire. Elle vient donc plutôt alléger la charge d'un réseau électrique, notamment au moment de grands besoins en énergie. La rentabilité de l'énergie éolienne est parfois plus intéressante dans le cas de sites isolés où des génératrices diesel produisent à un coût très élevé. Le « marché » pour l'éolien se situe donc déjà là. L'énergie éolienne sera



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



effectivement un peu plus coûteuse que les sources nucléaires, fossiles ou hydroélectriques... mais à peine. Les facteurs combinés de pression à la hausse sur les prix des énergies actuelles installées, et de baisse inévitable des prix du grand éolien, conduisent les plus optimistes à annoncer que l'énergie éolienne va poursuivre sa croissance exceptionnelle.

D'après le Professeur CHEMS EDDINE CHITOUR : « La réduction de la consommation des énergies fossiles doit impérativement se faire par une diversification des sources d'énergie et par une réduction de l'intensité énergétique (consommer moins ne consommant mieux). Le développement des énergies renouvelables est la seule possibilité qui pourrait sauver la planète d'un cataclysme annoncé. A 50 ou 60 dollars le baril, par exemple, les énergies renouvelables sont compétitives. C'est cela le sens d'un vrai développement durable respectueux de la planète et qui ne compromet pas l'avenir ».

Arriver à la fin de cette conclusion, il ne faut pas oublier l'impact des énergies renouvelables pour la préservation de l'environnement des régions steppiques où le système écologique est très vulnérable à la désertification, à la sécheresse et aux changements climatiques, il faut ajouter surtout les mauvaises attitudes de l'homme.

- [14] [14] LEPAS J. et ROCHE G., *Cours de Météorologie générale*, 1965.
- [15] [15] Note technique N°175. *Aspects météorologiques de l'utilisation du vent comme sources d'énergie*. OMM N°575. Secrétariat de l'OMM / Genève / Suisse.
- [16] [16] QUITARD PINON .F et LIGNELET .P, *Eléments statistiques*, OPU. 1983.
- [17] [17] *Small Wind Electric Systems (A U.S. Consumer's Guide)*, Produced for the U.S. Department of Energy by the National Renewable Energy Laboratory, a DOE national laboratory, DOE/GO-102005-2095. March 2005.
- [18] [18] SOGREAH (Société Grenobloise d'Etude et d'Application hydraulique), *Les pompes et les petites stations de pompes*, France, 1978.
- [19] [19] SOKONA Y. et THOMAS J.P. Article « *Quelles priorités pour le secteur de l'énergie en Afrique à l'horizon 2020* ». *L'énergie dans les zones rurales en Afrique pour l'environnement et contre la pauvreté*, Programme Energie d'Enda-tm, 54 Rue Carnot, B.P 3370, Dakar / Sénégal 26 et 27 Février 1997.
- [20] [20] *Traitement statistique des données de vent pour la détermination de l'énergie produite par les systèmes éoliens*, Colloque : météorologie et énergies renouvelables, Valbonne, France, Mars 1984.
- [21] [21] *Volume III Rapport général sur les études pédologiques et de bonification (Livre 1 : sols et les possibilités de leurs mise en valeur culturale par irrigation) contrat 9388 du 13/08/64 de la mission Soviétique*.
- [22] [22] www.windpower.com.

REFERENCES

- [1] [1] *Actes du congrès international sur les énergies renouvelables et le développement durable, ICRESO_07, 21 – 24 mai 2007, Tlemcen*
- [2] [2] *Atlas Vent de l'Europe 1990, Riso / Danemark*
- [3] [3] *Bulletin FAO d'irrigation et drainage N°46 (Cropwat un logiciel pour la planification et la gestion des systèmes d'irrigation)*, 1992.
- [4] [4] Chellali R., *Rapport de stage* : Organisme d'accueil ORDF/Ksar-Chellala/Tiaret, Centre Universitaire de Mascara, Année Universitaire 1996-1997.
- [5] [5] De-Moor G., *Cours et manuels, Les théories de la turbulence dans la couche limite atmosphérique*, Direction de la météorologie, France, 1983.
- [6] [6] DUCHENE-MARULLAZ P. *Note technique (Energie éolienne / cartographie des vitesses de vent en France / application à l'énergie éolienne)*, Météo-France.
- [7] [7] Guyot G., *Climatologie de l'environnement*, INRA / France, 1999.
- [8] [8] HAMMOUCHE R., *Atlas vent de l'Algérie*, Office National de la Météorologie, 1992.
- [9] [9] HAMMOUCHE R., Article : *Modélisation et ressources éoliennes*, Revue TECHNIQUE & SCIENCES N°4 du 02/1991, Algérie.
- [10] [10] JENSEN N.O., PETERSEN E.L. et TROEN .I, *Extrapolation des statistiques du vent pour des applications à l'énergie éolienne*. WCP/86/OMM / Genève / Suisse), 1984.
- [11] [11] LAOUISSET M.B., *Etude et exploitation de l'énergie éolienne pour le pompage d'eau en milieu rural (cas de la région El-Farâa / Ksar-Chellala)*, Mémoire de fin d'étude, Université de Tiaret 2004,
- [12] [12] Laouisset M. B., *Dimensionnement et choix d'un aérogénérateur destiné à couvrir les besoins énergétiques d'une ferme agricole / région de Ksar-Chellala*, Congrès International sur les Energies Renouvelables et le Développement Durable ICRESO_07, Tlemcen 21-24 Mai 2007.
- [13] [13] LECOURIERES D., *Energie éolienne (théorie, conception et calcul pratique des installations)*, Université de Dakar / Sénégal, 1982.

