



الجمهورية الجزائرية الشعبية الديمقراطية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة أحمد دراية - أدرار -

كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم علوم المادة



مذكرة مكملة لنيل متطلبات شهادة الماستر

تخصص فيزياء طاوية وطافات متجددة

دراسة ومحاكاة تقنية اقتصادية لنظام طاقة

الرياح بمنطقة زراعية في موقع أدرار

إشراف الدكتور:

إعداد الطالبين:

- بن عطيلله علي

- بلعيدي ابراهيم

- طلباوي عبد العزيز

لجنة المناقشة:

الاسم واللقب	الرتبة العلمية	الجامعة الأصلية	الصفة
سميلي بلال	أستاذ محاضر أ	جامعة أحمد دراية- أدرار	رئيساً
بن عطيلله علي	أستاذ التعليم العالي	جامعة أحمد دراية- أدرار	مشرفاً
ساخر الفاهم	أستاذ محاضر أ	جامعة أحمد دراية- أدرار	ممتحناً

السنة الجامعية: 1441-1442هـ / 2020_2021م



شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): بن عويلا علي
المشرف مذكرة الماستر.
الموسومة بـ: دراسة حول معالجة تقوية استجابة النظام طاقوة
الربيع كمنظومة زراعية في موقع ادرار
من إنجاز الطالب(ة): علي عبد المولى
و الطالب(ة): كلية علوم ادرار
كلية: العلوم والتكنولوجيا
القسم: علوم اتمارة
التخصص: علم بارهاقوية وطاقات متجددة
تاريخ تقييم / مناقشة: 2021 / 07 / 06

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين
النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.
و بإمكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والأليكترونية (PDF).

06 جويلية 2021

- امضاء المشرف:

ادرار في:

مساعد رئيس القسم:

د. سميلي بلال
رئيس قسم علوم المادة



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تشكرات

قال الله تعالى: "وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ وَلَئِن كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ" (سورة إبراهيم

(الآية 7)

الحمد لله الذي بنعمته تمت الصالحات وأحمده على نعمه الكثيرة.

و بكل معاني الاحترام و التقدير نتقدم بخالص الشكر إلى الأستاذ المشرف بن عطلة علي ،ونقول له

شكرا لك على مساعدتك لنا و نصائحك وتوجيهاتك و جزاك الله كل الخير في الدنيا و الثواب في

الآخرة .

ونتقدم بأسمى عبارات الشكر والتقدير الى كل أستاذ طالما سعى بدعم بكل ما لديه جعل الله في ميزاد

حسناته .

و لا ننسى أن نشكر كل أساتذة قسم علوم المادة تخصص فيزياء طاقوية وطاقات متجددة الذين سعو

جاهدين من اجل وصولنا لهذه المرحلة .

إهداء

إلى من قال فيهما الله عزّ وجلّ:

﴿وقضى ربك ألا تعبدوا إلا إياه وبالوالدين إحسانا﴾

إلى نور عيناى اللتان أبصر بهما جمال الوجود إلى السيدة
النبيلة التي أضاءت حياتي بنورها، إلى نبع الحنان، وصاحبة القلب
الكبير، إلى أغلى ما ينطق به اللسان أمي الغالية حفظها الله ورعاها .
إلى من يستأنس القلب والروح برفقته إلى من تهدأ النفس وتأمّن بوجوده،
إلى من يتربص بهمومي لأنعم بالراحة والسلام،
إلى من أبى أن يستسلم للسكينة والاطمئنان وهو يرقب لحظة تتويجي ونجاحي
إلى الحبيب الغالي...إليك أبي .
إلى من عشت معها أحلى وأجمل اللحظات اختي المصونة : سعاد وابنها محي
الدين وزوجها عبد الصمد .
إلى اللذين لن يبخلو عليا يوما بالدعاء جدي محمد وجدي إبراهيم رحمه الله
وكذا جدتي عائشة وحليمة .
إلى كل من يحمل لقب بلعدي وعبساوي .
إلى الأصدقاء و الأصحاب .
إلى كل من وسعتهم ذاكرتنا و لم تسعهم الأسطر .
وإلى كل من تصفح مذكرتي من بعدي، راجيا منه أن يدعو لي بالتوفيق
والسداد .
إليكم جميعا أهدي هذا العمل المتواضع .

الصفحة	المحتوى
I	تشكر
II	إهداء
III	فهرس
VI	قائمة الصور
VII	قائمة الجداول
IX	قائمة الرموز
X	ملخص
1	مقدمة عامة

الفصل الأول : عموميات على طاقة الرياح

4	1.I. مقدمة حول طاقة الرياح
4	2.I. نبذة تاريخية عن طاقة الرياح
5	3.I. وضعية واحصائيات طاقة الرياح في العالم
7	4.I. وضعية واحصائيات طاقة الرياح في الجزائر
11	5.I. وضعية واحصائيات طاقة الرياح في ادرار
13	6.I. تقسيم مزارع الرياح
16	6.I. أنواع تربينات الرياح
21	7.I. الابتكارات الحديثة لتوربينات الرياح
23	8.I. إيجابيات و سلبيات طاقة الرياح
24	9.I. الخاتمة
25	المراجع

الفصل الثاني: تركيب ونمذجة نظام طاقة الرياح

28	1.II. مقدمة
28	2.II. مكونات توربينات الرياح الافقية
30	3.II. طرق استغلال طاقة الرياح
32	4.II. مختلف الانظمة المستعملة في تشغيل طاقة الرياح
34	5.II. نمذجة محطة طاقة الرياح
35	6.II. تركيب توربينات الرياح

39	..... خاتمة. 7.II
40	..... المراجع

الفصل الثالث : تحجيم أبعاد نظام طاقة الرياح لمزرعة في منطقة ادرار

44	..... 1.III .مقدمة
44	..... 2.III. ابعاد نظام طاقة رياح
47	..... 3.III. مراحل البُعد
48	..... 4.III. إمكانات الرياح
50	..... 5.III. الاستقراء العمودي لسرعة الرياح
51	..... 6.III. الطاقة التي تنتجها توربينات الرياح
52	..... 7.III. تطبيق مزرعة رياح في موقع أدرار
58	..... 8.III. خاتمة
59	..... المراجع

