



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ahmed Draïa Adrar
Faculté des Sciences et Sciences de la Technologie
Département de Sciences de la matière



MEMOIRE

Master ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la matière

Filière : physique

Spécialité : physique énergétique et énergies renouvelables

Intitulé

Evaluation de l'impact du parc éolien sur l'environnement dans la région d'Adrar

Présenté par :

* OTHMANI Aida.

* YAHYAOUI Zeyneb.

Soutenu publiquement le 26/6/2019

Devant le jury :

Président : BENATALLAH Djelloul Maitre-Assistant Université d'Adrar

Encadré par : BENMEDJAHED Miloud Maitre recherche URERMS

Examineurs : MAOUEDJ Rachid Maitre recherche URERMS

BOUDAUD Haouria Maitre-Assistant Université d'Adrar

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné courage, volonté et patience afin d'élaborer ce modeste travail jusqu'à son terme.

Nous remercions vivement en premier lieu docteur Benmajehad Miloud, Maître de recherche a l'unité de l'énergie renouvelable, qui nous a encadré et qui par sa compétence, ses encouragements, ses critiques constructives et son soutien moral a su nous informer, nous conseiller et nous rendre de plus en plus autonome ce travail pour bien réaliser.

Nous tenons tout spécialement à remercier tous les membres de l'Unité de Recherche en Energies Renouvelables en milieu Saharien/ Adrar et à exprimer notre profonde gratitude envers tous nos professeurs de l'Université Ahmed Draïa Adrar pour nous avoir inculqué leur savoir et leur savoir-faire, Nos plus vifs remerciements s'adressent aussi à messieurs les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

AIDA ET ZEYNEB

Dédicace

Tous les mots ne peuvent exprimer la gratitude, l'amour,

Respect, reconnaissance, tout y est : je dédie cette note aux personnes chères pour mon cœur :

Chère Mère Zohra, vous représentez ma source

Une affection et un exemple de dévotion qui n'ont cessé de m'encourager. Vous avez

Il fait plus que la mère ne peut faire pour garder ses enfants sur la bonne voie

Dans leurs vies et leurs études.

Cher père Larbi : Il n'y a pas de dévotion qui puisse être exprimée

L'amour, le respect, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien

Pour le monde entier, les efforts déployés jour et nuit pour mon éducation et mon pays valent
La peine

Sois bon. Ce travail est le fruit de vos sacrifices faits aux miens

Mon éducation et ma formation au cours de ces années.

À ma chère sœur Meriem.

À mes frères : Saad, Abdel Razzak, Mahmoud, Lahbabi et mon petit frère Belkhir.

À mes oncles, mes oncles, mes oncles, mes oncles et leurs enfants, du plus petit au
plus grand.

À mes meilleurs amis : Zeyneb, Souad, Aziza, Meriem, Rabia, Zahra, Kalthoum.

Cette humble dévotion ne peut exprimer mon grand respect et ma profonde reconnaissance.

Pour tous mes professeurs depuis les premières années d'études.

Pour tous ceux qui se sentent chers et que je n'ai pas mentionnés.

AIDA

Dédicace

Je dédie ce mémoire de master à mes parents qui j'ai été d'un grand secours. D'ailleurs, sans eux on ne sera pas ici,

Aujourd'hui devant vous. Qu'ils soient bénis par le tout puissant.

A mes frères et sœurs que j'ai de plus cher.

A ma famille « YAHYAOUI », que Dieu les gardes tous.

A mes chères amies.

A ma collègue dans ce travail « Aïda ».

A tous qu'ils nous aident à ce travail.

ZEYNEB

Sommaire

Introduction général	11
Chapitre I : Origine d'énergie éolienne	14
Introduction	15
I.1. Vent	15
I.1.1. Force gravitationnelle	15
I.1.2. Force de pression	15
I.1.3. Force de Coriolis	16
I.1.4. Force de frottement	16
I.2. Types du vent	16
I.2.1. Vent géostrophique (globaux)	16
I.2.2. Vent surfacique (locaux)	16
A. Brise de mer.....	17
B. Brise de montage	17
I.3. Mesure du vent	18
I.4. Rose des vents	18
I.5. Énergie éolienne	19
I.5.1. Histoire d'éolienne	19
I.5.2. Utilisation	21
I.5.3. Production d'énergie éolienne	22
I.5.4. Énergie dans l'Afrique	22
I.6. Parc éolien	23
I.6.1. Elément constitutifs d'une éolienne	24
A. Mat	25
B. Moyen	25
C. Nacelle	25
D. Rotor	25
E. Pales	25
I.7. Types d'éolien	26
I.7.1. Éoliennes axe horizontal.....	26
I.7.2. Eoliennes à axes verticaux :	27

A. Darrieux	27
B. Savonius	27
I.8. Impact des éolienne sure l'enivrement	28
I.8.1. Impact sonore	28
I.8.2. Impacts visuels	29
I.8.3. Impact sur les systèmes de télécommunications	29
I.8.4. Impact sur la faune	30
I.8.5. Impact sur la sécurité	31
Conclusion	32
Référence	33
Chapitre II : Analyse de l'état initial	36
Introduction	37
II.1. Milieu physique	37
II.1.1. Relief	37
II.1.2. Sol	38
II.1.3. Climat	38
A. Températures	39
B. Humidité	39
C. Précipitations	39
II.1.4. Gisement éolien	39
II.2. Milieu Naturel	42
II.3. Milieu humain	42
II.3.1. Population	42
II.3.2. Agriculture.....	43
II.3.3. L'élevage	43
II.3.4. Industrie	43
II.3.5. Tourisme	43
II.3.6. Consommation électrique	43
Conclusion	44
Référence	45
Chapitre III : évaluation de l'impact du parc du kaberten sur environnement	49
Introduction	50
III.1. Parc éolien du Kaberten	50
III.2. Bilan énergétique et CO ₂	51

III.3.	Impacts du parc éolien sur l'environnement d'Adrar	53
III.3.1.	Milieu physique	53
III.3.2.	Milieu naturel	53
III.3.3.	Milieu humain.....	53
III.4.	Effets de l'environnement sur le parc éolien	53
III.5.	Mesures d'Atténuation des Impacts sur L'environnent	53
III.5.1.	Qualité de l'air	53
III.5.2.	Bruits.....	53
III.5.3.	Circulation et transport.....	54
III.5.4.	Déchets.....	54
III.5.5.	Risque d'incendie	54
	Conclusion	54
	Références	56
	Conclusion général	58

Liste des figures

Figure I. 1. Vents géostrophiques [6]

Figure I. 2. Brise de mer [27]

Figure I. 3. Brise de montagne [28]

Figure I. 4. Anémomètre et girouette [6].....

Figure I. 5. Rose des vents [6]

Figure I. 6. Éolienne de pompage [31].....

Figure I. 7. première éolienne créent par Charles F.Brush [31].....

Figure I. 8. Éolienne Darrieux [34].....

Figure I. 9. Capacité de production des énergies renouvelables dans le monde [36]

Figure I. 10. Carte annuelle de la vitesse moyenne du vent en (m/s) en Algérie [38].....

Figure I. 11. Parc éolien [40]

Figure I. 12.Éléments constitutifs d'une éolienne [41]

Figure I. 13.Montage des pales d'éolienne [42].....

Figure I. 14. Éolienne horizontale [43]

Figure I. 15. Représente le modèle Darrieux [43].....

Figure I. 16. Présente les modèle savonius [43]

Figure I. 17. Niveau sonore par élément d'éolienne [8]

Figure I. 18. Impact sur les oiseaux [6].....

Figure I. 19. Estimation des causes de la mortalité annuelle des d'oiseaux tués par an (Pays Bas) [6]. .

Figure II. 1. Carte de La Wilaya d'Adrar [5].....

Figure II. 2. Carte géographique Algérien [7]

Figure II. 3. La courbes de Weibull et l'histogramme de fréquence, à 10 m du sol

Figure II. 4. La rose des fréquences du vent pour les sites étudiés à 10m du sol

Figure III. 1. La ferme éolienne de Kaberten, [7].....

Figure III. 2. la comparaison de l'énergie fossile production de CO₂ (ton) en Adrar

Liste des tableaux

Tableau II. 1. Position géographique de site étudié....

Tableau II. 2. Les Températures, la Précipitation et l'humidité **moyennes mensuelles**.....

Tableau II. 3. Les paramètres de Weibull et la vitesse moyenne, à 10m du sol....

Tableau II. 4. Les paramètres de Weibull et la vitesse moyenne, à 10m du sol pour chaque secteur....

Tableau III. 1. La production électricité l'énergie fossile et énergie éolien en Adrar....

Nomenclature

C	Paramètre d'échelle de Weibull	m/s
\bar{v}	Vitesse moyenne	m/s
f(v)	Fonction de la distribution de Weibull	Sans dimensionnel
K	Paramètre de forme de Weibull	Sans dimensionnel
Qv	Ecart-type	m/s
N	Nord	
NNE	Nord est-Nord	
NE	Nord-Est	
ENE	Est nord-Est	
E	Est	
ESE	Est sud -Est	
SE	Sud -Est	
SSE	Sud sud -Est	
S	Sud	
SSO	Sud sud -Ouest	
SO	Sud-Ouest	
OSO	Ouest sud-Ouest	
O	Ouest	

ONO	Ouest nord -Ouest	
NO	Nord-Ouest	
NNO	Nord-Ouest nord	

Introduction général

Introduction général

La consommation d'énergie, dans le courant a considérablement augmenté à cause de l'industrialisation massive. Les prévisions des besoins en énergie pour les années à venir ne font que confirmer, voir amplifier cette tendance, notamment compte tenu de l'évolution démographique et du développement de certaines zones géographiques, en particulier en Asie.

D'une part, les gisements des ressources énergétiques traditionnelles, d'origines principalement fossiles, ne peuvent être exploités que pour quelques décennies, ce qui laisse présager une situation de pénurie énergétique au niveau mondial de façon imminente. D'autre part, les déchets des centrales nucléaires posent d'autres problèmes en termes de pollution des déchets radioactifs, du démantèlement prochain des vieilles centrales et du risque industriel.

Pour subvenir aux besoins en énergie de la société actuelle, il est nécessaire de trouver des solutions adaptées et de les diversifier. Actuellement, il y a principalement deux façons possibles d'agir. La première est de diminuer la consommation des récepteurs d'énergie et augmenter la productivité des centrales énergétiques en améliorant respectivement leur efficacité. Une deuxième méthode consiste à trouver et développer de nouvelles sources d'énergie.

Dans l'immédiat, nous disposons de ressources en énergie renouvelable inépuisables, que nous sommes en mesure d'exploiter de plus en plus facilement et proprement. Néanmoins, longtemps négligées, les techniques d'extraction de la puissance de ces ressources demandent des recherches & développements plus approfondis visant à fiabiliser, baisser les coûts (de fabrication, d'usage et de recyclage) et d'augmenter l'efficacité énergétique.

De plus le niveau des émissions de gaz à effet de serre est actuellement supérieur à 14% de l'objectif prévu pour 2020 comme indiqué par le Programme des Nations Unis pour l'environnement (PNUE).

Au lieu de diminuer, la concentration des gaz à effet de serre, comme le dioxyde de carbone (CO₂), on a une augmentation dans l'atmosphère de près de 20% depuis 2000.

Si aucune mesure n'est prise rapidement, les émissions devraient atteindre 58 gigatonnes par d'ici huit ans, d'après le rapport du PNUE auquel ont contribué 55 scientifiques de plus de 20 pays. Cela entraînera un écart encore plus important que celui prévu par les évaluations de 2010 et de 2011 du PNUE, suite aux prévisions de croissance économique dans les principales économies en développement.

Pour cela on observe une augmentation considérable des investissements en faveur des nouvelles énergies renouvelables à l'échelle mondiale, qui s'élevaient à près de 260 milliards de dollars en 2011. Ces sources d'énergies renouvelables participent également à la sécurité d'approvisionnement et au développement local.

De plus, elles s'inscrivent doublement dans le développement durable : d'une part, en permettant aux générations futures d'économiser des ressources fossiles épuisables et d'autre part en ne produisant ni gaz ni déchets susceptibles d'affecter le développement des générations actuelles et futures.

Introduction général

Les atouts de l'énergie éolienne ont été reconnus au-delà de nos frontières avec la mise en place de politiques nationales incitatives. La puissance totale d'énergie éolienne installée au niveau mondial est de 42 000 MW. Elle est en forte croissance (17 000 MW début 2001) et l'on prévoit une puissance installée de plus de 83 000 MW en 2007, essentiellement en Europe.

Dans le premier chapitre on a fait une étude bibliographique, on s'intéresse à la source de l'énergie éolienne en donnant un aperçu de l'impact du terrain sur la nature de vent et la spécificité de climat, nous abordons aussi la structure interne d'une éolienne, puis nous expliquons comment l'énergie du vent est transformée en énergie électrique .

Nous citons et analysons l'ensemble des technologies intervenant dans le fonctionnement d'une éolienne, en passant par la construction civile des tours d'éoliennes montrant qu'une éolienne fait appel à un vaste champ de connaissances technologiques et scientifiques, et pour Terminer cette partie en va citer les différents impacts préalables à l'installation d'aérogénérateurs.

Dans le deuxième chapitre on va présenter l'analyse de l'état initial de site de site étudié et sont environnement (lieu, extension géographique, quantification).Les caractères spécifiques (aspect remarquable, originalité, rareté) et significatifs (qualité des milieux, niveau de protection) de ce site sera pris en considération.

L'état initial de l'environnement constitue aussi le document de référence pour apprécier les conséquences du projet sur l'environnement et la remise en état du site à la fin de l'exploitation.

Le troisième chapitre on montre les effets directs et indirects, temporaires et permanents du parc éolien du kaberten sur l'environnement. On termine notre étude par quelques mesures d'atténuation des impacts à prendre en considération.

Enfin nous terminons notre travail par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

Introduction

Le vent est le mouvement d'une atmosphère, masse de gaz située à la surface d'une planète .Il est essentiel à tous les phénomènes météorologiques [1] – [2].

L'énergie éolienne est une énergie du vent c'est une énergie plus respectueuses de l'environnement que les énergies classiques telles que les combustibles fossiles ou l'énergie nucléaire, car elle cause moins de pollution. Quoique le vent soit une source d'énergie gratuite, sa puissance varie considérablement en fonction du lieu et du mouvement du vent .le vent ne peut assurer un apport énergétique régulier et il est difficile à contrôler [3].

Toutefois, il est possible de prévoir la vitesse moyenne du vent, sa direction et son intensité dans certains lieux. L'énergie éolienne est une énergie renouvelable non dégradée, et surtout en corrélation saisonnière (énergie électrique est largement plus demandée en hiver et c'est souvent).cette période que la moyen de vitesse des vents et la plus élevée [4] – [12].

Dans ce chapitre sa présente une définition de l'énergie éolienne de manière générale, différents types des vents, le principe de fonctionnement de éolienne, ainsi que les différents types énergies éoliennes, un aperçu est donné sur les instruments de mesure de la vitesse du vent et production éolienne dans le monde et en Algérien.

I.1. Vent

Le vent correspond au déplacement d'une masse d'air consécutif à des différences locales de température et de pression. D'une légère brise à une forte tempête, la vitesse et l'amplitude géographique des vents peuvent être très variables dans l'espace et dans le temps [13].

Le vent est en fait la résultante de plusieurs phénomènes qui engendrent différents types de force, à l' origine de mouvements d'air, il y quatre force différentes [6], qui sont :

I.1.1. Force gravitationnelle

Conséquence de l'attraction mutuelle des corps, cette force intervient à cause de la grande masse de la terre. Elle est dirigée du les forces [6], [8], [10].

I.1.2. Force de pression

dirigées des hautes pressions vers les basses pressions, ces forces sont deus au gradient de pression résultant de l'échauffement inégal de l'air suivant les latitudes ,la nature des sols et la répartition des océans et des continents .les force du pression sont à l'origine du déplacement des masses d'air [10]

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

I.1.3. Force de Coriolis

Cette force est le résultat de la rotation de la terre autour de son axe et est perpendiculaire à la vitesse du vent [8].

I.1.4. Force de frottement

Ces forces traduisent la friction turbulente de l'air avec le sol. Elles interviennent dans la couche limite atmosphérique. La force gravitationnelle et la force du gradient de pression, sont les deux forces qui peuvent initier un mouvement de l'air. Leurs actions se font ressentir près du sol dans une zone appelée couche limite atmosphérique [10].