Annexe

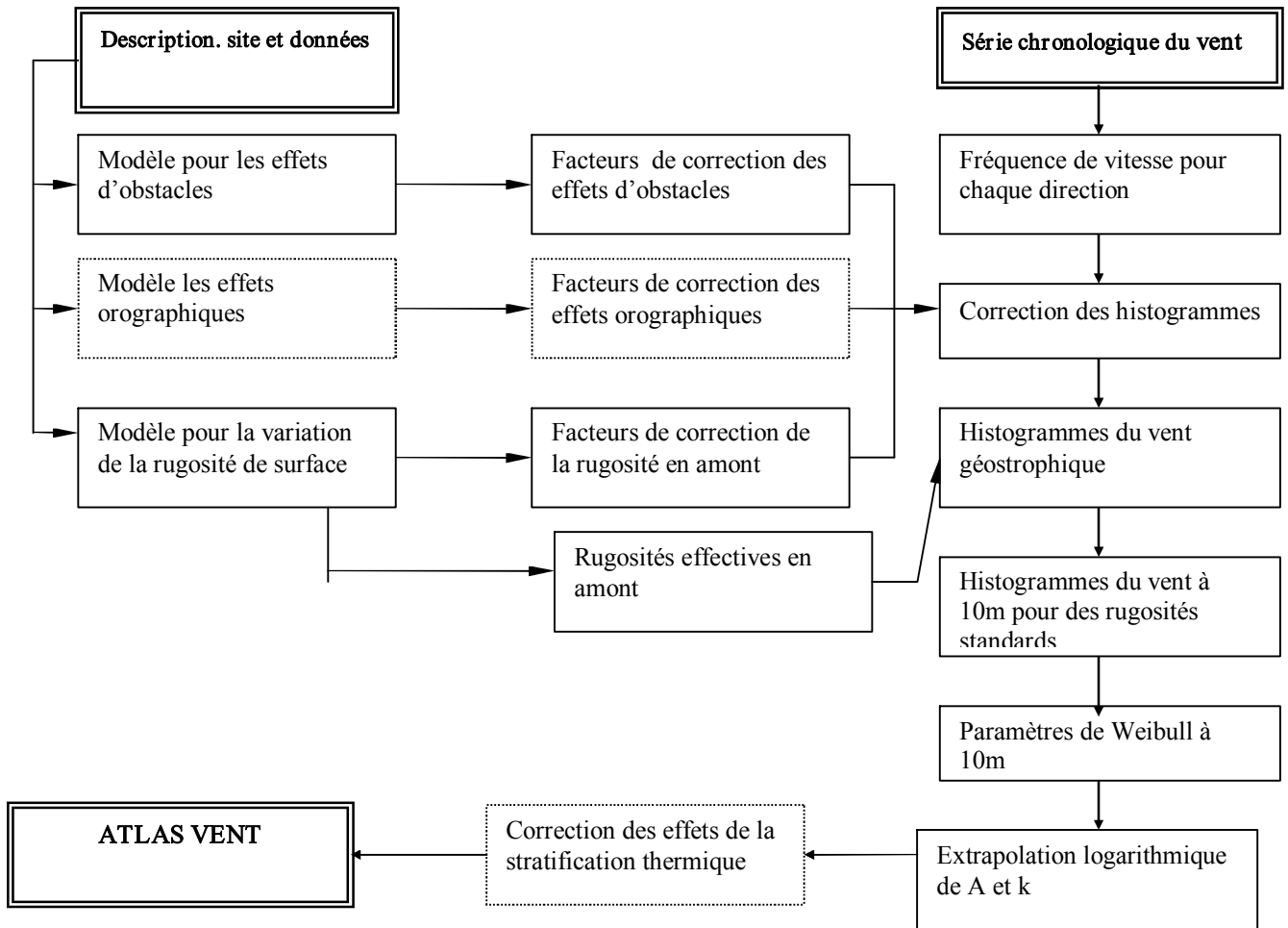


Figure 1 : Description de la chaîne de calcul du modèle d'analyse de l'Atlas Vent telle qu'elle est exécutée par le logiciel WAS^SP d'après Troen et Petersen (1989).