الفصل الرابع : محاكاة تقنية و اقتصادية لمزرعة رياح

65	..... VI.مقدمة
65	..... 2.VI. عرض RETSCREEN إدارة الطاقة النظيفة برجة
67	..... 3.VI. تحديد منطقة الدراسة
69	..... 4.VI. المعطيات المناخية لموقع المزرعة المدروسة
70	..... 5.VI. دراسة الطاقة لمزرعة طاقة الرياح كبرتن
70	..... 1.5.VI. مرحلة الاختيار
71	..... 2.5.VI. تكوين مزرعة الرياح واستهلاكها
73	..... 3.5.VI. دراسة أداء مزرعة رياح

74	.....	4.5.VI	مخطط الاستهلاك
74	.....	5.5.VI	مخطط الطاقة
75	.....	6.5.VI	الدراسة المالية لمزرعة رياح
75	.....	7.5.VI	تحليل انبعاثات غازات الدفينة
75	.....	8.5.VI	التحليل الاقتصادي
77	.....	6.VI	خاتمة
76	.....		المراجع
80	.....		خاتمة عامة

قائمة الصور

6	..... الشكل I.1. القدرة المركبة العالمية السنوية 2003-2020
6	..... الشكل I.2. القدرة المركبة السنوية حسب المنطقة 2012-2020
8	..... الشكل I.3. خريطة لتوزيع الرياح في الجزائر
10	..... الصورة I.4. توزيع سرعة الرياح الشهرية للمواقع
14	..... الصورة I.5. مزرعة رياح على البحر
15	..... الصورة I.6. مزرعة رياح على اليابسة
17	..... الشكل I.7. مولد الرياح ذو المحور الرأسي (هيكل داربوس)
17	..... الشكل I.8. مولد الرياح ذو المحور الرأسي (هيكل سافونبوس)
18	..... الشكل I.9. تربينات الرياح ذات المحور الافقي بأدرار (كبرتن)
19	..... الشكل I.10. تربينات الرياح ذات المحور الافقي بحركة بطيئة
20	..... الشكل I.11. تربينات الرياح ذات المحور الافقي بحركة سريعة
21	..... الشكل I.12. رسم بياني لتوربينات الرياح الأفقية aval و amont
22	..... الشكل I.13. التقنية الحديثة لتوربينات لتركيب أعماق البحرية
23	..... الصورة I.14. بعض اشكال توربينات الرياح الحديثة
29	..... الشكل II.1. مكونات الكبسولة
29	..... الشكل II.2. مكونات توربينات الرياح
30	..... الشكل II.3. توربين ذو سرعة ثابتة
31	..... الشكل II.4. توربين ذو سرعة متغيرة
33	..... الشكل II.5. الساكن والدوار للمنوبة المتزامنة ذات المغناطيس الدائم
34	..... الشكل II.6. أنبوب تدفق الهواء حول توربين هوائي
35	..... الشكل II.7. تغيرات معامل القدرة
35	..... الشكل II.8. مخطط نموذج التوربينات
37	..... الشكل II.9. معامل القدرة Cp كدالة ل λ و β

38	..... الشكل II.10. نموذج التوربين.
39	..... الشكل II.11. نموذج مبسط للتوربين
39	..... الشكل II.12. نمذجة الجزء الميكانيكي من توربينات الرياح.
53	..... الشكل III.1. العناصر المختلفة لتركيب طاقة الرياح.
66	..... صورة VI.1. لقطة شاشة لبرنامج RETscreen Expert.
68	..... صورة VI.2. الموقع الجغرافي لمزرعة طاقة الرياح كبرتن
68	..... صورة VI.3. موقعه على الخريطة الجغرافية .
69	..... صورة VI.4. التقاط البيانات المناخية لمزرعة كبرتن
69	..... صورة VI.5. بيانات سرعة الرياح بدلالة اشهر السنة
70	..... صورة VI.6. معلومات مشروع المدروس.
71	..... صورة VI.7. معلومات حول نوع و عدد التربينات
71	..... صورة VI.8. لقط شاشة لمتوسط الاستهلاك اليومي في فصل الشتاء.
72	..... صورة VI.9. لقط شاشة لمتوسط الاستهلاك اليومي في فصل الشتاء.
72	..... صورة VI.10. لقط شاشة لمتوسط الاستهلاك اليومي في فصل الشتاء.
73	..... صورة VI.11. لقط شاشة لمتوسط الاستهلاك اليومي في فصل الشتاء.
73	..... صورة VI.12. لقطة شاشة لورقة استهلاك لكل شهر.
74	..... صورة VI.13. لقطة شاشة لمخطط الاستهلاك.
74	..... صورة VI.14. لقطة شاشة لمخطط الطاقة.
75	..... صورة VI.15. لقطة شاشة لجدول بيانات وتحليل لتخفيضات انبعاثات غازات الدفيئة.
76	..... صورة VI.16. لقطة شاشة لجدول البيانات وتحليل التكلفة.
76	..... صورة VI.17. لقطة شاشة للتطور الاقتصادي للرسم البياني للتدفق النقدي التراكمي.

6	الجدول I.1. سعة طاقة الرياح العالمية المركبة في 2020 - تفصيل إقليمي
9	الجدول I.2. متوسط القيم الشهرية للسرعة وكثافة القدرة لبعض ولايات الجزائر.....
11	الجدول I.3. متوسط سرعة الرياح في ولاية ادرار في المدة 2014-2020.....
12	الجدول I.4. دراسة المتوسط الشهري والسنوي.....
14	الجدول I.5. أكبر مزارع الرياح البحرية في العالم.....
19	الجدول I.6. تصنيفاً لهذه التوربينات وفقاً للطاقة التي تصلها وقطر مروحتها.....
51	الجدول III.1. قيم معامل الاحتكاك لأنواع مختلفة من الأرض.....
53	الجدول III.2. متوسط طاقة كل جهاز.....
54	الجدول III.3. متوسط استهلاك اليومي لفصل الشتاء.....
54	الجدول III.4. متوسط استهلاك اليومي لفصل الصيف.....
55	الجدول III.5. متوسط استهلاك اليومي لفصل الربيع.....
55	الجدول III.6. متوسط استهلاك اليومي لفصل الخريف.....
56	الجدول III.7. متوسط استهلاك اليومي لفصل الصيف بتصحيح العائد.....
56	الجدول III.8. متوسط استهلاك اليومي لفصل الخريف بتصحيح العائد.....
57	الجدول III.9. متوسط استهلاك اليومي لفصل الربيع بتصحيح العائد.....
57	الجدول III.10. متوسط استهلاك اليومي لفصل الشتاء بتصحيح العائد.....
68	الجدول VI.1. الإحداثيات الجغرافية لموقع كابيرتين.....