I.2. Types du vent

I.2.1. Vent géostrophique (globaux)

On les appelle aussi les vents globaux, produit d'écart de température et des variations de pression, car le soleil réchauffe les régions situées autour de l'équateur, à la latitude 0° , bien plus qu'il ne réchauffe les autres parties du globe. Ayant une densité plus faible que l'air froid, l'air chaud s'élève jusqu'à une altitude d'environ 10 km. Ensuite il s'étend vers le nord et le sud. Si la terre ne tournait pas, les courants d'air iraient jusqu'aux pôles Nord et Sud avant de redescendre (suite au refroidissement) et de retourner à l'équateur mais l'air s'élève à l'équateur, s'étendant vers le nord et le sud dans la haute atmosphère [14] – [19].

Dans les deux hémisphères, à approximativement 30 degrés de latitude, la force de Coriolis empêche les courants d'air d'aller beaucoup plus loin. L'air en commençant de redescendre à cette latitude, il se crée une zone de haute pression (appelée aussi un anticyclone).



Figure I. 1. Vents géostrophiques [6]

I.2.2. Vent surfacique (locaux)

Certains types de vents peuvent être produits par des caractéristiques géographiques locales. Ces types de vents agissent sur de petites étendues et sont le résultat de la géographie particulière à une région ; on les nomme alors vents locaux [20] – [26].

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

A. Brise de mer

Pendant une journée ensoleillée, le sable se réchauffe plus que la mer. Le sable chauffe donc l'air qui se trouve au-dessus et l'air chaud prend de l'expansion à la verticale. Les niveaux de pression au-dessus du sable vont donc s'élever pendant qu'au-dessus de la mer ils vont garder leur altitude [6], [8], [10].

Une force due à la différence de pression apparaîtra en altitude, cette force poussera l'air de la pression plus élevée, vers la pression plus faible. En altitude, il y a donc un déplacement d'air de la zone au-dessus de la plage vers la zone au-dessus de la mer. Cela aura pour conséquence une "accumulation" d'air au-dessus de la mer et une "perte" d'air au-dessus de la plage (donc une diminution de la pression au sol). De la même façon, au niveau de la surface, la différence de pression produira une force poussant l'air de la mer vers la plage. L'air "perdu" près de la surface de la mer est remplacé par l'air "accumulé" en altitude, au-dessus de la mer. Il se crée alors un mouvement d'air descendant au-dessus de la mer.

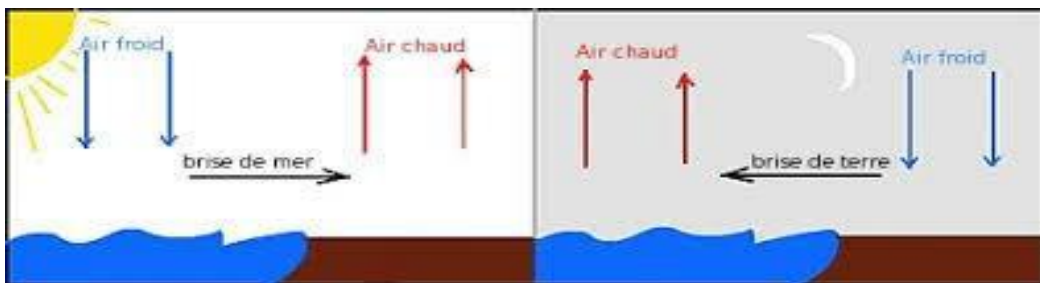


Figure I. 2. Brise de mer [27]

Au niveau de la plage, l'air près du sol monte remplacer l'air "perdu" en altitude. Il se crée alors un mouvement d'air ascendant au-dessus de la plage.

Finalement, cela produit la brise de mer, un vent qui se dirige de la mer vers la terre en proximité du sol et de la terre vers la mer en altitude.

B. Brise de montagne

De jour, l'air au contact des pentes ensoleillées s'échauffe plus vite que l'air situé à la même altitude au-dessus de la vallée. L'air chaud s'élève le long du dérapant tandis que l'air au-dessus de la vallée s'effondre. Ainsi est née la brise de pente montante, qui est schématisée sur la Figure 1-3. Par ailleurs, la brise de vallée montante (ou brise d'aval) est due à l'appel d'air généralisé provoqué par la brise de pente montante. De nuit, on assiste aux effets inverses où l'air en contact avec le sol se refroidit et s'écoule le long de la pente. Ainsi, la brise de vallée descendante (ou brise d'amont) est alimentée par l'air qui s'écoule le long de la pente [6].

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

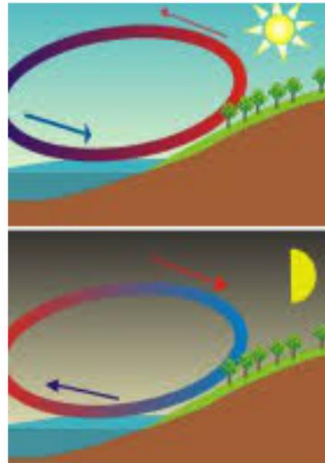


Figure I. 3. Brise de montagne [28]

I.3. Mesure du vent

La mesure de la vitesse du vent se fait le plus souvent par l'emploi d'un anémomètre à coupelles. Un tel anémomètre est muni d'un rotor de trois coupelles qui, sous l'effet du vent, se met à tourner autour d'un axe vertical. La vitesse de rotation est enregistrée électroniquement. En général, l'anémomètre est également doté d'une girouette indiquant la direction du vent. Au lieu de coupelles, l'anémomètre peut être muni d'une hélice, une solution qui est cependant assez rare [6], [8], [10].



Figure I. 4. Anémomètre et girouette [6]

I.4. Rose des vents

Les mesures de vent peuvent être présentées à l'aide d'une rose des vents. Elle est un peu comme un compas de navigation qui divise l'horizon en secteurs angulaires. Pour chaque secteur, son présente [25], [26], [29], [30], [30] :

- La fréquence du vent, c'est à dire le pourcentage du temps durant lequel le vent souffle dans ce secteur.
- La vitesse moyenne du vent multiplié par sa fréquence.
- La puissance disponible dans le vent.

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

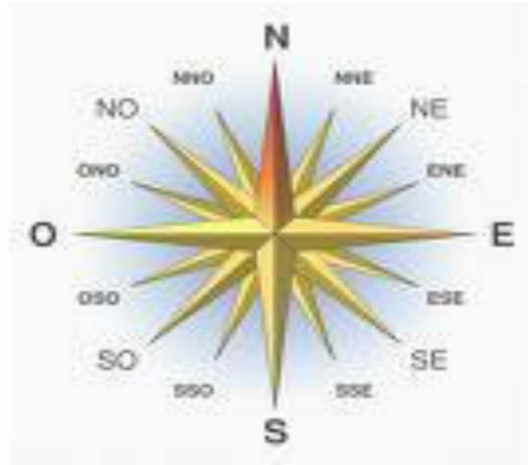


Figure I. 5. Rose des vents [6]

Les roses des vents diffèrent d'une région à une autre. Elles constituent en fait une sorte d'empreinte climatologique.

Pour deux régions avoisinantes elles sont souvent très similaires. Pour cette raison, ce sera souvent suffisamment sûr de déterminer les directions du vent en interpolant les roses établies pour les villes voisines ; c.-à-d. en prenant la moyenne des résultats enregistrés. Cependant, de telles estimations s'avéreront souvent insuffisantes s'il s'agit de terrains complexes (régions montagneuses et côtières, entre autres).

Dans tous les cas, la rose des vents indique la distribution relative des directions du vent et non pas la vitesse réelle de ce dernier.

I.5. Énergie éolienne

I.5.1. Histoire d'éolienne

Parmi toutes les énergies renouvelable appart l'énergie du bois, c'est l'énergie du vent qui a été exploitée en premier par l'homme .Depuis l'antiquité, elle fut utilisée pour la propulsion des navires et ensuite les moulins à blé et les constructions permettant le pompage d'eau.

Le principe de l'éolienne était déjà connu 2000 ans avant J-C, chez les perses qui utilisaient des moulins à vents afin de moulin le grain.

Avait conçu tout un projet d'irrigation de la Mésopotamie utilisant la puissance du vent. La première description écrite de l'utilisation des moulins à vent en Inde date d'environ 400 ans avant J-C. Les Chinois ont également exploité la puissance du vent pour les systèmes de pompage de l'eau.

Ce n'est qu'au Moyen –Age que les moulins à vent se sont considérablement développés notamment aux pays bas qui s'en servaient et même aujourd'hui pour pomper l'eau des rivières et des canaux.

La première éolienne destinée à produire de l'électricité (voir figure I-6) fut construite par Charles F. Brush en 1887. composée de 144 pales et d'un diamètre de 17 m, elle ne produit que 12 kW [31] – [33].

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne



Figure I. 6. Éolienne de pompage [31]

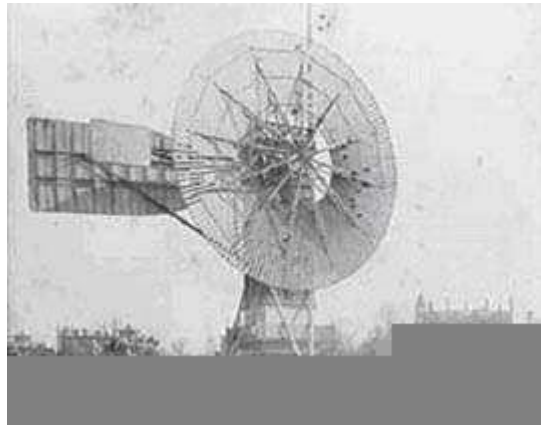


Figure I. 7. première éolienne créée par Charles F. Brush [31]

Plus tard, Darrieux, un ingénieur français fit construire en 1983 la première éolienne à axe vertical. Cette éolienne dite de type Darrieux (voir figure I-8) dont le fonctionnement repose sur l'effet de portance subit par un profil soumis à l'action d'un vent relatif (effet qui s'exerce sur les ailes d'un avion). Cette configuration présente un important avantage sur les éoliennes classiques, ou éolienne peut fonctionner quelle que soit la direction du vent. Des recherches sont en cours actuellement visant à améliorer ce système qui reste fragile en cas de vents trop violents.

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne



Figure I. 8. Éolienne Darrieux [34]

En Algérie, la première éolienne a été installée à Adrar en 1953. à l'époque, cette éolienne faisait partie de trois premières grandes éoliennes dans le monde et la 1^{er} installée en Afrique avec une capacité de pompage de 50 litres par seconde (à trois hélices avec une forme aérodynamique de 15m de diamètre). cette éolienne se trouve hors d'usage depuis 1969[35].

Entre temps, plusieurs pompes éoliennes multi-pales, ont été mises en place dans les zones isolées pour l'intérêt des agriculteurs et des éleveurs, notamment à Djelfa, M'silla, Laghouat et Ghardaïa .la plupart de ces pompes éoliennes ont été fabriquées en Algérie par deux usines situées au niveau de Laghouat et El-Berouaguia [35].

I.5.2. Utilisation

L'énergie éolienne est utilisée par l'homme depuis très longtemps déjà .Elle remplaça les rames pour faire avancer les navires, elle fut utilisée pour actionner les meules des moulins, elle permet encore le pompage d'eau pour abreuver les bêtes dans les champs .Depuis plus de 100 ans. Elle est utilisée pour produit d'électricité, source d'énergie fondamentale dans notre société actuelle .En effet, on utilise l'électricité pour la plupart de notre activité, que ce soit dans le domaine domestique ou industriel.

Ainsi l'homme a souvent besoin d'énergie électrique dans des proportions faibles ou importantes selon l'utilisation qu'il a faite :

- Pour faire fonctionner des stations mettent ou toutes autres installations électriques isolées à faible consommation, une éolienne de petite taille peut fournir cette énergie tout au long de l'année.
- Pour alimenter en éclairage des maisons ou villages dans des contrées isolées exposée au vent, des installations d'éoliennes de quelque mètre de diamètres sont choses courantes.
- Pour alimenter en électrique des villes tout en produisant une énergie propre, on utilise des éoliennes de plusieurs dizaines de mètres de diamètres pouvant produire.

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

I.5.3. Production d'énergie éolienne

En 2016, la production mondiale d'électricité éolienne s'élevait à 957.7TWh, en augmentation de 14.2 % par rapport à 2015 après +16.7 % en 2015 ; elle représentait 3.8 % de la production totale d'électricité. Selon Bloomberg New Energy Finance (BNEF), la capacité de production mondiale cumulée d'énergie solaire et d'énergie éolienne a atteint 1 térawatt (un millier de milliard de watts). Si l'éolien domine légèrement à 54% [36].

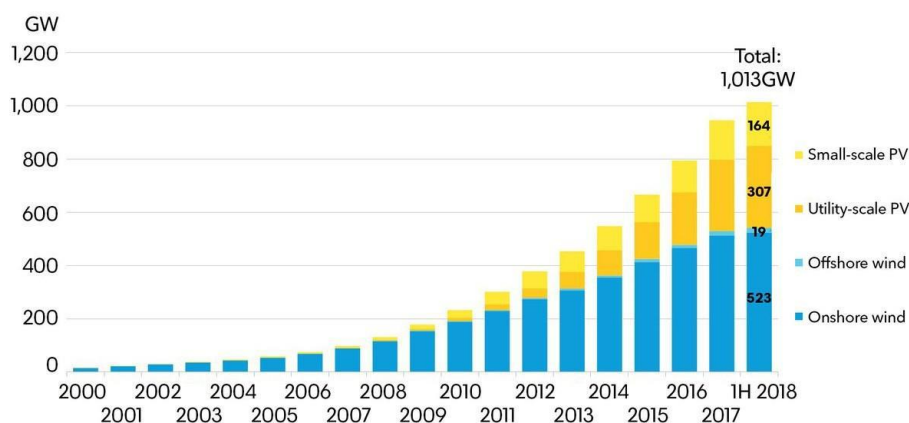


Figure I. 9. Capacité de production des énergies renouvelables dans le monde [36]

I.5.4. Énergie dans l'Afrique

La puissance éolienne installée en Afrique a progressé de 58% en 2014 passant de 1612MW. Fin 2013 à 2545 MW fin 2014 ; le Maroc a pris la première place sur le continent africain en termes de puissance installée avec 1157MW répartis en 15 parcs ; l'Égypte se place au deuxième rang en Afrique par 610 MW 2014 en progression de 60 MW. L'Afrique du sud se place au troisième rang avec 570 MW installés fin 2014[37].

Après avoir mis une décennie pour installer ces premiers 10MW d'éolienne. Elle est en train de développer 3000MW à 5000MW de projet éoliens, dont 636MW en construction et 562MW proches de leur bouclage financier ; le plan directeur énergétique (power secours Intégrates Recours Plan 2010-2030) prévoit 9000MW éoliens d'ici 2030[6].

L'Algérie présente un potentiel éolien considérable qui peut être exploité pour la production d'énergie électrique, surtout dans le sud où les vitesses de vents sont élevées et peuvent dépasser 4m/s (6m/s dans la région de Tindouf), et jusqu'à 7m/s dans la région d'Adrar [10]

Les ressources énergétiques de l'Algérie ont déjà été estimées par le CDER (Centre de Développement des Énergie Renouvelable) depuis les années 90 travers la production des Atlas de la vitesse du vent et du potentiel énergétique éolien disponible en Algérie [6].

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

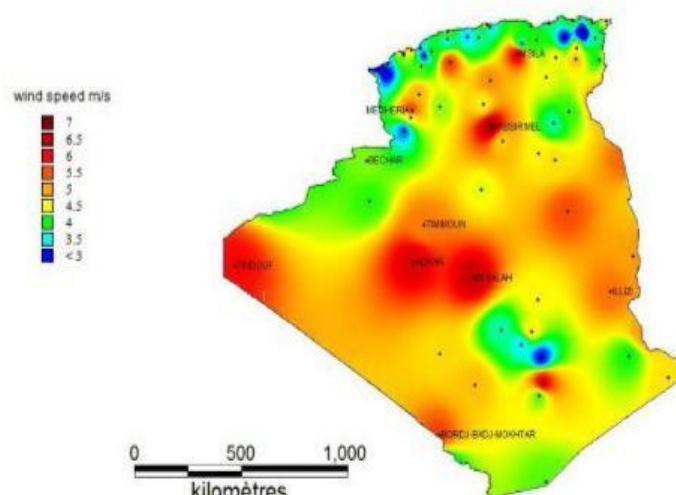


Figure I. 10. Carte annuelle de la vitesse moyenne du vent en (m/s) en Algérie [38]

Ceci a permis l'identification de huit zones ventées susceptibles de recevoir des installations éoliennes :

- Deux zones sur le littoral
- Trois zones sur les hauts plateaux
- Trois zones en sites sahariens

La réalisation de la première ferme éolienne en Algérie, d'une puissance de 10MWa Adrar (sud – ouest), a été confiée Janvier 2010 au groupe Français VERGNET .Ce dernier a été retenu par la compagnie de l'Engineering de l'Electricité et du gaz (CEEG), filiale du groupe SONELGAZ [15].