قائمة الرموز

عامل الشكل لقانون Weibull (بلا أبعاد).	.....	K
عامل مقياس قانون Weibull (m / s).	.....	C
الطاقة التي توفرها توربينات الرياح (W / m^2).	.....	P
كثافة الهواء (kg/m^3).	.....	ρ
المنطقة التي اجتاحتها شفرة توربينات الرياح (m^2).	.....	S
ارتفاع قياس سرعة الرياح (m).	.....	h
معامل القدرة.	.....	cp
السرعة المحددة للتوربين.	.....	λ
دالة كثافة احتمال Weibull .	.....	$f(v)$
دالة التوزيع التراكمي.	.....	$F(v)$
وظيفة جاما.	.....	Γn
العائد.	.....	η
عامل السعة.	.....	cf
زاوية ميل الريش.	.....	B
الجمود الكلي لتوربينات الرياح.	.....	J
نسبة مضاعف السرعة.	.....	G
عزم دوران التوربين على التوالي للمولد.	.....	$C_T C_g$
معامل الاحتكاك اللزج للتوربين والمولد.	.....	$f_T f_g$
القصور الذاتي للتوربين والمولد.	.....	$J_T J_g$

ملخص :

لقد أجرينا هذه الدراسة من أجل دراسة تحجيم وتحليل أداء مزرعة تعمل بطاقة الرياح في موقع أدرار ، فنحن مهتمون باستخدام طاقة الرياح لتزويد مزرعة متوسط استهلاك الطاقة أو الكهرباء في موقع أدرار هذا بمناخ أدرار ثم قامت البيانات بتبسيط حجم هذه المزرعة خلال العام ، ثم محاكاة تقنية واقتصادية باستخدام برنامج RETScreen لمدة عام واحد من متوسط الاستهلاك وبيانات الإيداع.

الكلمات المفتاحية: توريينات الرياح ، مزرعة الرياح ، دراسة اقتصادية ، برنامج RETScreen ، الرياح.

Abstract :

Nous avons mené cette étude dans le but d'étudier la mise à l'échelle et d'analyser les performances d'un parc éolien sur le site d'Adrar. Nous nous intéressons à l'utilisation de l'énergie éolienne pour fournir une ferme avec une consommation moyenne d'énergie ou d'électricité dans ce site d'Adrar avec un climat d'Adrar. Ensuite, le données simplifiées la taille de cette ferme au cours de l'année, puis une simulation technico-économique Utilisation de RETScreen pendant un an de consommation moyenne et de données de gisement.

Mots clés : éoliennes, parc éolien, étude économique, programme RETScreen, éolien.

مقدمة عامة

في مواجهة الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية بشكل أساسي خاصة في المناطق المعزولة (المناطق الصحراوية ، المناطق الجبلية) ، حيث ان الاتصال بالشبكة الكهربائية العامة مكلفة للغاية ، وطاقة الرياح هي الحل الأمثل والاصح ، لأنها نظيفة وغير مكلفة وتوفر أماناً كبيراً في الاستخدام و لا تتطلب أنظمتها مساهمة خارجية .

بالإضافة إلى ذلك ، لا يحتوي المولد نفسه على أجزاء متحركة ولا يتطلب ذلك عملياً الصيانة. لذلك ، فإن تكاليف التشغيل والصيانة منخفضة نسبياً. لهذه الأسباب، فإن مصدر الطاقة هذا مناسب جداً وبشكل خاص للاستخدام في المناطق الريفية والصحراوية. حيث السكان موزع في مجتمعات صغيرة والطلب على الطاقة نسبي قليل.

تعتبر الطاقة الكهربائية في وقتنا الحالي الطاقة أكثر استعمالاً خاصة في المناطق الصحراوية لكنها توجد بما العديد من المشاكل والعراقيل حيث محطاتها تعتبر مكلفة باهظة الثمن مع وجود مشاكل فنية (الرياح ، درجة الحرارة ، إلخ) وبالتالي استخدام الرياح هو الحل المناسب لكنه يتطلب جداً دراسة جيدة لمجال الرياح وخصائصه واستهلاكه. كان هدفنا إجراء دراسة لاستخدام طاقة الرياح في تزويد مزرعة بمتوسط استهلاك للكهرباء على مدار عام.

لقد قمنا مسبقاً بطريقة بسيطة لتقدير حجم المولدات وأسطول التخزين وفقاً لمتوسط بيانات تدفق الرياح لأردار ومتوسط استهلاك هذه المزرعة. ثم نقوم بتحليل الأداء الفني والاقتصادي عن طريق المحاكاة مع برنامج من هذه المزرعة على مدار عام.

لهذا الغرض قمنا بتقسيم دراستنا إلى 4 فصول:

خصص الفصل الأول لعموميات على طاقة الرياح، في هذا الفصل ، نقدم أولاً نبذة تاريخية عن طاقة الرياح ومن تم التعرف على وضعيات الرياح في كل انحاء العالم والجزائر وكذا ولاية ادرار بالاخص كبرتن وأنواع كل من مزارع و تربينات الرياح و آخر الابتكارات الحديثة عن طاقة الرياح وفي آخر هذا الفصل تم التعرف على ايجابيات وسلبيات طاقة الرياح.

الفصل الثاني نقدم مكونات لتربينات الرياح وانواعها وكذلك مصادر الرياح وطرق استغلالها كما تم التطرق الى مختلف أنظمة تشغيل طاقة الرياح وإعطاء نموذج لتربينات الرياح.

الفصل الثالث في هذا الفصل قمنا بتوضيح مختلف طرق تحجيم ابعاد نظام طاقة الرياح حيث اننا اخترنا الطريقة السهلة في الدراسة ومن تم وضع مزرعة للرياح والتعرف على مختلف قوانين المتعلقة بذلك إضافة الى الاستقراء العمودي لسرعة الرياح كما تم التعرف على الطاقة التي تنتجها طاقة الرياح.

في الفصل الرابع، تم التعرف على برنامج RETSCREEN حيث تم الاعتماد عليه في دراستنا والذي بفضله نحاول الوصول الى نتيجة من خلال دراستنا فقد تم التطرق الى تعريف هذا الأخير وبعض خصائصه ومن تم توضيح الطريقة المتبعة في الوصول الى هذه النتيجة.

سيتم بالطبع الانتهاء من هذا العمل من خلال خاتمة عامة.



I - مقدمة حول طاقة الرياح

1.I. مقدمة

لا أمل ان نهض او نتحضر أو نصح أمم متحضرة وأمم قوية وأمم إيجابية إلا إذا رأيتم بذرة الفضول المعرفي وهذا ما دفع الإنسان منذ القديم الي إيجاد المعالم الأساسية على سطح الأرض وكتب التصنيفات الخاصة بشرواتها ومواردها ومن بين اهم الموارد طاقة الرياح اذ تعتبر طاقة هامة كيف لا وهي من بين الطاقات المتجددة يتم استغلالها وبكثرة في السنوات الأخيرة والسؤال الذي يطرح نفسه كيف يتم استغلال هذه الطاقة ؟ سنحاول في هذا الفصل إعطاء عموميات على هذه الطاقة واستعمالاتها والتعرف على مختلف الاحصائيات العالمية منها والمحلية . كما اننا سنتطرق الى أنواع مزارع الرياح وكذا أنواع توربينات الرياح .

2.I. نبذة تاريخية على طاقة الرياح

التقاط الطاقة المفيدة من الرياح هي تقنية قديمة وشائعة جدا . منذ 2000 سنة قبل الميلاد يحول الإنسان طاقة الرياح بالفعل الى الطاقة الميكانيكية [1]. في القرن الخامس، كانت أول المحركات الهوائية في آسيا الآلات ذات المحور الرأسي وفي نفس الوقت تقريبا، يستخدم المصريون المطاحن ذات المحور الأفقي. في القرن السابع ، استخدمت بلاد فارس (إيران حاليا) عجلات طاقة الرياح بدائية تتكون من برج بسيط يدعم شفرات مصنوعة من القصب . في أوروبا، تم بناء أول توربينات الرياح (في 1100م) وتتألف من أربعة شفرات تدور حول محور أفقي. تم استخدامها لنقل القوارب، ضخ المياه او طحن الحبوب او نشر الخشب، ولكن تحويله الى الطاقة الكهربائية بدأ فقط في القرن 19. خلال الفترة 1920م-1961م، مكنت البحوث الأيروديناميكية الهامة للملاحة الجوية محركات الرياح من إحراز تقدم كبير [2]. في عام 1971م، ظهرت أول مزرعة رياح بحرية مقابلة

ساحل الدنمارك بسعة إجمالية 5 ميغاواط. وفي نهاية هذه الفترة توقف تطويرها بسبب التنافس مع الوقود، إن تاريخ توربينات الرياح استؤنف من أكتوبر 1973م، خلال أزمة النفط الأولى. والواقع أن الازدهار في تربينات الرياح بدأ من جديد في ديسمبر / كانون الأول 1997م في مؤتمر كيوتو، والذي أدى إلى التوصل إلى اتفاقات تحمل نفس الاسم: فقد التزمت بعض الدول الصناعية بخفض انبعاثاتها من الغازات الدفيئة بحلول عام 2010م في سبتمبر 2001م لتلتزم أوروبا بإنتاج 22% من الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة [1].

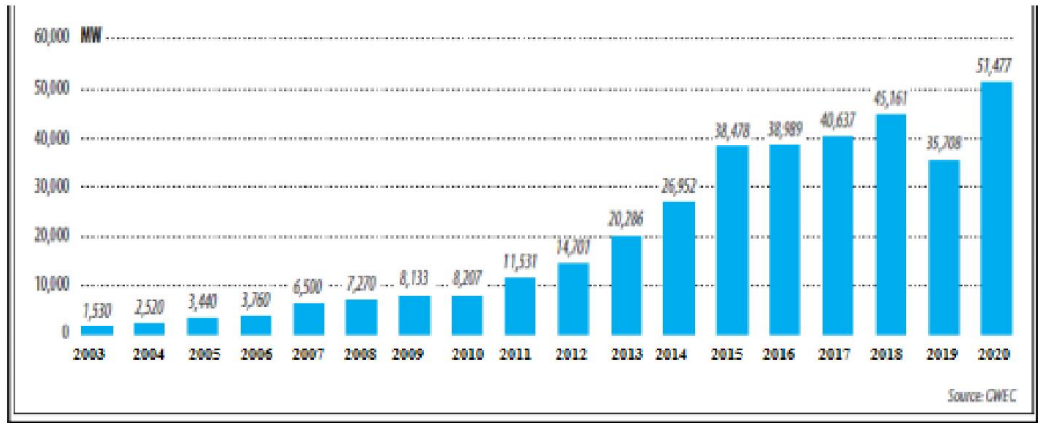
I.3. وضعية واحصائيات طاقة الرياح في العالم

تنتج GWEC (المجلس العالمي لطاقة الرياح) رسومات توضح النمو المثير لصناعة طاقة الرياح حول العالم. حيث ارتفع السوق السنوي بنسبة 44%، وارتفع إلى 50 GW لأول مرة في عام 2020م بعد التباطؤ في عام 2019م، سجلت صناعة الرياح رقماً قياسياً جديداً للتركيبات السنوية في عام 2020م. وعموماً، بلغت سعة الرياح الجديدة 51477 ميغاوات .