Le potentiel éolien de ces régions a été estimé à 172Twh/an dont 37Twh/an économiquement exploitable soit l'équivalent de 75% des besoins nationaux en 2007[8].Les trois régions situées au sud-ouest du Sahara (Tindouf,Ainsalah et Adrar) semblent être les plus favorables à l'installation de ferme éolienne ,car elles cumulent à elles seules un potentiel économique approchant les 24Twh/an[6].

I.6. Parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent .Ils composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes [39] :

- Plusieurs éoliennes fixées sur fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilise appelée "plateforme" ou "aire de gruTage"
- Un réseau de câble électrique entre permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s)de livraison électrique (appelé "resta inter-éolien") ;
- Un réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur réseau public)
- Un réseau de câble enterrée permettant d'évacuer l'électricité regroupée aux poste de livraison vers le poste source (Apple "réseau externe "et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité)
- Un réseau de chemins d'accès

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

- Eventuellement des éléments annexes types mat de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.



Figure I. 11. Parc éolien [40]

I.6.1. Élément constitutifs d'une éolienne

L'éolienne (ou aérogénérateur) définie comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, compose des principaux éléments suivantes : un mat, une nacelle, le rotor auxquels sont fixées les pales, ainsi que le cas échéant, un transformateur. Les aérogénérateur se composent de ces cinq principaux éléments.

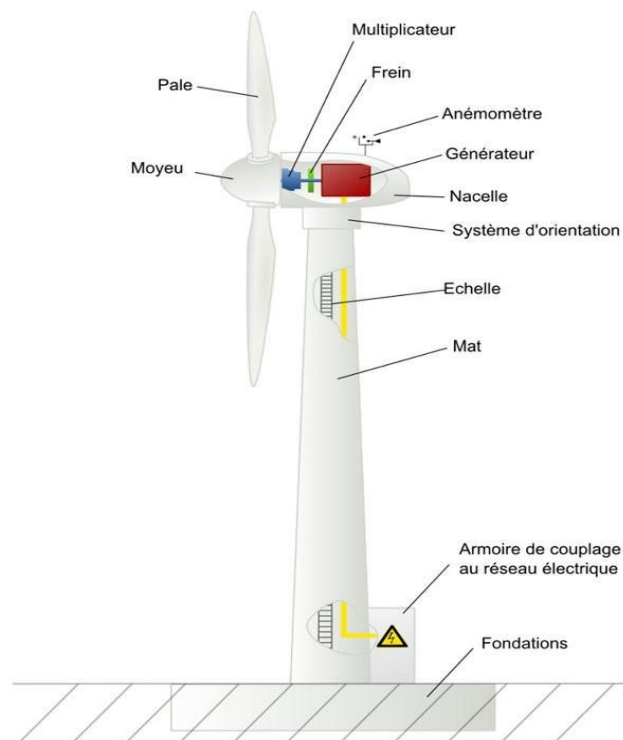


Figure I. 12. Éléments constitutifs d'une éolienne [41]

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

A. Mat

Le mat, généralement un tube d'acier, ou éventuellement un treillis métallique, doit être le plus haut possible pour éviter les perturbations près du sol. Toutefois, la quantité de matière mise en œuvre représente un coût non négligeable et le poids doit être limité. Un compromis consiste généralement à prendre un mat de taille très légèrement supérieur au diamètre du rotor de l'aérogénérateur.

B. Moyen

En général c'est une pièce d'acier moulé, il reçoit les pales sur des brides normalisées et se monte sur l'arbre lent du multiplicateur. Pour sa conception on utilise des éléments finis. L'est souvent protégé par une coupe en polyester en forme d'obus qui a une forme aérodynamique (plus esthétique que fonctionnelle).

C. Nacelle

Situé haut de la tour et qui comporte toute l'installation de production d'électricité : le multiplicateur, le (ou les) générateur (s), les systèmes de frein et d'orientation de l'éolienne et tous l'équipement automatisés d'asservissement de l'ensemble des fonctions de l'éolienne. La nacelle est une structure en acier ou en fonte à laquelle tous ces éléments sont attachés.

D. Rotor

Fait tourner le mécanisme d'entraînement et le générateur. Les pales doivent être légères, solides et durables, pour résister à l'action des éléments. On les construit habituellement en matériaux composites à base de fibre de verre, en plastique renforcé ou en bois. Le rotor ne tourne pas trop vite. C'est le diamètre des pales qui détermine la quantité d'électricité produite par le système. L'éolienne compte habituellement deux ou trois pales, le rotor à trois pales réduit les contraintes mécaniques que subit le système, mais son coût est plus élevé.

Les rotors à pas variable : le mécanisme est presque idéal, car on optimise la vitesse de rotation et la puissance (presque constante), en fonction du vent disponible. Mais un tel dispositif est complexe et coûteux.

Le rotor pas fixe : ralentit automatiquement à partir d'une certaine vitesse. La conception des pales conduit à un effet aérodynamique qui réduit l'efficacité du rotor. Cette technologie entraîne au moins une variation plus importante de la vitesse du rotor et exige de réguler davantage le courant de sortie. En outre, par vents forts, et bien que la turbine ralentisse, les pales, toujours face au vent, exercent de fortes pressions sur les nacelles et le mat.

E. Pales

Le rotor, et tout particulièrement les pales, constituent la partie mécanique la plus importante de l'éolienne. L'effet global de l'aérogénérateur dépend fortement de celle-ci. Plusieurs éléments caractérisent ces dernières tel que : la longueur, la largeur, le profil, le matériau et le nombre.

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne



Figure I. 13.Montage des pales d'éolienne [42]

Parmi ces éléments, certains sont déterminés par des hypothèses de calcul, puissance et couple et d'autres sont choisis en fonction du critère tel que : courts résistances au climat.

I.7. Types d'éolien

I.7.1. Éoliennes axe horizontal

Les éoliennes modernes classiques tripales : conception qui s'est imposée sur le marché mondial pour des raisons de stabilité de la structure.

On distingue les éoliennes on shore (terme américain signifiant sur le sol c'est –adire sur les continents), et les éoliennes off-shore (sur la mer).ces dernières présentent des avantages au niveau des nuisances sonores puisqu'elles sont éloignées des habitations et au niveau des vents continentaux .en revanche, elles sont beaucoup plus difficiles à installer plus couteuses.

La hauteur totale de ces éoliennes varie entre 25et180mpour une puissance qui va de 100KWa5MW [43].



Figure I. 14. Éolienne horizontale [43]

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

Les éoliennes horizontales peuvent être de type "aval" ou "amont". Dans la majorité des cas, sont des éoliennes "amont", c'est-à-dire que le vent souffle directement sur les pales de l'éolienne. Cela implique l'utilisation de pales très rigides car elles sont très exposées au vent.

La configuration "aval" est utilisée plus particulièrement pour les petites éoliennes qui sont munies de pales plus fragiles.

I.7.2. Éoliennes à axes verticaux :

Les éoliennes à axe vertical sont plus onéreuses que les éoliennes à axe horizontal et conception plus complexe mais s'adaptent plus facilement à des zones de vent irrégulier. Une éolienne à axe vertical est surtout utile dans les endroits où il n'y a pas beaucoup de place : en ville, sur le toit d'un immeuble par exemple [43].

Il existe deux modèles d'éoliennes à axe vertical :

A. Darrieux

Elles sont peu encombrantes, en nécessitent pas de systèmes d'orientations et sont simple à installer. Par contre, elles ont un faible rendement et ne démarrent pas toutes seules.

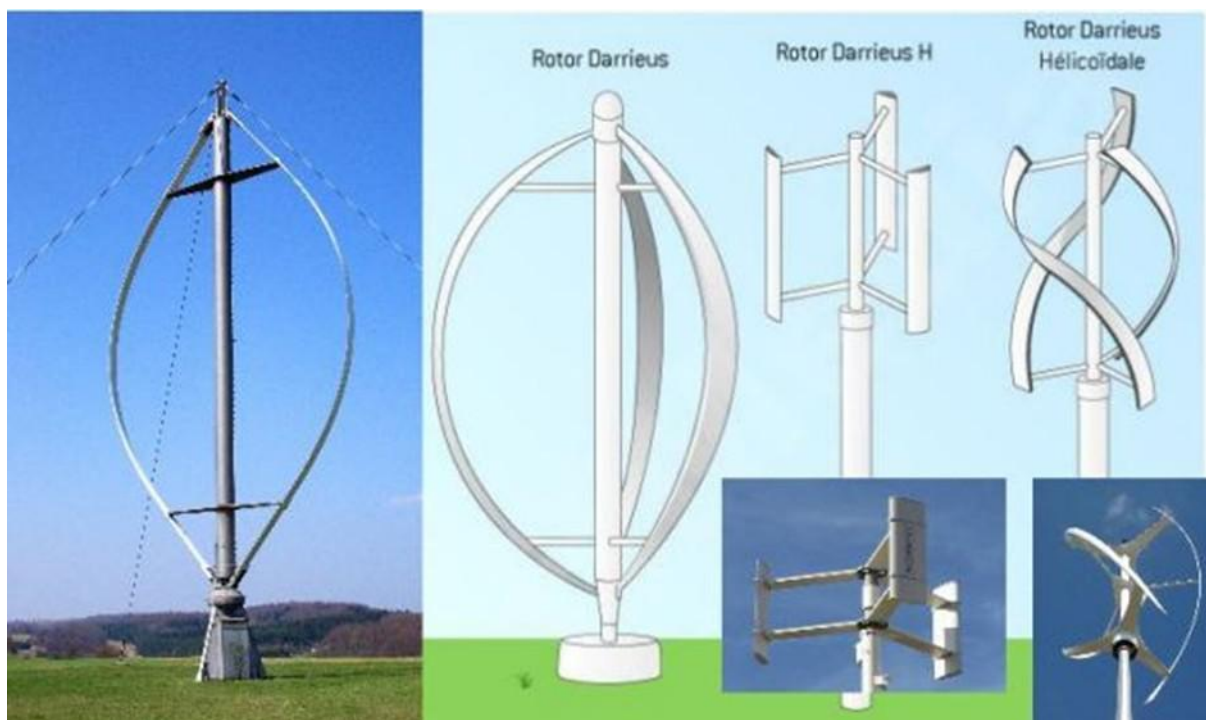


Figure I. 15. Représente le modèle Darrieux [43]

B. Savonius

Cette éolienne a également un faible rendement par rapport à une éolienne classique mais elle a l'avantage de fonctionner avec toutes les directions du vent. L'éolienne est compacte et le fait d'être sur un axe vertical diminue les vibrations ce qui peut être très contraignant sur un bâtiment.

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

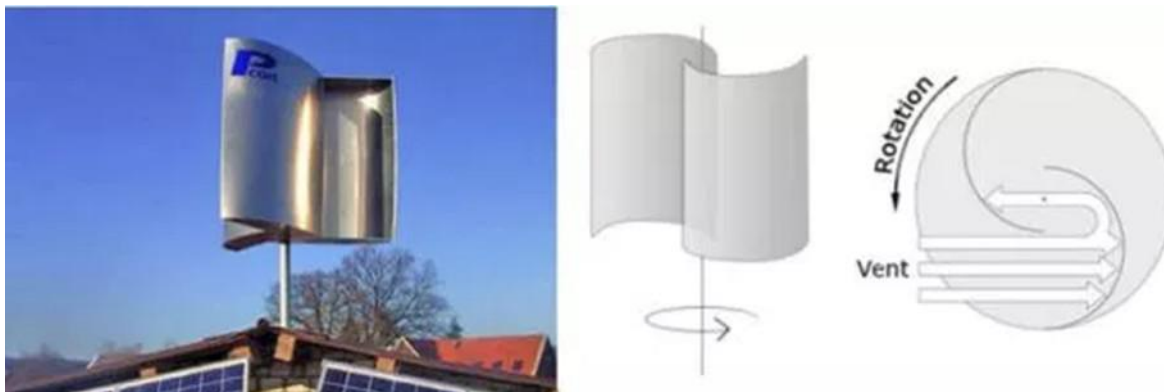


Figure I. 16. Présente le modèle savonius [43]

I.8. Impact des éoliennes sur l'environnement

I.8.1. Impact sonore

Les premières générations d'éoliennes avaient un bruit relativement important. Les plus récentes ont bénéficié de nombreuses améliorations, ce qui a permis de réduire leurs émissions sonores. Le bruit généré par une éolienne a deux origines [6] – [10], [44] – [48] :



Le bruit mécanique provient du fonctionnement de tous les composants de la nacelle (générateurs, multiplicateur et arbres) [6]



Les bruits aérodynamiques sont dus à la présence de turbulences ou tourbillons dont les origines sont multiples [44] :

- Présence de salissures ou d'imperfections sur le profil de la pale (trous, aspérités, fissures, ...).
- Turbulences liées au passage de l'air sur le côté intrados et extrados de la pale qui se rejoint pour créer des turbulences sur le bord de fuite.
- Tourbillons en bout de pale dus aux surpressions /dépressions présentes dans cette zone.

Les niveaux de bruit des machines varient en fonction de leur puissance électrique. Chaque valeur de bruit correspond à la moyenne de plusieurs machines de constructeurs différents pour la même puissance électrique, par exemple le niveau sonore par élément d'éolienne pour une puissance acoustique 102 dB au niveau de la turbine sont représentés dans la figure I.16.

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

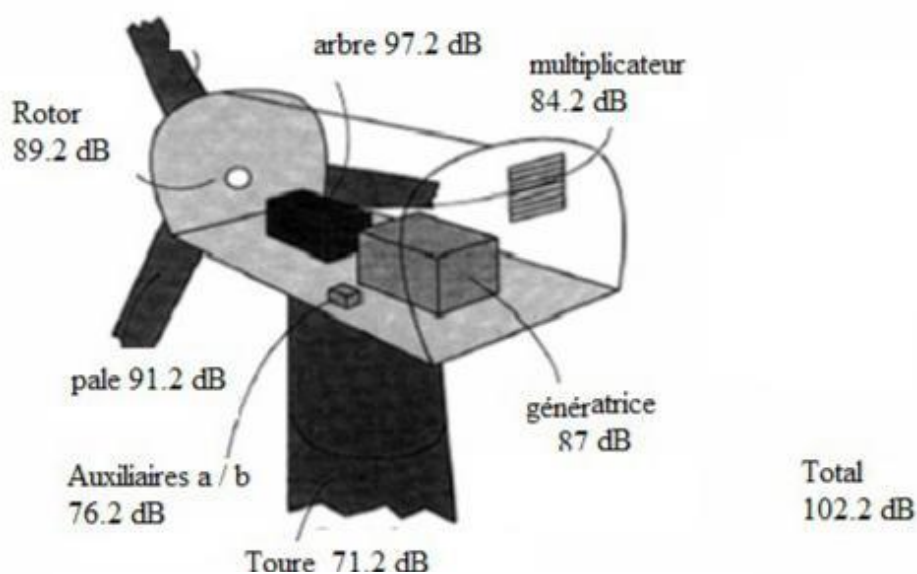


Figure I. 17. Niveau sonore par élément d'éolienne [8]

Les données dont nous disposons sur les plus grosses machines, d'une puissance supérieure à 2,5 MW, sont des données estimées par le constructeur, non certifiées encore et peut être encore pénalisantes. Ceci peut expliquer l'importante augmentation apparente des niveaux sonores par comparaison aux machines de puissances électriques inférieures.

Le niveau du bruit émis par une éolienne décroît avec la distance. Cette décroissance dépend des dimensions (source ponctuelle, surfacique, linéique) et des caractéristiques acoustiques (directivité) de la source. L'atténuation des ondes sonores dépend essentiellement de la divergence géométrique et de l'effet de sol. Cependant, à des distances plus importantes et pour des fréquences plus élevées l'absorption atmosphérique doit être prise en compte.

I.8.2. Impacts visuels

Dans les terrains plats, il est souvent préférable d'installer les éoliennes dans une disposition géométrique simple, facilement perceptible par le spectateur. Un alignement des éoliennes, équidistantes les unes des autres, est souvent une bonne solution.

D'un point de vue esthétique, les grandes éoliennes s'intègrent souvent mieux dans le paysage que les petites, la vitesse de rotation de ces premières étant moins élevée ce qui attire normalement moins l'œil que les objets se mouvant à grande vitesse [6].

L'effet stroboscopique se produit dans le voisinage immédiat de l'éolienne. Résultant du passage des pales en rotation dans les rayons du soleil illuminant des pièces d'habitation ou des lieux de travail [8], [10].

I.8.3. Impact sur les systèmes de télécommunications

Des études traitant de ce sujet indiquent que certains systèmes de radiodiffusion et télécommunications peuvent être grandement affectés. L'interférence due aux éoliennes prend deux formes ; interférence par obstruction ou interférence par réflexion. Il en résulte une dégradation du signal reçu ce qui affecte la performance et la fiabilité du service [8].

Les problèmes d'interférences associés aux éoliennes sont généralement causés par des pales métalliques ou en fibres de carbone. La rotation des pales dans ces cas, présente une grande surface conductrice causant obstruction ou réflexion du signal. L'utilisation de pales de fibre de verre/époxy ou de plastique réduit le risque d'interférences causées par la rotation des pales,

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

Mais ne l'élimine pas complètement. Les structures de support des éoliennes présentent aussi un grand potentiel d'obstruction ou de réflexion à la transmission des signaux.

I.8.4. Impact sur la faune

Aux Etats-Unis et en Espagne, des parcs éoliens ont provoqué une mortalité anormale d'oiseaux. Les études réalisées ont mis en évidence un certain nombre de facteurs qui ont gravement participé à générer cet impact (voir figure I.17). Il s'agit de situations très spécifiques qui ne peuvent en aucun cas être présentées comme des exemples de référence.



Figure I. 18. Impact sur les oiseaux [6]

Les immenses parcs éoliens californiens sont en effet composés de plusieurs centaines de petites éoliennes montées sur des tours treillis. Ce type d'éolienne est en grande partie responsable de l'impact constaté sur les oiseaux (5,2 oiseaux tués en moyenne par éolienne et par an) [6].

Placés au milieu de vastes surfaces planes et désertes, les aérogénérateurs constituent des perchoirs uniques pour les rapaces en chasse qui s'approchent alors dangereusement des pales en rotation.

En France, les éoliennes sont équipées de mâts tubulaires qui ne permettent pas aux oiseaux de se percher. Les études réalisées en Europe indiquent une mortalité de 0,4 à 1,3 oiseaux tués par éolienne et par an [8].

Si le risque n'est jamais nul, il faut rappeler que les routes, les lignes électriques aériennes, les baies vitrées et la chasse provoquent la mort de plusieurs dizaines de milliers d'oiseaux chaque année en France. La fondation hollandaise pour la protection des oiseaux a réalisé une estimation de la mortalité annuelle de l'avifaune dans ce pays. Les résultats (voir la figure I.18) montrent un faible impact des éoliennes.

Le taux de mortalité des chauves-souris dû à la production d'énergie éolienne est exprimé en nombre de mortalités par turbine par année ou en nombre de mortalités par mégawatts produits par année. Le taux de mortalité peut aussi correspondre au nombre de mortalités par rapport à la surface de balayage en 100 000 m² par année.

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

Selon Johnson (2004), le taux de mortalité moyen aux États-Unis est 3,4 mortalités par turbine par année (ou à 4,6 mortalités par MW produits par année). Cependant, le taux de mortalité évalué pour certains projets est beaucoup plus élevé que la moyenne. Kearns et Kerlinger (2004) ont évalué la mortalité à près de 2092 individus pour la période de recherche d'avril à novembre pour le site de mountaineer en Virginie de l'ouest. Cela équivaut à un taux de 47,53 mortalités par turbine. Une autre évaluation a été faite par Kerns, Erickson et Arnett (2005) dont les recherches quotidiennes [8].

Les grands animaux peuvent éventuellement être dérangés au moment des travaux d'installation. En dehors de la phase de chantier, les éoliennes n'ont pas d'impact significatif sur la faune sauvage terrestre.

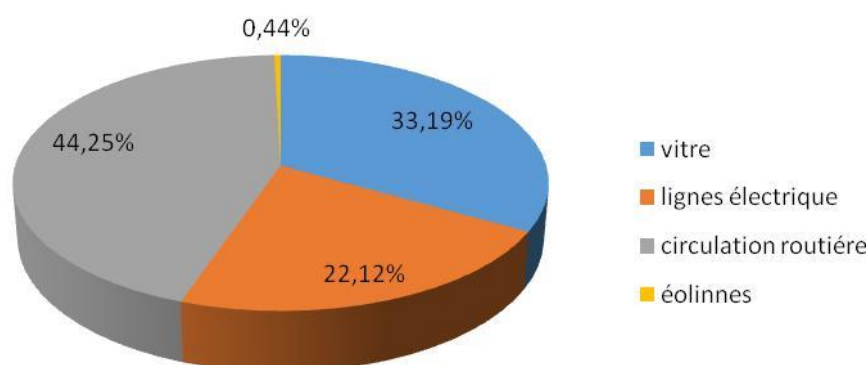


Figure I. 19. Estimation des causes de la mortalité annuelle des oiseaux tués par an (Pays Bas) [6].

I.8.5. Impact sur la sécurité

Comme toute activité humaine, le danger n'est pas complètement absent lors de la construction et de l'exploitation d'un parc éolien. Les principaux facteurs de risques sont liés à la présence d'éléments mécaniques en mouvement et à la proximité de courant électrique de tension et d'intensités élevées [6].

Le risque d'accident concerne les personnels chargés de l'installation et de la maintenance des éoliennes. La maintenance s'effectue en effet à plusieurs dizaines de mètres de hauteur. En général, pour réduire les pertes de production, ces interventions s'effectuent lorsque les conditions météorologiques sont favorables. Les personnels sont sensibilisés aux problèmes de sécurité et suivent régulièrement des formations. En outre, les éoliennes modernes sont équipées de dispositifs de protection contre les chutes.

Une personne qui monte au sommet d'une éolienne doit porter une paire d'attache inspirée du matériel des alpinistes. Les attaches sont fixées par un câble d'acier à un système d'ancrage (ligne de vie) qui suit la personne tout au long de son ascension vers la nacelle. Durant l'entretien de l'éolienne, il est impératif qu'elle soit totalement arrêtée. Un système de freins permet de bloquer totalement le rotor et d'éviter ainsi tout mouvement des pièces mécaniques. Les systèmes de protection vis-à-vis de la machinerie, de l'incendie et des risques électriques doivent respecter des normes internationales très strictes. Les éoliennes font l'objet de certification par des organismes de contrôle indépendants.

Lors de la construction d'éoliennes, la résistance à la fatigue des matériaux ainsi que le comportement dynamique de la structure dans sa globalité sont étudiés avec soins. Les Constructeurs conçoivent leurs éoliennes pour résister à des conditions météorologiques extrêmes (vents de 250 km/h pendant 5 secondes ou 180 km/h).

Ils doivent également tenir compte de la variation des forces exercées en fonction des fluctuations du vent.

Les composants soumis à des flexions répétées, comme les pales, peuvent développer des faiblesses structurelles si elles ont été mal conçues et/ou fabriquées.

Si la chute d'une tour est tout à fait rare, la rupture ou la chute de pales sont statistiquement plus importants. Ce fut notamment le cas avec les premières machines installées au début des années 80 équipées de pales métalliques.

La mauvaise tenue à la fatigue du métal pouvait engendrer des fissures. Les pales sont aujourd'hui fabriquées avec des matériaux composites qui ont l'avantage d'être légers et extrêmement résistants.

Conclusion

Le vent est un mouvement de l'atmosphère. Ces mouvements de masses d'air sont provoqués par deux phénomènes se produisant simultanément : un réchauffement inégalement réparti de la surface de la planète par l'énergie solaire et la rotation de la planète. Sur Terre, plusieurs régions ont des vents caractéristiques auxquels les populations locales ont données des noms particuliers.

L'éolienne transforme grâce à ses pâles l'énergie du vent en énergie mécanique puis grâce au contenu de la nacelle (modulateur, multiplicateur, générateur ...) en énergie électrique.

Elle a quelques aspects négatifs (bruit, impact sur passage...etc.) et afin de réduire la prolifération des projets et des problèmes, il faut regrouper les éoliennes dans des zones de développement de l'éolienne (ZDE) de plusieurs dizaines de éolienne.

S'il est indispensable de se soucier des paysages, ce n'est pas seulement cette raison qui doit nous conduire à refuser l'éolien industriel où que ce soit et quelle que soit l'échelle des parcs envisagés.

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

Référence

- [1] B. Van der Zwaan and B. V. der Zwaan, “Le réchauffement de la planète : la nécessité d’une ‘décarbonisation’ de l’énergie,” *Polit. Étrangère*, vol. 66, no. 2, pp. 419–432, 2001.
- [2] R. Comolet, “Sur le mouvement d’une bulle de gaz dans un liquide,” *Houille Blanche*, no. 1, pp. 31–42, 1979.
- [3] “Une étude américaine. Pourquoi les femmes s’opposent-elles plus que les hommes à l’énergie nucléaire ?,” *Rev. Générale Nucl.*, no. 2, pp. 172–173, Mar. 1982.
- [4] M. Benmedjahed, N. Ghellai, A. Benmansour, S. M. Boudai, and M. A. T. Hellal, “Assessment of wind energy and energy cost in Algeria,” *J. Renew. Energy Smart Grid Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 31–40, 2014.
- [5] M. benmedjahed, N. Ghellai, M. A. Tabet Hellal, and N. E. Chabene Sari, “Choix du site et optimisation du dimensionnement d’une installation éolienne dans la région De Béni Saf et son impact sur l’environnement,” *Rev. Int. Hélio-tech.*, vol. 42, pp. 1–6, 2010.
- [6] M. Benmedjahed, “Choix du site et optimisation du dimensionnement d’une installation éolienne dans le nord Algérien et son impact sur l’environnement.” Thesis, Tlemcen, Algérie, 2014.
- [7] M. Benmedjahed and S. Mouhadjer, “Evaluation of wind energy cost and site selection for a wind-farm in the south of Algeria,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1758, no. 1, p. 030001, Jul. 2016.
- [8] M. Benmedjahed and R. Maouedj, *L’impacte d’un parc éolien sur l’environnement au sud Algérien*. Editions universitaires européennes, 2017.
- [9] M. Benmedjahed, N. Ghellai, Z. Bouzid, and A. Chiali, “Temporal Assessment of Wind Energy Resource in ‘Adrar’ (South of Algeria) ; Calculation and Modeling of Wind Turbine Noise,” 2015, pp. 33–42.
- [10] M. Benmdjahed and R. Maouedj, *The wind farm impact on the environment in Tindouf*. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.
- [11] M. Benmedjahed, “Wind Potential Assessment of Ain Salah in Algeria ; Calculation of the Cost Energy,” *Int. J. Energy Power Eng.*, vol. 4, no. 2, p. 38, 2015.
- [12] M. Benmedjahed, R. Maouedj, and S. Mouhadjer, “Wind Potential Assessment of M’sila in Algerian Highlands Regions ; Modeling of Wind Turbine Noise,” *Energy Procedia*, vol. 119, pp. 642–649, 2017.
- [13] “Définition | Vent | Futura Planète.” [Online]. Available : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie-vent-14560/>. [Accessed : 04-Feb-2019].
- [14] X. Xu and X. Zou, “A Modified Ice Water Path Retrieval Algorithm Applicable to the ATMS,” *Tellus Dyn. Meteorol. Oceanogr.*, vol. 71, no. 1, pp. 1–14, Jan. 2019.

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

- [15] D. Faranda, G. Messori, and S. Vannitsem, “Attractor dimension of time-averaged climate observables: insights from a low-order ocean-atmosphere model,” *Tellus Dyn. Meteorol. Oceanogr.*, vol. 71, no. 1, pp. 1–11, Jan. 2019.
- [16] S. Soldatenko and R. Colman, “Climate variability from annual to multi-decadal timescales in a two-layer stochastic energy balance model: analytic solutions and implications for general circulation models,” *Tellus Dyn. Meteorol. Oceanogr.*, vol. 71, no. 1, pp. 1–15, Jan. 2019.
- [17] H. Heastie, “Geostrophic wind,” *Phys. Educ.*, vol. 6, no. 5, pp. 273–275, Sep. 1971.
- [18] J. Egger and K.-P. Hoinka, “The vertical component of the geostrophic wind,” *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, vol. 143, no. 704, pp. 1704–1713, Apr. 2017.
- [19] H. Nacfaire, *Wind-Diesel and Wind Autonomous Energy Systems*. CRC Press, 2003.
- [20] P. Breeze, “An Introduction to Wind Power,” 2016, pp. 1–8.
- [21] P. Breeze, “Offshore Wind,” 2016, pp. 75–84.
- [22] P. Breeze, “Small Wind Turbines,” 2016, pp. 67–73.
- [23] P. Breeze, “The Wind Energy Resource,” 2016, pp. 9–17.
- [24] P. Breeze, “Wind Farms, Electrical Optimization, and Repowering,” 2016, pp. 59–65.
- [25] M. Bennett, “Wind shear and the sea-breeze in Lincolnshire,” *Weather*, vol. 52, no. 7, pp. 198–204, 1997.
- [26] J. Wu, “Wind-stress coefficients over sea surface from breeze to hurricane,” *J. Geophys. Res.*, vol. 87, no. C12, p. 9704, 1982.
- [27] “brise.” [Online]. Available: <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim1/motscles/savoir Plus /brise.html>. [Accessed: 04-Feb-2019].
- [28] “Régime de brise,” *Wikipédia*. 16-Nov-2018.
- [29] R. R. Hessler, W. M. Smithey, M. A. Boudrias, C. H. Keller, R. A. Lutz, and J. J. Childress, “Temporal change in megafauna at the Rose Garden hydrothermal vent (Galapagos Rift; eastern tropical Pacific),” *Deep Sea Res. Part Oceanogr. Res. Pap.*, vol. 35, no. 10–11, pp. 1681–1709, 1988.
- [30] M. Teitel, O. Liran, J. Tanny, and M. Barak, “Wind driven ventilation of a mono-span greenhouse with a rose crop and continuous screened side vents and its effect on flow patterns and microclimate,” *Biosyst. Eng.*, vol. 101, no. 1, pp. 111–122, 2008.
- [31] “Charles Francis Brush,” *Wikipédia*. 17-Oct-2018.
- [32] “Documentsanstitre.”[Online]. Available: <http://www.academie-des-beaux-arts.fr/actualites/2007/eoliennes/partie1.asp>. [Accessed: 04-Feb-20

Chapitre I : Origine d'énergie éolienne

- [33] “Histoire de l'énergie éolienne - Wiki Éolienne.” [Online]. Available : https://eolienne.f4jr.org/histoire_energie_eolienne. [Accessed: 04-Feb-2019].
- [34] “Éolienne Darrieux,” *Wikipédia*. 27-Jan-2019.
- [35] “Adrar: La ferme éolienne de Kabertène, un modèle réussi d'exploitation des énergies renouvelables,” *Al HuffPost Maghreb*, 28-Oct-2016. [Online]. Available: https://www.huffpostmaghreb.com/2016/10/28/adrar-ferme-eolienne-kabe_n_12688458.html . [Accessed: 04-Feb-2019].
- [36] R. H. Wiser and M. Bolinger, “2017 Wind Technologies Market Report,” Lawrence Berkeley National Lab. (LBNL), Berkeley, CA (United States), Aug. 2018.
- [37] K. Ziane, “Analysis, assessment and risk reduction of a wind farm,” Thèses, Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, 2017.
- [38] “Un nouvel atlas éolien de l'Algérie - Centre de Développement des Engis Renouve ab es.” [Online]. Available: <https://www.cder.dz/spip.php?article3567>. [Accessed : 04-Feb-2019].
- [39] “Parc éolien,” *Wikipédia*. 14-Jan-2019.
- [40] “7 : Schéma descriptif d'un parc éolien terrestre I.3.1 Éléments... | Download Scientific Diagram.” [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Schema-descriptif-dun-parc-eolien-terrestre-I31-Elements-constitutifs-dune-eolienne_fig2_318579972. [Accessed: 04-Feb-2019].
- [41] “Sais-tu qu'une éolienne comporte plusieurs pièces?” [Online]. Available: http://www.environnement.gouv.qc.ca/jeunesse/sais_tu_que/2016/1605-composantes-eolienne.htm. [Accessed: 04-Feb-2019].
- [42] Z. Khaled, “Analyse, Évaluation et Réduction des Risques d'un Parc Éolien,” Université d'Oran 2, Algérie, 2017.
- [43] M. Latreche, “commende floue de la machine synchrone à aimant permanent (MSAP), utilise dans un système éolien,” Sétif, Algérie, 2012.
- [44] R. Saidur, N. A. Rahim, M. R. Islam, and K. H. Solangi, “Environmental impact of wind energy,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 5, pp. 2423–2430, Jun. 2011.
- [45] ADAM, “Éoliennes & impact sonore, Manuel préliminaire de l'étude d'impact des parcs éoliens,” france, 2002.
- [46] S. Eriksson, H. Bernhoff, and M. Leijon, “Evaluation of different turbine concepts for wind power,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 12, no. 5, pp. 1419–1434, Jun. 2008.
- [47] S. Oerlemans, P. Sijtsma, and B. Méndez López, “Location and quantification of noise sources on a wind turbine,” *J. Sound Vib.*, vol. 299, no. 4, pp. 869–883, Feb. 2007.
- [48] M. Benmedjahed and L. Boudaoud, “Temporal Assessment of Wind Energy Resource in Algerian Desert Sites: Calculation and Modelling of Wind Noise,” *J. Fundam. Renew. Energy Appl.*, vol. 05, no. 03, 2015.