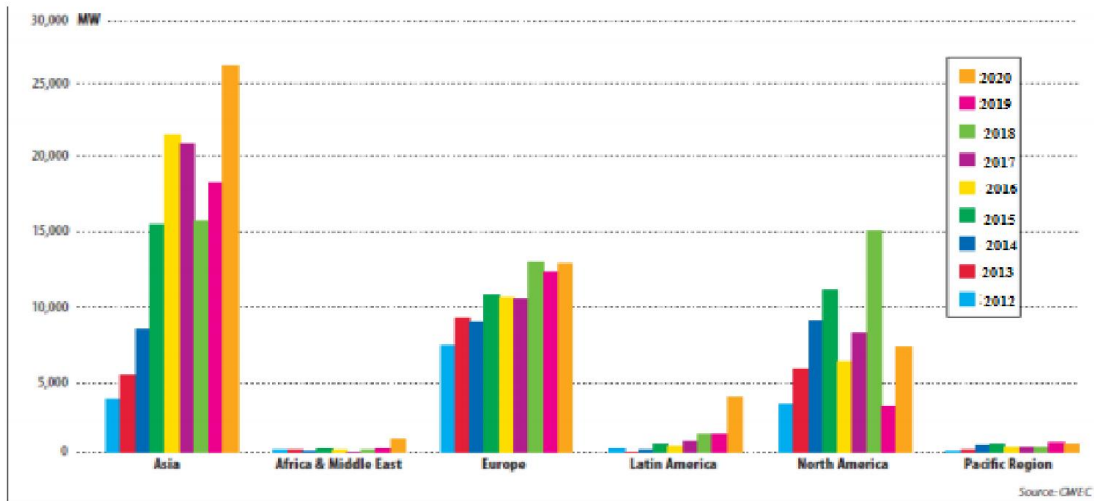
تمت إضافته في عام 2020م وفقاً لإحصاءات سوق الرياح العالمية الصادرة اليوم عن المجلس العالمي لطاقة الرياح (GWEC). يمثل الرقم القياسي زيادة بنسبة 44% في السوق السنوية، وهو مؤشر قوي على تعافي الصناعة بعد فترة صعبة في السنوات الأخيرة. بلغ إجمالي التركيبات التراكمية 369.553 ميغاواط بنهاية عام 2020 [8].

الجدول 1.I. مقدرة طاقة الرياح لبعض للبلدان الكبرى في العالم سنة 2020 [10]

الاجمالي الطاقة	و.م.أ. الجنوبية	اليابان	المانيا	الهند	و.م.أ. الشمالية	الصين	الاتحاد الاروبي	قدرة طاقة الرياح MW
651	24	39	61	38	106	236	192	



الشكل 1.I. القدرة المركبة العالمية السنوية 2020-2003



الشكل 2.I. القدرة المركبة السنوية حسب المنطقة 2020-2012

احتلت آسيا الصدارة في ترتيب القارات من خلال طاقة الرياح المركبة بـ 142119MW ، أو 38.5٪ من الإجمالي العالمي ؛ خلال العام ، زادت هذه السعة المركبة بمقدار 26,161 MW ، أو + 22.6٪ و 50.8٪ من إجمالي التشغيل العالمي.

تمثل الصين وحدها 80.8٪ من إجمالي التركيبات التي تم تركيبها في نهاية عام 2020م و 89.3٪ من التركيبات للعام. تليها الهند بـ 22.465 MW (15.8٪ من التراكمي و 8.8٪ من الزيادة) [9].

هبطت أوروبا إلى المرتبة الثانية في ترتيب القارات من خلال طاقة الرياح المركبة بـ 133.969 ، أو 36.3٪ من الإجمالي العالمي ، خلف آسيا ، التي احتلت الصدارة للمرة الأولى ؛ خلال العام ، هذه القدرة المركبة زيادة قدرها 12820 MW ، أو + 10.5٪ و 25٪ من إجمالي التشغيل العالمي لهذا العام. قام الاتحاد الأوروبي بتكليف 11791 MW ، مما رفع قدرته المركبة إلى 128752 MW. لا تزال ألمانيا في الصدارة إلى حد كبير مع 39165 MW ، أو 30.04٪ من إجمالي الاتحاد الأوروبي ؛ تمثل 5279 MW التي تم تشغيلها في عام 2014 44.8٪ من إجمالي الاتحاد الأوروبي. الدول الأوروبية الأكثر مشاركة في طاقة الرياح هي الدنمارك (862 واط / للفرد) ، السويد (562 واط / للفرد) ، ألمانيا (501 واط / للفرد) ، إسبانيا (494 واط / للفرد) ، أيرلندا (493 واط / للفرد) و البرتغال (471 واط / للفرد).

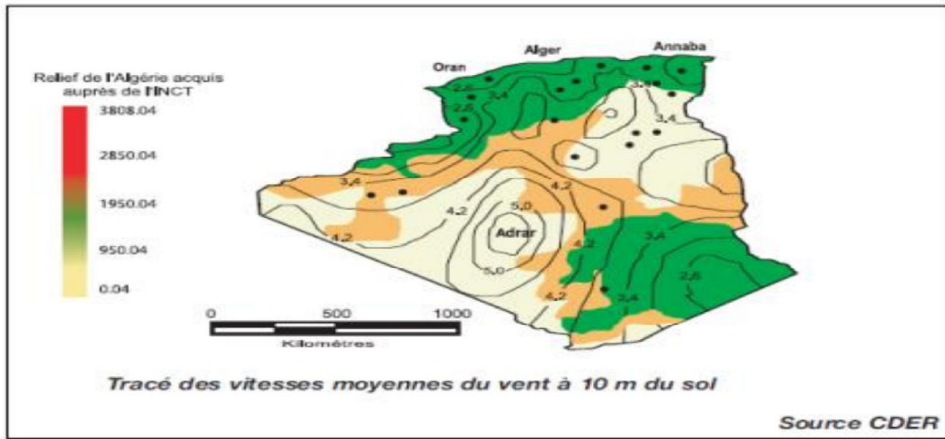
4.I. وضعية واحصائيات طاقة الرياح في الجزائر

يتفاوت مورد الرياح في الجزائر تفاوتاً كبيراً من مكان إلى آخر. ويرجع ذلك أساساً إلى التنوع الشديد من تضاريس ومناخ. والواقع أن بلدنا الواسع، يقسم إلى منطقتين جغرافيتين متميزتين.

يتميز البحر الأبيض المتوسط شمالا بسهل ساحلي يبلغ طوله 1200 كم و بسلاسل جبلية ممثلة في سلسلتي الأطلس التلي والأطلس الصحراوي و في ما بينهما سهول ومرتفعات ذات المناخ القاري. أما الجنوب فيتميز بمناخ صحراوي, وتبين الخريطة المبينة أدناه أن الجنوب يتميز بما يلي:

أعلى من الشمال، ولا سيما في الجنوب الغربي، حيث تتجاوز سرعاتها 4 m/s وتتجاوز قيمتها 6 m/s في منطقة أدرار.