Chapitre II : Analyse de l'état initial

Chapitre II : Analyse de l'état initial

Introduction

L'état initial doit décrire de façon précise et détaillée le contexte géographique (lieu, extension, quantification), les caractères spécifiques (aspect remarquable, originalité, rareté) et significatifs (qualité des milieux, niveau de protection) des composantes de l'environnement analysé. Il constitue le document de référence pour apprécier les conséquences du projet sur l'environnement et la remise en état du site à la fin de l'exploitation [1], [2].

L'objectif de l'analyse de l'état initial du site est de disposer d'un état de référence de l'environnement physique, naturel, et humain du site avant l'installation du projet. Il doit fournir des données suffisantes pour identifier, évaluer et hiérarchiser les effets possibles du parc éolien [3], [4].

II.1. Milieu physique

Notre étude porte sur le parc éolien de Kaberten à Adrar, Ce site est parmi les régions plus ventées en Algérie. Les détails de site sont récapitulés dans le tableau II.1 et la Carte de La Wilaya d'Adrar dans la figure II.1.

Tableau II. 1. Position géographique de site étudié

Site	Latitude	Longitude	Altitude
Adrar	27.88° N	0.28° W	263 m

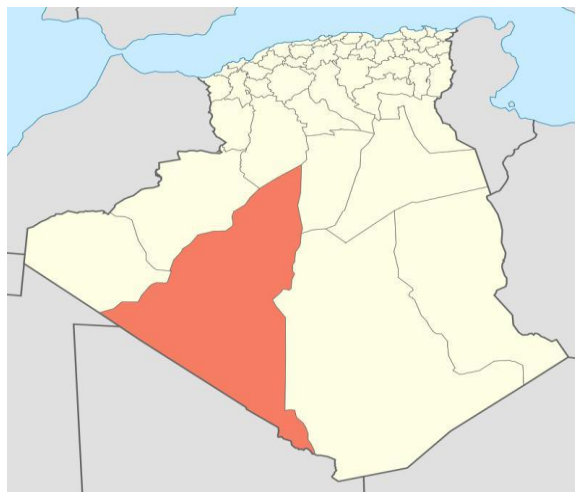


Figure II. 1. Carte de La Wilaya d'Adrar [5]

II.1.1. Relief

Les formes de relief dans notre zone d'étude, sont particulièrement nettes et visibles [3]. Les reliefs de notre site étude sont représentés dans la figure II.2.

Chapitre II : Analyse de l'état initial



Figure II. 2. Carte géographique Algérien [6]

La wilaya d'Adrar est limitée au Nord par le grand Erg occidentale, à l'Est par le plateau de Tademaït, à l'Ouest par l'Erg chèche, au Sud par le plateau de Tanezrouft. Elle est située sur le rebord Sud occidental du vaste bassin secondaire, s'étendant de l'Atlas Saharien à la Hamada du Tinrhert et du Touat Gourara au golfe de Gabes [7], [9].

II.1.2. Sol

Les sols de la région d'Adrar sont en général des sols secs ou la production d'argile est faible et la fraction grossière est dominante. Ils se forment soit par ablation de la roche mère sous l'influence du vent [5].

II.1.3. Climat

Le climat de la région d'Adrar est désertique. Selon la Classification de Köppen BWh [10]–[16], Ce climat caractérisé par une sécheresse extrême avec des précipitations rares et faibles, de très fortes chaleurs avec des températures excessivement élevées pendant une période plus ou moins longue, une très forte irradiation solaire avec une durée d'ensoleillement record dans une grande partie ainsi qu'une très faible humidité . Les Températures, la Précipitations et l'humidité moyennes mensuelles de site étudié sont représentées le tableau II .2 .

Chapitre II : Analyse de l'état initial

Tableau II. 2. Les Températures, la Précipitation et l'humidité moyennes mensuelles

Mois	T _{min} (°C)	T _m (°c)	T _{max} (°c)	Précipitations (mm)	Humidité (%)
Janvier	6.8	13.7	20.5	20.5	38
Février	9.9	17.7	23.1	23.1	33.7
Mars	13.1	21	27.6	27.6	26.6
Avril	16.9	25.7	33.1	33.1	22.5
Mai	22.2	30.5	37	37	18.1
Juin	27.3	35.6	43.1	43.1	13.6
Juillet	28.8	37.5	45.9	45.9	12.1
Août	28.1	36.8	44.2	44.2	12.7
septembre	25.4	33.6	40.4	40.4	16.8
octobre	19.2	27.5	33.1	33.1	23.9
novembre	12.8	19.9	25.4	25.4	31.7
décembre	7.3	10.4	15.7	15.7	39.6

A. Températures

Les températures moyennes maximales sont de 46 - 48 °C en juillet (le mois le plus chaud), ce qui fait d'Adrar une des villes les plus chaudes du monde. Le pic de température record a été établi le Lundi 9 juillet 2018 avec une température de 65°C.

Le nombre moyen de jours où le mercure dépasse la barre des 40°C est de l'ordre de 130 jours par an. Ces températures restent élevées en hiver mais seulement la journée car dans les étendues désertiques, il n'y a rien pour retenir la chaleur et températures minimales moyennes avoisinent 7°C. Le ciel est clair, le soleil omniprésent, le beau temps perpétuel.

L'irradiation solaire figure parmi les plus élevées au monde et la durée moyenne de l'insolation est environ de 3 978 heures par an. Le rapport en pourcentage entre la durée du jour et la durée d'ensoleillement annuelle y est dépassé 90%. La température moyenne journalière annuelle est de 26-27 °C à Adrar.

B. Humidité

L'humidité relative est exceptionnellement faible toute l'année avec une moyenne annuelle d'environ 24%, et particulièrement en saison chaude où le degré hygrométrique de l'air descend souvent en dessous de 5 %.

C. Précipitations

Le climat de la région d'Adrar est désertique caractérisé par une sécheresse extrême avec des précipitations rares et faibles, qui sont rares, varient de 0.1 à 2.1 mm.

II.1.4. Gisement éolien

Des travaux sur le gisement éolien, montre qu'en Algérie il y a beaucoup des sites qui ont un très bon potentiel éolien, ce qui permet d'envisager l'installation des parcs éoliens dans le pays. En particulier, nous pouvons citer le travail de F. Chellali (2011) [17] ont contribué à

Chapitre II : Analyse de l'état initial

l'actualisation de la carte des vents de l'Algérie ainsi que l'étude de Hassi R'Mel et aussi l'amélioration de l'Atlas vent par S. M Boudia. (2013)[16]

A partir des données du vent (vitesse et direction) collectées dans la station météorologiques de site étudiée, on s'est intéressé principalement aux vitesses moyennes annuelles des vents à 10 m du sol .L'étude statistique est basée sur le traitement des données horaires collectées pendant les derniers dix années pour les divers sites retenus.

La distribution statistique de Weibull est appropriée pour l'étude de la distribution des vitesses de vent. La fonction Weibull peut être écrite comme suit [17]–[47]:

$$f(v) = \frac{k}{C} \left(\frac{v}{C} \right)^{k-1} \exp \left(- \left(\frac{v}{C} \right)^k \right) \quad (2.1)$$

Nous avons choisi la méthode de l'écart type pour la détermination du paramètre forme (k), elle se base sur le calcul de vitesses moyenne de vent \bar{v} et écart-type σ_v [19] :

$$\left(\frac{\sigma_v}{\bar{v}} \right)^{-1,090} \quad (2.2)$$

Le paramètre d'échelle (C), peut être déduire à partir de l'équation suivant [21] :

$$C = \frac{\bar{v}}{\left(\frac{1}{k} + \frac{1}{k^2} \right)^{1/k}} \quad (2.3)$$

On a calculé les paramètres de Weibull et la vitesse moyenne pour les cinq sites étudiés à 10m du sol, puis on a tracé les courbes de Weibull avec les histogrammes de fréquence, à 10m du sol (voir tableau II.3 et la figure II.3).

Tableau II. 3. Les paramètres de Weibull et la vitesse moyenne, à 10m du sol

Site	C (m/s)	K	\bar{v} (m/s)
Adrar	6,3	2,12	5,5

On peut observer la valeur du paramètre de forme k, égale à 2.0, cela signifie que la distribution est stable, le paramètre d'échelle C la vitesse moyenne compte respectivement 6.3 m/s 5,5 m/s, cela signifié que ces site sont des sites ventées.

On peut observer la valeur du paramètre de forme k, varie de 1.76(SO) a 3 .08 (ONO), cela signifie que toutes les distributions son stable a l'exception des secteurs OSO, SO, S, SSE et SE. Le paramètre d'échelle C varie de 4.9 m/s (ONO) à 7.5 m/s (NE), cela signifié que ces site sont des sites ventées (voire Tableau II.4).

L'étude statistique des données nous a permis de déterminer la rose des vents qui est la représentation graphique de la fréquence du vent en fonction de la direction dans un repère polaire [19], [23], [26], [27], [29] . Nos résultats pour le site étudié sont présentés dans la figure II.4

Chapitre II : Analyse de l'état initial

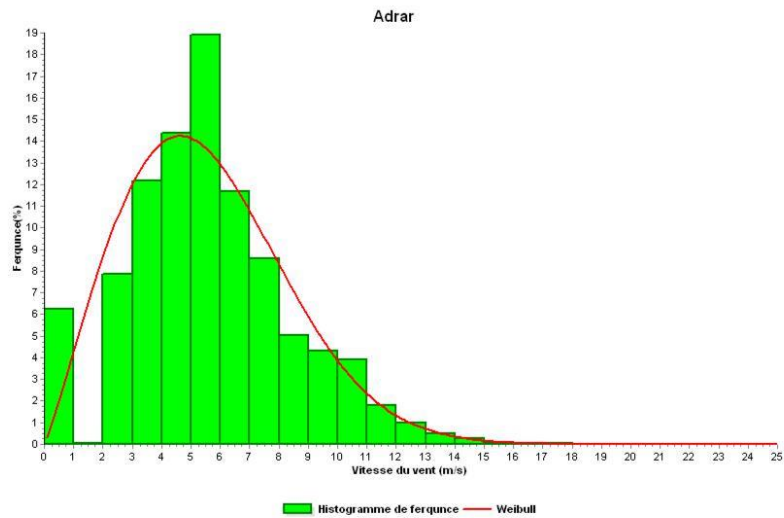


Figure II. 3 .La courbes de Weibull et l’histogramme de fréquence, à 10 m du sol

Tableau II. 4. Les paramètres de Weibull et la vitesse moyenne, à 10m de la sole pour chaque Secteur

Secteur	C (m/s)	K	\bar{v} (m/s)
N	6	1.96	5.3
NNE	6.5	2.31	5.8
NE	7.5	2.72	6.7
ENE	7.3	2.39	6.5
E	6.7	2.58	5.9
ESE	6.6	2.08	5.8
SE	6.4	1.87	5.7
SSE	6	1.94	5.3
S	5.9	1.91	5.3
SSO	6	2.16	5.3
SO	6	1.76	5.3
OSO	6.6	1.93	5.9
O	5.1	2.36	4.5
ONO	4.9	3.08	4.3
NO	5.6	2.35	5
NNO	5.9	2.5	5.3

Pour le site d’Adrar la direction dominante du vent est le East représente 15% des épisodes du vent et la direction prédominantes est l’East -Nord- East (ENE) avec un pourcentage de 14%.

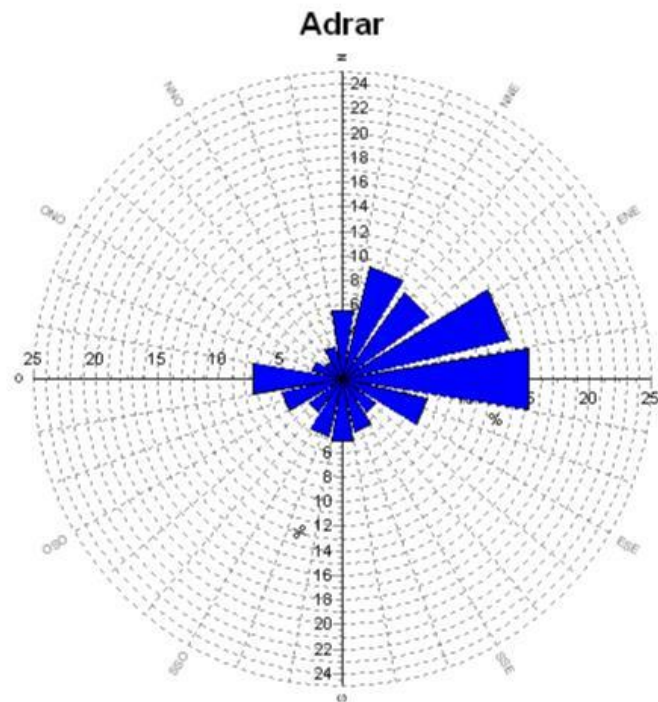


Figure II. 4 .La rose des fréquences du vent pour les sites étudiés à 10m du sol

II.2. Milieu Naturel

L'Algérie compte 107 espèces de mammifères dont 47 sont protégées et 30 menacées de disparition. Elle dénombre aussi 336 oiseaux dont 107 sont protégés [1]. La faune du désert algérien est composée de fennecs, gazelles, gerboises, chats des sables, guépards, porcs-épics et lézards. Sur les hauteurs, dans les escarpements [3].

La nature du tissu végétal du désert est typiquement saharien. Une végétation qu'on retrouve principalement dans les vergers, les ksour, et dans les oasis. Une flore abondante par endroits [2].

II.3. Milieu humain

II.3.1. Population

Le nombre de la population algérienne a atteint 40,4 millions d'habitants au 1er janvier 2016 contre 39,963 millions d'habitants en juillet 2015, a appris l'APS auprès de l'Office national des statistiques (ONS) [48].

On observe une augmentation rapide de la population algérienne depuis l'indépendance ,en janvier 2016[49],la population de l'Algérie est évaluée à 40,4 millions d'habitants contre 12,7 millions en 1965 [50] où la densité de la population moyenne du pays est de 14 habitants/km², elle dépasse en effet les 100 habitants/km² pour les régions du nord, principales régions peuplées de l'Algérie, mais dans le sud, la densité de population est faible, ce qui est dû aux conditions climatiques du désert[51].

La Wilaya d'Adrar s'étend sur une superficie considérable de 326968 km² pour une population de 370 000 habitants répartis sur 11 daïras et 28 communes, elle est formée par quatre zones géographiques majeures, qui sont Gourara, Tanezrouft, Tidikelt et Touat [5].

II.3.2. Agriculture

Le secteur agricole a connu une grande expansion dans les années 90, avec la subvention de l'état, des centaines de forages sont réalisés, des milliers d'hectares sont cultivés, dans le cadre de la mise en valeur des grands périmètres pour la production des céréales et autres cultures pour une autosuffisance de la région, les périmètres de mise en valeur sont situés à l'Est de la zone d'étude en amont des foggaras, tout le long de l'axe reliant Adrar à Regagne [5].

A l'intérieur de la palmeraie, on trouve plusieurs variétés de cultures sont produites dont le rendement est très faibles superficies et les méthodes d'irrigation traditionnelles utilisées, généralement ces cultures sont utilisées pour une autoconsommation.

II.3.3. L'élevage

Vu la rareté des précipitations et l'aridité de la région, les pâturages sont inexistant ce qui constituée l'entrave principale qui gêne le développement de l'élevage dans cette région, quelques espèces animales typiques aux régions sahariennes, camelins, Caprins, ovins et des certaines de bovins constitue la ressource animale dans la région [5].

II.3.4. Industrie

La région d'Adrar a connu ces dernières années une dynamique industrielle accélérée avec la découverte des gisements de gaz et pétrole, elle est devenue un pôle industriel avec la réalisation de la raffinerie de Saba en ajoutant plusieurs petites usines (briqueterie, minoterie...etc.)[5].

II.3.5. Tourisme

La wilaya d'Adrar se caractérise comme toutes les wilayets du grand sud par une grande activité touristique surtout durant les périodes festives [52].

II.3.6. Consommation électrique

L'opération du Système Electrique à enregistré, Dimanche 1er Juillet 2018 à 16h, un record en termes de puissance électrique appelée sur le pôle d'Adrar de l'ordre de 324MW [53].

Cette puissance maximale appelée (PMA) est en évolution de 3,3% par rapport à la journée la plus chargée de l'Eté de l'année dernière (enregistré le 17 juillet 2017) soit une puissance additionnelle 10,7 MW et près de 7% de hausse par rapport à celle de l'Eté 2016 qui correspond à 22 MW d'écart [53].

Ce pic sans précédent de la consommation électrique n'a pas affecté le réseau. « La disponibilité de la réserve qui avoisine les 44% a permis de couvrir la demande sans incidents » selon Sonelgaz qui a indiqué que « La part de la production des énergies renouvelables pour satisfaire cette demande est de l'ordre de 8% ».

Conclusion

La wilaya d'Adrar est limitée au Nord par le grand Erg occidentale, à l'Est par le plateau de Tademaït, à l'Ouest par l'Erg chèche, au Sud par le plateau de Tanezrouft, avec un climat désertique caractérisé par une sécheresse extrême avec des précipitations rares et faibles, de très fortes chaleurs avec des températures excessivement élevées pendant une période plus ou moins longue, une très forte irradiation solaire avec une durée d'ensoleillement record dans une grande partie ainsi qu'une très faible humidité .

La valeur du paramètre de forme k, égale à 2.0, cela signifie que la distribution est stable, le paramètre d'échelle C la vitesse moyenne compte respectivement 6.3 m/s 5,5 m/s, cela signifie que ces sites sont des sites ventés, où la direction dominante du vent est le East représente 15% des épisodes du vent et la direction prédominante est l'East -Nord- East (ENE) avec un pourcentage de 14%.

La nature du tissu végétal du désert est typiquement saharien. Une végétation qu'on retrouve principalement dans les vergers, les ksour, et dans les oasis. Une flore abondante par endroits.

La Wilaya d'Adrar s'étend sur une superficie considérable de 326968 km² pour une population de 370 000 habitants répartis sur 11 daïras et 28 communes, elle est formée par quatre zones géographiques majeures, qui sont Gourara, Tanezrouft, Tidikelt et Touat, caractérisée comme toutes les wilayets du grand sud par une grande activité touristique surtout durant les périodes festives.

Le secteur agricole a connu une grande expansion dans les années 90, avec la subvention de l'état, des centaines de forages sont réalisés, des milliers d'hectares sont cultivés, dans le cadre de la mise en valeur des grands périmètres pour la production des céréales et autres cultures pour une autosuffisance de la région, les périmètres de mise en valeur sont situés à l'Est de la zone d'étude en amont des foggaras, tout le long de l'axe reliant Adrar à Regagne , vu la rareté des précipitations et l'aridité de la région, les pâturages sont inexistant ce qui constitue l'entrave principale qui gêne le développement de l'élevage dans cette région, quelques espèces animales typiques aux régions sahariennes, camelins, Caprins, ovins et des certaines de bovins constitue la ressource animale dans la région, cette région est devenue un pôle industriel avec la réalisation de la raffinerie de Sbaà en ajoutant plusieurs petites usines (briqueterie, minoterie...etc.).

Référence

- [1] M. Benmedjahed, "Choix du site et optimisation du dimensionnement d'une installation Éolienne dans le nord Algérien et son impact sur l'environnement." Thèses, Tlemcen, Algérie, 2014.
- [2] M. Benmdjahed and R. Maouedj, *The wind farm impact on the environnement in Tindouf*. LAP LAMBERT Académique Publishing, 2017.
- [3] M. Benmedjahed and R. Maouedj, *L'impacte d'un parc éolien sur l'environnement au sud Algérien*. Editions universitaires européennes, 2017.
- [4] ADAM, "Éoliennes & impact sonore, Manuel préliminaire de l'étude d'impact des parcs éoliens," France, 2002.
- [5] "Adrar, Alegria," *Wikipédia*. 14-May-2018.
- [6] "Carte Algérie administrative, carte Algérie." [Online]. Available : <http://www.carte-algerie.com/carte-algerie-administrative.html>. [Access éd : 31-Jan-2018].
- [7] Y. Callot, "Evolution polyphasée d'un massif dunaire subtropical ; le Grand Erg occidental (Algérie)," *Bull. Société Géologique Fr.*, vol. 4, no. 6, pp. 1073–1079, 1988.
- [8] N. Petit-Maire, D. Comme lin, J. Fabre, and M. Fontugne, "First évidence for Holocène rainfall in the Tanezrouft hyperdesert and its margins," *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, vol. 79, no. 3–4, pp. 333–338, 1990.
- [9] A. Hufty, *Introduction à la climatologie: le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine*. Presses Université Laval, 2001.
- [10] V. Dubreuil, K. Pechutti Fante, O. Planchon, and J. L. S. Neto, "Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015," *EchoGéo*, no. 41, 2017.
- [11] F. Rubel and M. Kottek, "Observed and projected climate shifts 1901–2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification," *Meteorol. Z.*, vol. 19, no. 2, pp. 135–141, 2010.
- [12] J. E. Kesseli, "The climates of California according to the Köppen classification," *Geogr. Rev.*, pp. 476–480, 1942.
- [13] M. C. Peel, B. L. Finlayson, and T. A. McMahon, "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification," *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, vol. 4, no. 2, pp. 439–473, 2007.
- [14] B. Baker, H. Diaz, W. Hargrove, and F. Hoffman, "Use of the Köppen–Trewartha climate classification to evaluate climatic refugia in statistically derived ecoregions for the People's Republic of China," *Clim. Change*, vol. 98, no. 1–2, p. 113, 2010.

Chapitre II : Analyse de l'état initial

- [16] D. Chen and H. W. Chen, "Using the Köppen classification to quantify climate variation and change : an example for 1901–2010," *Environ. Dev.*, vol. 6, pp. 69–79, 2013.
- [17] M. Benmedjahed, N. Ghellai, A. Benmansour, S. M. Boudai, and M. A. T. Hellal, "Assessment of wind energy and energy cost in Algeria," *J. Renew. Energy Smart Grid Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 31–40, 2014.
- [18] M. benmedjahed, N. Ghellai, M. A. Tabet Hellal, and N. E. Chabene Sari, "Choix du site et optimisation du dimensionnement d'une installation éolienne dans la région De Béni Saf et son impact sur l'environnement," *Rev. Int. Hélotech.*, vol. 42, pp. 1–6, 2010.
- [19] M. Benmedjahed and S. Mouhadjer, "Evaluation of wind energy cost and site selection for a wind-farm in the south of Algeria," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1758, no. 1, p. 030001, Jul. 2016.
- [20] S. M. Boudia, A. Benmansour, N. Ghellai, M. Benmedjahed, and M. A. T. Hellal, "Monthly and Seasonal Assessment of Wind Energy Potential in Mechria Region, Occidental Highlands of Algeria," *Int. J. Green Energy*, vol. 9, no. 3, pp. 243–255, 2012.
- [21] S. M. Boudia, A. Benmansour, N. Ghellai, M. Benmedjahed, and M. A. T. Hellal, "Temporal assessment of wind energy resource at four locations in Algerian Sahara," *Energy Convers. Manag.*, vol. 76, pp. 654–664, 2013.
- [22] M. Benmedjahed, N. Ghellai, Z. Bouzid, and A. Chiali, "Temporal Assessment of Wind Energy Resource in 'Adrar' (South of Algeria); Calculation and Modeling of Wind Turbine Noise," 2015, pp. 33–42.
- [23] M. Benmedjahed and L. Boudaoud, "Temporal Assessment of Wind Energy Resource in Algerian Desert Sites: Calculation and Modelling of Wind Noise," *J. Fundam. Renew. Energy Appl.*, vol. 05, no. 03, 2015.
- [24] S. M. Boudia, A. Benmansour, N. Ghellai, M. Benmedjahed, and M. A. Tabet Hellal, "Temporal assessment of wind energy resource in algerian highlands regions - Centre de Développement des Energies Renouvelables," *Revue Énergies Renouvelables*, vol. 15, no. 01, pp. 43–55, 2012.
- [25] M. Benmedjahed, "Wind Potential Assessment of Ain Salah in Algeria; Calculation of the Cost Energy," *Int. J. Energy Power Eng.*, vol. 4, no. 2, p. 38, 2015.
- [26] M. Benmedjahed, R. Maouedj, and S. Mouhadjer, "Wind Potential Assessment of M'sila in Algerian Highlands Regions; Modeling of Wind Turbine Noise," *Energy Procedia*, vol. 119, pp. 642–649, 2017.
- [27] M. Benmedjahed, N. Ghellai, and A. Benmansour, "Wind Potential Assessment of Three Coastal Sites in Algeria: Calculation and Modeling of Wind Turbine Noise using Matlab," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 56, no. 2, pp. 20–25, 2012.
- [28] M. Benmedjahed and R. Maouedj, "Wind Power Assessment In Algeria; Methods Development," in *2018 International Conference on Wind Energy and Applications in Algeria (ICWEAA)*, 2018, pp. 1–6.

Chapitre II : Analyse de l'état initial

- [29] M. Benmedjahed, R. Maouedj, and S. Mouhadjer, "Wind turbine selection and wind farm design in Tindouf," *J. Renew. Energy Smart Grid Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 89–102, Jun. 2017.
- [30] S. A. Akdağ and A. Dinler, "A new method to estimate Weibull parameters for wind energy applications," *Energy Convers. Manag.*, vol. 50, no. 7, pp. 1761–1766, 2009.
- [31] J. A. Carta, P. Ramirez, and S. Velazquez, "A review of wind speed probability distributions used in wind energy analysis: Case studies in the Canary Islands," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 13, no. 5, pp. 933–955, 2009.
- [32] I. Y. Lun and J. C. Lam, "A study of Weibull parameters using long-term wind observations," *Renew. Energy*, vol. 20, no. 2, pp. 145–153, 2000.
- [33] J. A. Carta and P. Ramirez, "Analysis of two-component mixture Weibull statistics for estimation of wind speed distributions," *Renew. Energy*, vol. 32, no. 3, pp. 518–531, 2007.
- [34] M. R. Islam, R. Saidur, and N. A. Rahim, "Assessment of wind energy potentiality at Kudat and Labuan, Malaysia using Weibull distribution function," *Energy*, vol. 36, no. 2, pp. 985–992, 2011.
- [35] A. S. Dorvlo, "Estimating wind speed distribution," *Energy Convers. Manag.*, vol. 43, no. 17, pp. 2311–2318, 2002.
- [36] A. Garcia, J. L. Torres, E. Prieto, and A. De Francisco, "Fitting wind speed distributions: a case study," *Sol. Energy*, vol. 62, no. 2, pp. 139–144, 1998.
- [37] Z. Yu and A. Tuzuner, "Fractional weibull wind speed modeling for wind power production estimation," in *Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES'09. IEEE*, 2009, pp. 1–7.
- [38] C. G. Justus and A. Mikhail, "Height variation of wind speed and wind distributions statistics," *Geophys. Res. Lett.*, vol. 3, no. 5, pp. 261–264, 1976.
- [39] C. G. Justus, W. R. Hargraves, A. Mikhail, and D. Graber, "Methods for estimating wind speed frequency distributions," *J. Appl. Meteorol.*, vol. 17, no. 3, pp. 350–353, 1978.
- [40] J. V. Seguro and T. W. Lambert, "Modern estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy analysis," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 85, no. 1, pp. 75–84, 2000.
- [41] E. S. Takle and J. M. Brown, "Note on the use of Weibull statistics to characterize wind-speed data," *J. Appl. Meteorol.*, vol. 17, no. 4, pp. 556–559, 1978.
- [42] K. Conradsen, L. B. Nielsen, and L. P. Prahm, "Review of Weibull statistics for estimation of wind speed distributions," *J. Clim. Appl. Meteorol.*, vol. 23, no. 8, pp. 1173–1183, 1984.
- [43] M. J. M. Stevens and P. T. Smulders, "The estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy utilization purposes," *Wind Eng.*, pp. 132–145, 1979.

Chapitre II : Analyse de l'état initial

- [44] G. J. Bowden, P. R. Barker, V. O. Shestopal, and J. W. Twidell, "The Weibull distribution function and wind power statistics," *Wind Eng.*, pp. 85–98, 1983.
- [45] S. Rehman, T. O. Halawani, and T. Husain, "Weibull parameters for wind speed distribution in Saudi Arabia," *Sol. Energy*, vol. 53, no. 6, pp. 473–479, 1994.
- [46] E. G. Pavia and J. J. O'Brien, "Weibull statistics of wind speed over the ocean," *J. Clim. Appl. Meteorol.*, vol. 25, no. 10, pp. 1324–1332, 1986.
- [47] O. A. Jaramillo and M. A. Borja, "Wind speed analysis in La Ventosa, Mexico: a bimodal probability distribution case," *Renew. Energy*, vol. 29, no. 10, pp. 1613–1630, 2004.
- [48] "La population algérienne à 40,4 millions d'habitants en janvier 2016 (ONS). Mashaa allah | La Voix De Sidi Bel Abbes." .
- [49] "ONS : Office National des Statistiques." [Online]. Available: <http://www.ons.dz/>. [Accessed: 31-Jan-2018].
- [50] U. N. DeSA, "World population prospects: the 2012 revision," *Popul. Div. Dep. Econ. Soc. Aff. U. N. Secr. N. Y.*, 2013.
- [51] "F2012051.pdf." .
- [52] "www.visite-adrar.com," *vitaminedz.com*. [Online]. Available: https://www.vitaminedz.com/www-visite-adrar-com/Liens_14139_529_1_1.html. [Accessed: 06-Feb-2019].
- [53] "Sonelgaz spa." [Online]. Available: <http://www.sonelgaz.dz/>. [Accessed: 06-Feb-2019].

Chapitre III : Evaluation de l'impact du parc du kaberten sur environnement

Introduction

L'étude de l'impact est nécessaire afin d'éclairer l'autorité administrative sur la décision à prendre, ainsi que définir les conditions dans lesquelles cette autorisation est donnée à définir les conditions de respect des engagements pris par le maître d'ouvrage. En plus elle permet de informer le public et de le faire participer à la prise de décision [1] – [3].

Le parc éolien de Kaberten se trouve à environ 72km au Nord de la ville d'Adrar à proximité d'un poste électrique de Sonelgaz [4], [5]. On a évalué l'impact du parc sur l'énerverment et l'inverse, puis on a terminé notre étude par quelques mesures d'atténuation des impacts à prendre en considération.

III.1. Parc éolien du Kabertene

La puissance de chaque éolienne est de 850 kW (totalisant ainsi 10.2MW pour le parc éolien) et leur diamètre est de 52 mètres. La hauteur du mât est de 55m. Les éoliennes sont implantées sur un site d'une superficie globale de 33 hectares [6]. Le projet a été exécuté par deux filiales du groupe Sonelgaz [7] sous la supervision de Ce gelec (Energie pour le génie civil et Etterkib) pour le montage des équipements [8].