أما بالنسبة للشمال، فإن المتوسط العام للسرعة منخفض. غير أنه توجد في المواقع الساحلية في وهران وبجاية وعنابة وفي مرتفعات تيارت وفي المنطقة التي تحدها بجاية في الشمال وبسكرة في الجنوب [2].



الشكل 3.I. خريطة لتوزيع الرياح في الجزائر. [2]

من الجدول 2.I. نلاحظ أن متوسط السرعة يختلف اختلافا كبيرا وفقا للأشهر. ويصل التباين في السرعة بين الأشهر إلى 6.3 m/s بالنسبة لأدرار. كما نلاحظ أيضا أن شهر مارس يقابل قيمة المتوسط الأقصى للسرعة بالنسبة لأدرار مع 6.9 m/s وشهر افريل بالنسبة للمركزين وهران وبسكرة على التوالي ، 4.6 m/s و 7.7 m/s. ويوافق شهر جوان لواد سوف مع 4.4 m/s وشهر جانفي قيمة 5.2 m/s لتيارت

الفصل الأول:

عموميات حول طاقة الرياح

وقدّر متوسط الحد الأدنى للسرعات بالنسبة لجميع المواقع المختارة لشهور نوفمبر بـ 5.6 m/s ، و 3.6

m/s على التوالي بالنسبة لأدرار ، وواد سوف ، وديسمبر بـ 3 m/s بالنسبة لوهران ، وشهور جويلية واوت

بـ 4.1 m/s ، و 3.7 m/s على التوالي.

الجدول 2.I. متوسط القيم الشهرية للسرعة وكثافة القدرة لبعض ولايات بالجزائر [10]

بسكرة		تيارت		الوادي		وهران		أدرار		الموقع
P (kw)	V (m/s)	P (kw)	V (m/s)	P (kw)	V (m/s)	P (kw)	V (m/s)	P (kw)	V (m/s)	القياس/الشهر
198,99	6,2	117,4	5,2	42,29	3,7	24,87	3,1	146,63	5,6	جانفي
311,64	7,2	66,38	4,3	45,82	3,8	35,8	3,5	240,04	6,6	فيفري
311,64	7,2	81,27	4,6	49,53	3,9	42,29	3,7	274,29	6,9	مارس
381,18	7,7	110,76	5,1	61,86	4,2	81,27	4,6	251,12	6,7	أفريل
81,27	4,6	61,86	4,2	66,38	4,3	71,12	4,4	229,3	6,5	ماي
81,27	4,6	57,55	4,1	71,12	4,4	76,08	4,5	229,3	6,5	جوان
57,55	4,1	45,82	3,8	61,86	4,2	66,38	4,3	229,3	6,5	جويلية
81,27	4,6	42,29	3,7	49,53	3,9	53,44	4	240,04	6,6	أوت
81,27	4,6	45,82	3,8	45,82	3,8	45,82	3,8	198,99	6,2	سبتمبر
251,12	6,7	61,86	4,2	42,29	3,7	27,36	3,2	189,52	6,1	أكتوبر
198,99	6,2	81,27	4,6	38,96	3,6	27,36	3,2	146,63	5,6	نوفمبر
198,99	6,2	92,34	4,8	38,96	3,6	22,54	3	162,91	5,8	ديسمبر
162,91	5,8	71,12	4,4	49,53	3,9	45,82	3,8	208,78	6,3	المعدل السنوي

توضح الصورة 4.I. توزيع سرعة الرياح الشهرية للمواقع حيث من هذا المخطط ، نستطيع القول ان :

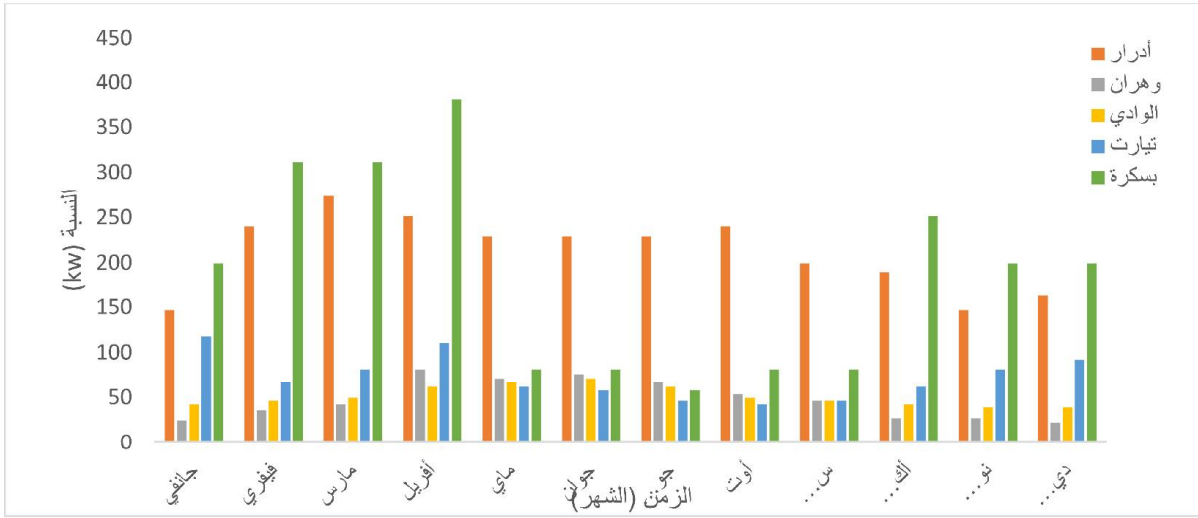
-يتمتع موقع أدرار بإمكانية طاقة ريحية سنوية كبيرة إلى حد ما ، تنتج في هذا الموقع 208.78kw

-موقع بسكرة هو الموقع الذي يتمتع بثاني أعلى طاقة رياحية ممكنة مقارنة مع باقي الولايات وتصل الى

162.91kw بحيث تصل سرعة الرياح الى 7.7m/s

-لذلك نقترح استخدام هذه المنطقة أيضا لبناء محطة طاقة رياحية في المستقبل

ملاحظة : تم استخدام العلاقة 5.III. من إيجاد قدرة الرياح في كل ولاية مع العلم ان $S=1.363m^2$



الصورة 4.I. توزيع سرعة الرياح الشهرية للمواقع [10].

1.4.I. إنتاج طاقة الرياح في الجزائر

منذ سنة 2013م، تم البدء في إجراء دراسات لتنفيذ صناعة توليد الطاقة من الرياح.

وفي الفترة 2020م - 2014م تم السعي من اجل تحقيق معدل اندماج يقارب 50 في المائة. ومن بينها

الإنجازات التالية :

- بناء مصنع لصناعة السوراري والمقاتل الرياحية rotors d'éoliennes

- تشكيل شبكة للمناولة الوطنية لصناعة تجهيزات équipements de la nacelle

- رفع قدرات نشاط الهندسة وقدرات التصور، رفع قدرات الإنجاز للمؤسسات الوطنية لتصل إلى حدود 50 في

المائة.

- خلال الفترة 2021م - 2030م يتم العمل على رفع قدرة الاندماج إلى حدود 80 في المائة، وهذا بفضل

توسيع إنتاج السوراري والمقاتل الخاصة بتجهيزات إنتاج الطاقة الرياحية، هذا إلى جانب تطوير شبكة وطنية

لصناعة تجهيزات équipements de la nacelle كما يتوقع تصور الحصول وانجاز تجهيزات توليد الطاقة من الرياح اعتمادا على وسائل خاصة [6.4].

5.I. وضعية واحصائيات طاقة الرياح في ادرار

تقع مدينة أدرار في جنوب غرب الجزائر على بعد حوالي 1430 كم من الجزائر العاصمة. تتميز المنطقة بتضاريسها المسطحة نسبياً ، فضلاً عن الجيومورفولوجيا الصحراوية. تتميز أدرار ومحيطها بإمكانيات عالية الرياح قادمة من الشمال الشرقي. تصنفها بيانات الرياح من منطقة أدرار باعتبارها واحدة من أفضل إمكانات الرياح في الجزائر [10].

تعتمد دراسة إمكانات الرياح في منطقة أدرار على سرعة الرياح بالساعة للفترة 2014م-2020م المقاسة بواسطة ONM. تقع محطة القياس في مطار أدرار ، إحداثياتها الجغرافية 27.82 درجة شمالاً و -0.18 درجة شرقاً. يتم وضع مقياس شدة الريح على ارتفاع 10 m .

القياسات المتاحة هي قياسات بالساعة مأخوذة على مدى ست (6) سنوات (2014-2020). جعلوا من الممكن تتبع التغيرات اليومية والشهرية والمتوسط السنوي لسرعة الرياح [10.4].

حيث يمثل الجدول 3.I متوسط سرعة الرياح التي تم الحصول عليها خلال هذه الفترة :

الجدول 3.I. متوسط سرعة الرياح في ولاية ادرار في المدة 2014م-2020م [7].

النسبة	الحساب	القياس	
4.62%	6.31	6.62	متوسط سرعة الرياح m/s
1.03%	282.20	279.31	متوسط كثافة الطاقة w/m ²

فيما يلي جدول دراسة متوسط سرعة الرياح الشهرية والسنوية للرياح بمنطقة كبرتن :

الجدول I.4. دراسة المتوسط الشهري والسنوي [7].

الشهر	جانفي	فيفري	مارس	افريل	ماي	جوان	جويلية	اوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	متوسط كلي
سرعة م	6.7	7.1	7	7.2	7.3	7	6.8	6.9	6.5	6.7	6.9	6.5	6.34

وفقاً للجدول، يمكننا أن نرى أن متوسط سرعة الرياح أكبر من 6 m/s للعام بأكمله ووتيرة الرياح في

منطقة الدراسة عالية جداً طوال العام. خاصة سيروكو الذي يمكن أن تصل سرعته إلى 100 km/h

- غالباً ما تظهر الرياح الرملية خلال فترة الربيع (مارس - أبريل).

I.1.5. مشاريع الرياح في ادرار

- أقامت الجزائر محطة لتوليد الطاقة الرياحية بقدرة 10 MW في أدرار تعتمد كمشروع نموذجي

هذه المحطة تتربع على مساحة 30 هكتار في منطقة كابرتن تقع على بعد 72 Km شمال ولاية أدرار

حيث تتكون من 12 رياحية تقدر ب 0.85 MW للوحدة .

- سـطرت وزارة الطاقة والمناجم في اطار تطبيق برنامجها للطاقات المتجددة إقامة عدة محطات ريحية

بطاقة تقدر ب 1000 mw في المدى المتوسط بين 2012-2020 لتصل الى حدود 5010

ميغا واط في حدود سنة 2030 وذلك من اجل تزويد التجمعات السكانية الصغيرة والمعزولة بالكهرباء

[6].

6.I. تقسيم مزارع الرياح

مزرعة الرياح هي مجموعة من عنفات الرياح في مكان واحد تستخدم في إنتاج الكهرباء. قد تتكون مزرعة الرياح الكبيرة من عدة مئات من عنفات الرياح الفردية الموزعة على مساحة ممتدة، ولكن هذه العنفات قد تستخدم لأغراض زراعية أو غيرها . تقريباً كل عنفات الرياح الكبيرة لها نفس التصميم، فعنفات الرياح بها المحور الأفقي الدوار بثلاث شفرات موجه عكس اتجاه الريح، تعلق على هيكل محرك على قمة برج أنبوبي طويل [9].

1.6.I. مزارع رياح في البحر

يشير مصطلح طاقة الرياح البحرية إلى بناء مزارع الرياح في وسط مسطحات مائية كبيرة لتوليد الكهرباء. ويمكن لهذه المنشآت الاستفادة من الرياح الأكثر تواتراً والرياح القوية التي تتوفر في هذه المواقع. رغم فوائدها إلا أنها تتكلف تكاليف عالية في البناء والصيانة .