Figure III. 1. La ferme éolienne de Kaberten [7]

Les éléments décisifs ayant conduit au choix du site pouvant contenir la ferme éolienne Sont :

- Altitude ;
- Obstacles ;
- Situation par rapport à la direction des vents ;

- Situation par rapport au réseau électrique de distribution ;
- Superficie disponible ;
- Géographie et géomorphologie (qualité des sols, topographie) ;
- Possibilités d'accès ;
- Axe routier jusqu'à la prochaine ville portuaire.
- Eléments réglementaires (éloignement suffisant par rapport au plan d'extension de la ville, éloignement suffisant aux radars, aéroport...)

La commune de TSBITE est une commune de la wilaya d'Adrar, elle est située à 45 Km au nord du chef-lieu de wilaya. Elle s'étend sur une superficie de 13260Km, et une population de 14607habitants selon RGPH (2008) avec une densité de 01 habitant/Km elle représente l'une des 28commune de la wilaya [7] :

- Au nord : par un terrain nu
- Au sud : par la centrale électrique a gaz actuelle et la RN5 1
- A l'Est : par un terrain nu
- A l'Ouest : par terrain nu

III.2.Bilan énergétique et CO₂

La forte consommation de combustibles fossiles libère dans l'atmosphère depuis deux siècles, de très grandes quantités de dioxyde de carbone provenant du carbone accumulé dans le sous-sol depuis le Paléozoïque [9]. L'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère qui en résulte est le principal facteur de réchauffement planétaire. En 2007, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a déclaré que les activités humaines sont responsables du changement climatique avec un très haut degré de confiance (= probabilité d'environ 90%) ; En 2014, le GIEC a également publié un rapport classifiant les sources de production d'électricité en fonction de leurs émissions de gaz à effet de serre [10].

Les gaz à effet de serre (GES) sont des composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface de la terre et contribuent à l'effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est l'un des facteurs responsables du réchauffement planétaire [11] – [14].

L'Algérie enregistre pour l'ensemble de la période 1960-2014 une moyenne annuelle de 65 903,46 tonnes de CO₂ [15]. La variation entre la première et la dernière année est de 2260%. La valeur la plus élevée a été enregistrée en 2014 (145 400,22 tonnes) [15] et la valeur la plus basse en 1963 (5 427,16 tonnes), la valeur estimée pour 2020 étant d'environ 171 022 tonnes [16]. Le niveau de fiabilité de cette prévision est très élevé car les variations des cinq dernières valeurs

Disponibles ont une structure très linéaire (coefficient de corrélation égal à 0,97) [17]. La production du parc éolien de Kaberten et sont équivalence produit par énergie fossile est présente dans le tableau III.1

Tableau III. 1. La production électricité l'énergie fossile et énergie éolien en Adrar

Source	Energie	
Electricité	9,584	GWh
	824,22	Tep
Gaz Naturel	8242240	m ³
Gasoil	812,04	Ton
Essences	788,7	Ton

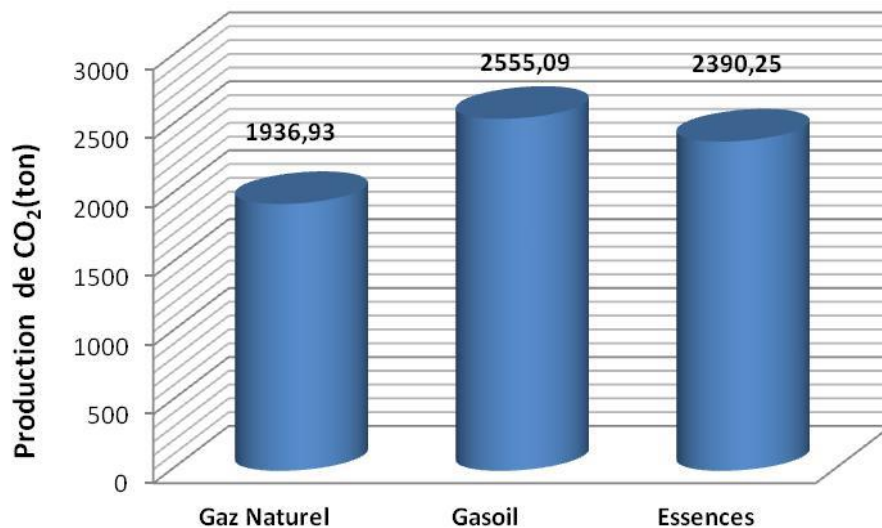


Figure III. 2. la comparaison de l'énergie fossile production de CO₂ (ton) en Adrar

L'énergie éolienne produit par parc éolien de Kaberten pendant une année égale à 9,584 Gwh, ce qui équivaut à 842,22 Tep, Pour attendre cette énergie, il faut brûler chaque année d'environ 8242240 m³de gaz naturel ou 812,04 tonnes de Gasoil ou 788,7 tonnes d'essence. La région d'Adrar actuellement dépendant plus d'énergie en énergie fossile que d'énergie renouvelable, mais avec le temps, les énergies renouvelables trouveront leur place.

En remarque que le parc éolien permet d'éviter l'émission d'une quantité CO₂ d'environ 1936,96 tonnes produit par le gaz naturel ou 2390,25 tonnes produit par le Gasoil ou 2390,25 tonnes produit par l'essence (voir la figure III.2).

III.3. Impacts du parc éolien sur l'environnement d'Adrar

III.3.1. Milieu physique

Les activités de la maintenance peuvent affecter la qualité de l'air en raison de l'augmentation de la poussière, qui se produira à une distance considérable des zones peuplées ou peuplées, tandis que l'impact sur la qualité de l'air des transports et des transports dans les zones considérées comme sensibles est faible, mais Il n'y a aucun effet sur le sol et la préservation des eaux de surface et des eaux souterraines.

III.3.2. Milieu naturel

Le bruit des éoliennes pendant la phase de fonctionnement est faible en raison de la capacité d'adaptation des animaux et de la nature sporadique des émissions de bruit aérien, mais il y a un risque de collision d'oiseaux et de chauve-souris avec les pales des éoliennes.

III.3.3. Milieu humain

Le parc éolien aura des effets positifs en termes de création d'emplois, d'opportunités économiques, de développement de compétences spécialisées dans la région et de formation de la main-d'œuvre, mais il existe un risque d'interférence électromagnétique sur les systèmes télécommunication.

III.4. Effets de l'environnement sur le parc éolien

Les vents extrêmes (vitesses de vent supérieures à 25 m/s), les épisodes de verglas et les températures extrêmes (supérieures à 45 °C) sont des conditions qui peuvent avoir un impact négatif sur le parc éolien [1].

III.5. Mesures d'Atténuation des Impacts sur L'environnement

III.5.1. Qualité de l'air

Il n'est pas possible d'éliminer complètement l'émission de poussière pendant la maintenance, il faut que le programme certaines mesures permettant de réduire les émissions comme :

- Utilisation des systèmes d'extraction de poussière.
- Les camions seront bâchés pendant le transport de matériaux et déchets
- Arrosage des pistes.

III.5.2. Bruits

Le niveau de bruit normal de l'exploitation de parc éolienne doit être conforme avec la réglementation Algériennes et la maintenance du projet comprendra l'entretien et le remplacement des équipements, ne devraient pas nécessiter des opérations qui produisent un bruit important.

III.5.3. Circulation et transport

Il faut prendre des mesures d'atténuation des effets pouvant se révéler nécessaires pour réduire les impacts des véhicules du chantier sur le trafic :

- Pour accéder au site d'aménagement, le véhicule utilitaire lourd devra éviter les zones sensibles d'habitations.
- Limitation de vitesse pour tous les engins et les camions à l'intérieur du projet
- Définir des horaires durant lesquels les véhicules lourds peuvent rentrer ou sortir du chantier afin de réduire les impacts sur le trafic pendant les heures de pointes aux niveaux des zones sensibles le long des rues d'accès.
- Adoption de pratique de chantiers adéquats, comme le bâchage des véhicules lourds transportant des matériaux et obligation du port de casque- antibruit pour les travailleurs.

III.5.4. Déchets

Il faut avoir un plan de gestion des déchets solides pendant l'exploitation du projet, pour assurer un niveau élevé de gestion des déchets solides, les mesures suivantes d'atténuation des effets seront mises en œuvre conformément à la réglementation en vigueur :

- Les déchets solides seront classés selon leur type et déposés dans un site prévu à cet effet.
- Les déchets remplaçables feront l'objet d'une procédure de vente.
- Les déchets de papier, carton et plastique...etc. seront acheminés vers les recycleurs.
- Les déchets de cantine vers le centre d'enfouissement technique des déchets solides le plus proche du site.

III.5.5. Risque d'incendie

Le parc éolien doit avoir un réseau anti-incendie Néanmoins le promoteur devra respecter la réglementation (notamment la loi N° 88-07 du 26 janvier 1988), relative à la prévention et à la lutte en matière d'incendie sur les lieux de travail [18] :

- Des extincteurs de différents types et capacités, en nombre suffisant, facilement accessibles devront être répartis convenablement dans le parc.
- Des consignes particulières doivent être données au personnel de maîtrise et au personnel de gardiennage et de surveillance.
- Le risque d'incendie sera minimisé si les règles de sécurité établies sont suivies rigoureusement par l'ensemble du personnel.

Conclusion

Le parc éolien de Kaberten se trouve à environ 72km au Nord de la ville d'Adrar à proximité d'un poste électrique de Sonelgaz. Ce parc éolien a été mis en service début juin 2014 et officiellement inauguré le 03 juillet 2014. Le site de ferme éolienne sera réalisé à environ 03km de Kaberten, comme de Tsabit, daïra Tsabit. Il est composé d'un range de 12 éoliennes type Gamesa G52 suivant l'axe sud vers nord et la distance entre chaque deux éolienne égal à 200m.

L'énergie éolienne produit par parc éolien de Kaberten pendant une année égale à 9,584 Gwh, ce qui équivaut à 842,22 Tep, Pour attendre cette énergie, il faut brûler chaque année

d'environ 8242240 m³ de gaz naturel ou 812,04 tonnes de Gasoil ou 788,7 tonnes d'essence, ce qui permet d'éviter l'émission d'une quantité CO₂ d'environ 1936,96 tonnes produit par le gaz naturel ou 2390,25 tonnes produit par le Gasoil ou 2390,25 tonnes produit par l'essence .

Les activités de la maintenance peuvent affecter la qualité de l'air en raison de l'augmentation de la poussière, qui se produira à une distance considérable des zones peuplées ou peuplées, tandis que l'impact sur la qualité de l'air des transports et des transports dans les zones considérées comme sensibles est faible, mais Il n'y a aucun effet sur le sol et la préservation des eaux de surface et des eaux souterraines.

Le bruit des éoliennes pendant la phase de fonctionnement est faible en raison de la capacité d'adaptation des animaux et de la nature sporadique des émissions de bruit aérien, mais il y a un risque de collision d'oiseaux et de chauve-souris avec les pales des éoliennes.

Le parc éolien aura des effets positifs en termes de création d'emplois, d'opportunités économiques, de développement de compétences spécialisées dans la région et de formation de la main-d'œuvre, mais il existe un risque d'interférence électromagnétique sur les systèmes télécommunication.

Références

- [1] M. Benmedjahed, "Choix du site et optimisation du dimensionnement d'une installation éolienne dans le nord Algérien et son impact sur l'environnement." thèses, Tlemcen, Algérie, 2014.
- [2] M. Benmedjahed and R. Maouedj, *L'impacte d'un parc éolien sur l'environnement au sud Algérien*. Editions universitaires européennes, 2017.
- [3] M. Benmdjahed and R. Maouedj, *The Wind farm impact on the environnement in Tindouf*. LAP LAMBERT Académique Publishing, 2017.
- [4] O. BOUAMEUR Omar and Y. BENHAMA, "Simulation de la ferme éolienne de KABERTAN Région d'ADRAR," UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA, 2015.
- [5] B. Mohamed, B. Fadela, and K. Mounir, "Optimisation of the Wind Turbines Location in Kaberten Wind Farm in Alegria," *Energy Procedia*, vol. 74, pp. 122–129, Aug. 2015.
- [6] "Etude et dimensionnement du futur parc éolien de Kaberten situé dans la région d'Adrar | Request PDF," *ResearchGate*. [Online]. Available : https://www.researchgate.net/publication/267391901_Etude_et_dimensionnement_du_futur_parc_eolien_de_Kaberten_situe_dans_la_region_d'Adrar. [Access éd : 25-Mar-2019].
- [7] "Ferme éolienne d'Adrar." [Online]. Available : <http://www.sonelgaz.dz/?page=article&ida=364>. [Access éd : 25-Mar-2019].
- [8] "Cegelec." [Online]. Available : <https://www.vinci-energies.com/en/cegelec-en/>. [Access éd : 25-Mar-2019].
- [9] "Qu'est-ce que l'effet de serre? – Jean-Marc Jancovici." [Online]. Available : <https://jancovici.com/changement-climatique/aspects-physiques/quest-ce-que-leffet-de-serre/>. [Access éd : 26-Dec-2018].
- [10] A. Mackay, "Climat Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnérabilité. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climat Change," *J. Environ. Qual.*, vol. 37, no. 6, p. 2407, 2008.
- [11] W. D. Nordhaus, "To Slow or Not to Slow : The Economics of The Greenhouse Effect," *Econ. J.*, vol. 101, no. 407, pp. 920–937, 1991.
- [12] M. Meinshausen *et al.* "Greenhouse-gas émission targets for limiting global warming to 2 °C," *Nature*, vol. 458, no. 7242, pp. 1158–1162, Apr. 2009.
- [13] T. Wheeler and J. Von Braun, "Climat Change Impacts on Global Food Security," *Science*, vol. 341, no. 6145, pp. 508–513, Aug. 2013.

- [14] K. M. Shea, R. T. Truckner, R. W. Weber, and D. B. Peden, "Climate change and allergic disease," *J. Allergy Clin. Immunol.*, vol. 122, no. 3, pp. 443–453, Sep. 2008.
- [15] A. Boualem, "Reporters - Réduction des gaz à effet de serre : Les engagements d'Alger." [Online]. Available : <http://www.reporters.dz/index.php/rss-a-la-une/item/55349-reduction-des-gaz-a-effet-de-serre-les-engagements-d-alger>. [Accessed : 26-Dec-2018].
- [16] J. Rutqvist, D. W. Vasco, and L. Myer, "Coupled reservoir-geomechanical analysis of CO₂ injection and ground deformations at In Salah, Algeria," *Int. J. Greenh. Gas Control*, vol. 4, no. 2, pp. 225–230, Mar. 2010.
- [17] A. Mathieson, J. Midgley, K. Dodds, I. Wright, P. Ringrose, and N. Saoul, "CO₂ sequestration monitoring and verification technologies applied at Krechba, Algeria," *Lead. Edge*, vol. 29, no. 2, pp. 216–222, Feb. 2010.
- [18] "Algeria - Loi n° 88-07 de 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail." [Online]. Available : http://www.ilo.org/dyn/natlex/natlex4.detail?p_lang=en&p_isn=4767. [Accessed : 25-Mar-2019].

Conclusion général

Conclusion général

Conclusion général

Le vent est un mouvement de l'atmosphère. Ces mouvements de masses d'air sont provoqués par deux phénomènes se produisant simultanément : un réchauffement inégalement réparti de la surface de la planète par l'énergie solaire et la rotation de la planète. Sur Terre, plusieurs régions ont des vents caractéristiques auxquels les populations locales ont données des noms particuliers.

L'éolienne transforme grâce à ses pâles l'énergie du vent en énergie mécanique puis grâce au contenu de la nacelle (modulateur, multiplicateur, générateur ...) en énergie électrique.

Elle a quelques aspects négatifs (bruit, impact sur passage....etc.) et afin de réduire la prolifération des projets et des problèmes, il faut regrouper les éoliennes dans des zones de Développement de l'éolienne (ZDE) de plusieurs dizaines d'éolienne.

La région Adrar est limitée au Nord par le grand Erg occidentale, à l'Est par le plateau de Tademaït, à l'Ouest par l'Erg chèche, au Sud par le plateau de Tanezrouft, avec un climat désertique caractérisé par une sécheresse extrême avec des précipitations rares et faibles, de très fortes chaleurs avec des températures excessivement élevées pendant une période plus ou moins longue, une très forte irradiation solaire avec une durée d'ensoleillement record dans une grande partie ainsi qu'une très faible humidité .

La valeur du paramètre de forme k, égale à 2.0, cela signifie que la distribution est stable, le paramètre d'échelle C la vitesse moyenne compte respectivement 6.3 m/s 5,5 m/s, cela signifie que ces sites sont des sites ventées, où la direction dominante du vent est le East représente 15% des épisodes du vent et la direction prédominantes est l'East -Nord- East (ENE) avec un pourcentage de 14%.

La nature du tissu végétal du désert est typiquement saharien. Une végétation qu'on retrouve principalement dans les vergers, les ksour, et dans les oasis. Une flore abondante par endroits.

La région d'Adrar s'étend sur une superficie considérable de 326968 km² pour une population de 370 000 habitants répartis sur 11 daïras et 28 communes, elle est formée par quatre zones géographiques majeures, qui sont Gourara, Tanezrouft, Tidikelt et Touat, caractérise comme toutes les wilayets du grand sud par une grande activité touristique surtout durant les périodes festivières.

Le secteur agricole a connu une grande expansion dans les années 90, avec la subvention de l'état, des centaines de forages sont réalisés, des milliers d'hectares sont cultivés, dans le cadre de la mise en valeur des grands périmètres pour la production des céréales et autres cultures pour une autosuffisance de la région, les périmètres de mise en valeur sont situés à l'Est de la zone d'étude en amont des foggaras, tout le long de l'axe reliant Adrar à Regagne , vu la rareté des précipitations et l'aridité de la région, les pâturages sont inexistantes ce qui constituée l'entrave principale qui gêne le développement de l'élevage dans cette région, quelques espèces animales typiques aux régions sahariennes, camelins, Caprins, ovins et des certaines de bovins constitue la ressource animale dans la région, cette région est devenue un pôle industriel avec la réalisation de la raffinerie de Sbaà en ajoutant plusieurs petites usines (briqueterie, minoterie...etc.).

Conclusion général

Le parc éolien de Kaberten se trouve à environ 72km au Nord de la ville d'Adrar à proximité d'un poste électrique de Sonelgaz. Ce parc éolien a été mis en service début juin 2014 et officiellement inauguré le 03 juillet 2014. Le site de ferme éolienne sera réalisé à environ 03km de Kaberten, comme de Tsabit, daïra Tsabit. Il est composé d'un range de 12 éoliennes type Gamesa G52 suivant l'axe sud vers nord et la distance entre chaque deux éolienne égal à 200m.

L'énergie éolienne produit par parc éolien de Kaberten pendant une année égale à 9,584 Gwh, ce qui équivaut à 842,22 Tep, Pour attendre cette énergie, il faut brûler chaque année d'environ 8242240 m³de gaz naturel ou 812,04 tonnes de Gasoil ou 788,7 tonnes d'essence ,ce qui permet d'éviter l'émission d'une quantité CO₂ d'environ 1936,96 tonnes produit par le gaz naturel ou 2390,25 tonnes produit par le Gasoil ou 2390,25 tonnes produit par l'essence .

Les activités de la maintenance peuvent affecter la qualité de l'air en raison de l'augmentation de la poussière, qui se produira à une distance considérable des zones peuplées ou peuplées, tandis que l'impact sur la qualité de l'air des transports et des transports dans les zones considérées comme sensibles est faible, mais Il n'y a aucun effet sur le sol et la préservation des eaux de surface et des eaux souterraines.

Le bruit des éoliennes pendant la phase de fonctionnement est faible en raison de la capacité d'adaptation des animaux et de la nature sporadique des émissions de bruit aérien, mais il y a un risque de collision d'oiseaux et de chauve-souris avec les pales des éoliennes.

Le parc éolien aura des effets positifs en termes de création d'emplois, d'opportunités économiques, de développement de compétences spécialisées dans la région et de formation de la main-d'œuvre, mais il existe un risque d'interférence électromagnétique sur les systèmes télécommunication

Annexe

GAMESA G52/850 850 52.0 !O!

Fichier C:\Users\Benmedjahed Miloud\Documents\WindPRO Data\WTG Data\GAMESA G52-850 850 52.0 !O!.wtg

Société	GAMESA	Technical specifications are subject to future revisions.
Modèle	G52/850	Initial rotation speed : 14,6 rpm (tower 55 m and 65 m) 16,2 rpm (tower 44 m)
Puissance nominale	850,0 kW	
Générateur secondaire	0,0 kW	
Diamètre du rotor	52,0 m	
Mât	Tubulaire	
Raccordement au réseau	50/60 Hz	
Pays d'origine	ES	
Type de pale	G25P	
Type de générateur	Variable	
t/mn à la puissance nominale	26,2 t/mn	
t/mn au couplage	14,6 t/mn	
Hauteur(s) du moyeu	55,0; 44,0; 49,0; 65,0 m	
Largeur maximale de la pale	0,00 m	
Largeur de la pale à 90% du rayon	0,00 m	
Valide	Oui	
Etabli par	USER	
Créé	17/07/2001 17:07	
Modifié	17/07/2001 17:07	



Courbe de puissance: Level 0 - official - - 06-2009

Source Manufacturer

Date source	Etabli par	Créé	Modifié	Par défaut	Découplage à	Densité de l'air	Angle de pale	Contrôle de puissance	Type de courbe Ct
16/06/2009 12:49	EMD	07/10/2002 11:22	20/10/2009 16:24	Oui	[m/s] 28,0	[kg/m3] 1,225	[°] 0,0	Pitch	Défini par l'utilisateur

Official power curve from Gamesa as per document FT000102-es Rev. 6, dated 16/06/2009.

Technical specifications are subject to future revisions.

Courbe de puissance

Vit. du vent [m/s]	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00
Puissance [kW]	27,90	65,20	123,10	203,00	307,00	435,30	564,50	684,60	779,90	840,60	848,00	849,00	850,00	850,00	850,00
Ce	0,335	0,401	0,438	0,455	0,461	0,459	0,434	0,395	0,347	0,294	0,238	0,193	0,160	0,133	0,112

Vit. du vent [m/s]	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00
Puissance [kW]	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	821,60	793,20	764,80
Ce	0,095	0,082	0,071	0,061	0,054	0,047	0,042	0,036	0,031	0,027

Courbe Ct

Vit. du vent [m/s]	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00
Ct	0,808	0,784	0,780	0,779	0,776	0,758	0,712	0,637	0,536	0,430	0,340	0,272	0,222	0,185	0,156	0,134	0,116	0,101	0,089	0,079	0,071	0,064	0,056	0,048	0,040

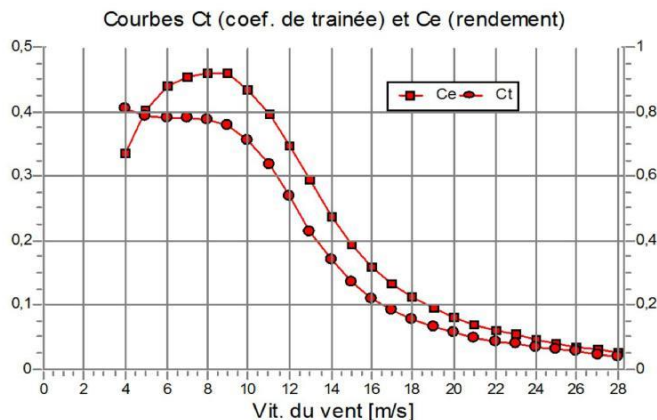
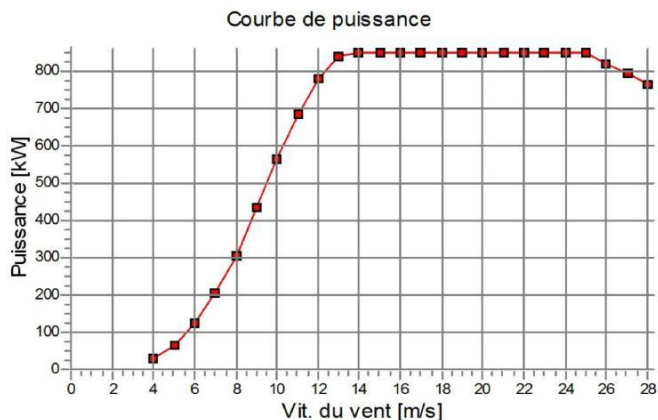
Comparaison avec les courbes HP

Vmoy.	[m/s]	5	6	7	8	9	10
Courbe HP	[MWh]	1 101	1 756	2 430	3 063	3 617	4 076
Level 0 - official - - 06-2009	[MWh]	1 113	1 759	2 423	3 048	3 604	4 077
Valeur de comparaison	[%]	-1	0	0	0	0	0

Ce tableau permet de faire la comparaison avec le productible calculé avec une "courbe HP". Les courbes HP font l'hypothèse que les performances des éoliennes dépendent seulement de leur motorisation kW/m² et de leur système simple/double vitesse ou de leur type de régulation "Stall" ou "Pitch". Les productibles sont calculés sans les pertes dues aux sillages.
Pour plus de détails, demandez à l'agence de l'énergie danoise le rapport de projet J.n° 51171/00-0016 ou reportez-vous au chapitre 3.5.2 du manuel WindPRO.
La méthode est affinée dans le rapport d'EMD "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide" de janvier 2003.
Utilisez ce tableau pour évaluer la courbe de puissance utilisée. Si la l'écart dépasse -5%, la courbe de puissance est trop optimiste, probablement en raison de mesures affectées de trop d'incertitude.
Une version actualisée est livrée avec WindPRO 2.8, février 2012, voir informations dans le manuel.

GAMESA G52/850 850 52.0 !O!

Fichier C:\Users\Benmedjahed Miloud\Documents\WindPRO Data\WTG Data\GAMESA G52-850 850 52.0 !O!.wtg



Données de visualisation

Nom G52/850
Source Manufacturer

Date source 17/01/2002 13:41 EMD
Etabli par 15/11/2000 14:20
Créé 13/01/2010 15:10
Modifié Par défaut
Oui

Mât

Hauteur [m]	Diamètre du bas [m]	Diamètre du haut [m]
53,5	3,3	2,2

Nacelle

Distance extrémité nacelle (côté rotor) à l'axe mât: 37 %

Forme	Haut. avant [m]	Haut. arrière [m]	Larg. avant [m]	Larg. arrière [m]	Long. du bas [m]	Long. du haut [m]	Excen. avant [m]	Excen. arrière [m]
Trapèze	2,90	1,90	2,24	2,24	5,30	5,30	0,00	-0,40
Trapèze	2,27	2,90	2,24	2,24	1,34	1,24	0,00	0,00

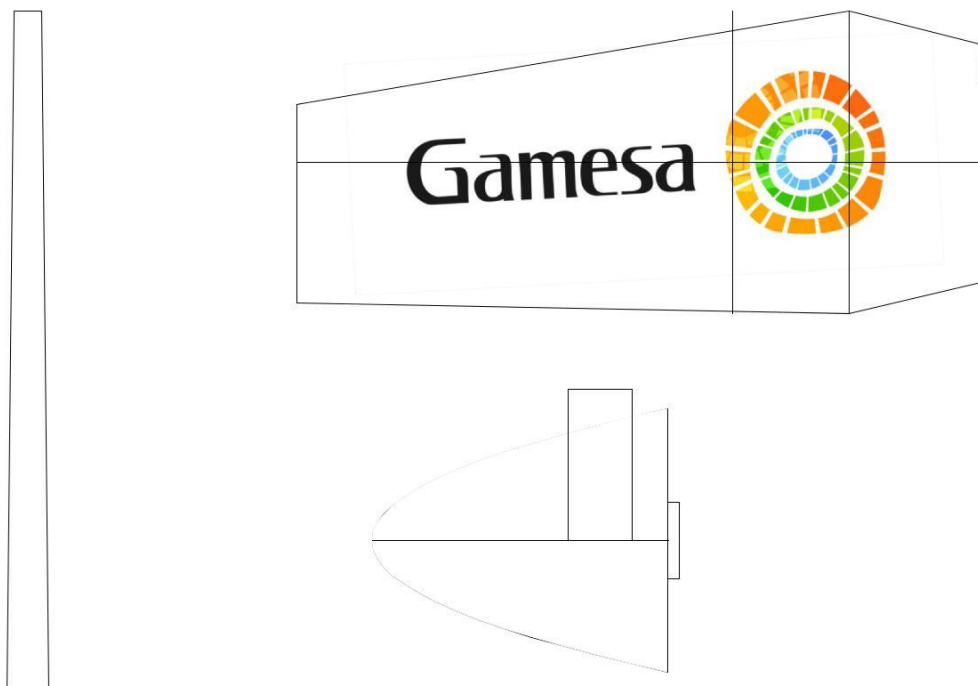
Rotor et moyeu

Distance extrémité nacelle (côté rotor) à l'axe mât: 37 %

Nombre de pales	3
Distance nacelle au plan du rotor	0,72 m
Corde max pale	2,32 m
Position du rotor / mât	Aval du vent
Distance nacelle à l'extrémité du cône du rotor	2,80 m
Longueur du cône (0= pas de cône)	2,70 m
Diamètre du moyeu (2xrayon axe - pieds pales)	2,76 m
Diamètre max du cône	2,40 m
Diamètre de l'arbre	0,70 m
Inclinaison du moyeu	6,0 °
Angle du cône formé par les pales	-3,0 °

GAMESA G52/850 850 52.0 !O!

Fichier C:\Users\Benmedjahed Miloud\Documents\WindPRO Data\WTG Data\GAMESA G52-850 850 52.0 !O!.wtg



Résumé:

L'énergie éolienne est l'une des énergies propres les mieux disposées à remplacer les énergies fossiles, les avancées technologiques lui ont permis une quasi parité avec les énergies conventionnelles par rapport aux coûts de production. Dans un travail on a étudié le parc éolien du kaberten 72kmau nord de la wilaya d'Adrar en constitue 12eolienne de la puissance L'objectif des études théorique qui les informations les différents impacts du parc éolien sur environnement. On présente les effets directs et indirects temporaires et permanents du parc sur l'environnement. L'énergie éolienne produit par parc éolien de Kaberten pendant une année égale à 9,584 Gwh, ce qui équivaut à 842,22 Tep, Pour attendre cette énergie, il faut brûler chaque année d'environ 8242240 m³de gaz naturel ou 812,04 tonnes de Gasoil ou 788,7 tonnes d'essence ,ce qui permet d'éviter l'émission d'une quantité CO₂ d'environ 1936,96 tonnes produit par le gaz naturel ou 2390,25tonnes produit par le Gasoil ou 2390,25 tonnes produit par l'essence .

Abstract

Wind energy is one of the cleanest energies to replace fossil fuels, technological advances have allowed it to be almost parity with conventional energy compared to production costs. In a work was studied the wind farm of kaberten 72kmau north of the wilaya of Adrar constitutes 12eolienne of the power The objective of the theoretical studies which the information the various impacts of the wind farm on environment. The temporary and permanent direct and indirect effects of the park on the environment are presented.

The wind generated by a wind farm Kaberten for one year equal to 9.584 Gwh, which is equivalent to 842.22 tones, To expect this energy, we must burn each year about 8242240 m³ of natural gas or 812.04tonnes of Gasoil or 788.7 tonnes of gasoline, which avoids the emission of a CO₂ amount of about1936.96 tonnes produced by natural gas or 2390.25 tonnes produced by Gasoil or 2390.25 tonnes produced by gasoline.

ملخص

تعد طاقة الرياح واحدة من أنظف الطاقات لتحل محل الوقود أحفوري، وقد سمح التقدم التكنولوجي لها أن تكافئ تقريباً مع الطاقة التقليدية مقارنة بتكاليف الإنتاج. في عمل تمت دراسة مزرعة الرياح في كابيرتين على بعد 27 كم شمال والية أدرار تشكل من 27 توربين رياح من القوة والهدف من الدراسات النظرية التي المعلومات من الآثار المختلفة لمزرعة الرياح على البيئة. يتم عرض الآثار المباشرة والدائمة غير المباشرة للحديقة على البيئة. الرياح التي تولدها مزرعة كابيرتن للرياح لمدة عام تساوي 4.5.9 جيجاوات ساعة، أي ما يعادل 97.77 أخصص القدمين، لتوقع هذه الطاقة، يجب علينا حرق كل عام حوالي 797798. متر مكعب من الغاز الطبيعي أو 27.89 طن من Gasoil أو 2...2 طن من البنزين، مما يؤدي إلى تجنب انبعاث كمية من ثاني أكسيد الكربون تبلغ حوالي 24.1.41 طنًا ينتجها الغاز الطبيعي أو 7.48.75 طنًا تنتجها Gasoil أو 7.48.75 طنًا التي تنتجها البنزين.