شركتيّ سيمنز وفيسستاس هما أكبر موردي عنفات الرياح البحرية. كذلك دونغ إنرجي وفاتينفول وإي أون من الرواد في هذا المجال. اعتباراً من أكتوبر 2010م، كان هناك حوالي 3.16 GW منتجة إجمالياً من طاقة الرياح البحرية، خاصةً في شمال أوروبا. وفي نهاية 2014م تم تشغيل أكثر من 16 GW كقدرة إضافية بما جعل المملكة المتحدة وألمانيا من الأسواق الرائدة. ومن المتوقع ازدياد الاعتماد على طاقة الرياح البحرية لتصل إلى ما مجموعه 75 GW في جميع أنحاء العالم بحلول عام 2020م، بمساهمات كبيرة متوقعة من الصين والولايات المتحدة [6].

في نهاية عام 2012م، تم تركيب 1662م عنفة في 55 مزرعة رياح بحرية في 10 دول أوروبية تولد مجتمعة 18 تيراواط/ساعة، أي أعطت طاقة إلى ما يقرب من خمسة ملايين أسرة. اعتباراً من شهر أغسطس عام 2013م، فإن مزرعة مصفوفة لندن في المملكة المتحدة هي أكبر مزرعة رياح بحرية في العالم بقدرة 630 MW. يتبعها مزرعة رياح غابارد الكبرى بالمملكة المتحدة أيضاً بقدرة 504 ميغاواط. كذلك يتم إنشاء مزرعة رياح البحر في ويلز بالمملكة المتحدة بقدرة 576 MW ؛ وهي حالياً في المراحل النهائية للإنشاء المتوقع إنهاؤها نهاية عام 2015.

الجدول 5.I. أكبر مزارع الرياح البحرية في العالم [6]

اسم المزرعة	القدرة MW	الدولة	العنفات	بداية التشغيل
لندن أري	630	المملكة المتحدة	175 × <u>سيمنز</u> -SWT 3.6	2012
غابارد الكبرى	504	المملكة المتحدة	140 × <u>سيمنز</u> -SWT 3.6	2012
آنهولت	400	الدنمارك	111 × <u>سيمنز</u> -SWT 3.6-120	2013
بارد 1	400	المانيا	80 بارد 5.0 عنفات	2013



الصورة 5.I. مزرعة رياح على البحر. [10]

2.6.I. مزارع الرياح على اليابسة

تتألف مزارع الرياح على اليابسة من عدد العنفات التي تشغل مساحة من الأرض ويتم ربطها مع بعضها البعض بمحطات ربط والتي بدورها تربط مع الشبكة الكهربائية.

تختلف المساحة التي تشغلها مزرعة الرياح الواحد حسب نوع العنفات المستخدم والاستطاعة المراد الحصول عليها, كما ان طبيعة الأرض لها تأثير أيضا على مساحة المزرعة.

يعد مشروع محطة جانسو في الصين أكبر مزرعة للرياح في العالم باستطاعة 6000 MW منذ 2012م و توصلت الى 20000 MW في عام 2020م [10].



الصورة 6.I. مزرعة رياح على اليابسة [10].

7.I. أنواع توربينات الرياح

تنقسم توربينات الرياح إلى عائلتين وفقاً لما يلي:

اتجاه محور دورانها بالنسبة إلى اتجاه الرياح. وهي توربينات الرياح ذات المحور الرأسي (VAWT) وتوربينات الرياح ذات المحور الأفقي (HAWT) [5].

1.7.I. النوع الأول توربينات ذات المحور الرأسي (VAWT)

كانت المولدات الرياحية ذات المحور الرأسي هي أول المولدات المعتمدة في توليد الطاقة . وقد تم تطوير العديد من النماذج الأولية ولكن القليل منها هي التي وصلت إلى مرحلة التصنيع .

يكون محور دوران VAWT عمودياً بالنسبة للأرض وعمودياً بالنسبة لاتجاه الريح . هذا النوع من التوربينات يمكن أن تستقبل الرياح من أي اتجاه ، هذا مما يجعل جهاز التوجيه غير ضروري . المولد و صندوق التروس (مغير السرعات) على مستوى الأرض ، وهذا أبسط وبالتالي اقتصادي . وكذلك صيانة النظام بسيطة ، هذه التوربينات ليس لها تحكم بزوايا النصل كما في حالة (HAWT) مولدات الرياح ذات المحور الأفقي (يتم تصنيفها وفقاً لخاصيتها الأبرودينامية إلى عائلتين :

- مولدات الرياح مصممة على أساس الرفع: مولدات الرياح مع دوار داربوس صممه المهندس الفرنسي جورج داربوس .

- توربينات الرياح مصممة على أساس السحب: مولدات الرياح مع دوار

سافونبوس: اخترعه الفنلندي سيجوارد سافونبوس في عام 1924م [6].

1.1.7.I. مولدات الرياح بدوار داربوس

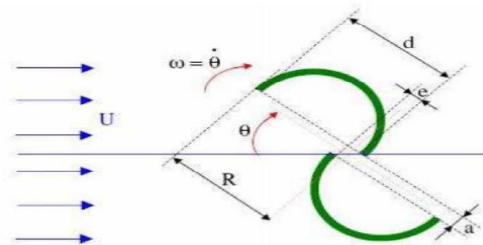
ويستند هذا النوع من مولدات الرياح إلى أن موجز الموضع في اتجاه تدفق الهواء يخضع لقوى اتجاه وشدة متفاوتة وفقاً لتوجه ذلك المولد. توضح صورة 7.I. نتيجة هذه القوى تولد عزم محرك مما أدى إلى دورانه.



الشكل 7.I. مولد الرياح ذو المحور الرأسي (هيكل داربوس) [2]

2.1.7.I. مولدات الرياح بدوار سافونيوس

وهي مبنية على مبدأ الجر التفاضلي الذي ينص على أن عزم المحرك يمكن الحصول عليه بضغظ مختلف تمارسه الرياح على الأجزاء المتصلة و رابطات الهيكل الشكل 3.I.



الشكل 8.I. مولد الرياح ذو المحور الرأسي (هيكل سافونيوس)

2.7.I. تربيينات ذات المحور الافقي

إن توريينات الرياح ذات المحور الأفقي (HAWT) ، تعمل بنفس مبدأ توريينات الرياح ذات القدرة الكبيرة والتي يمكن رؤيتها في مزارع الرياح .وفي الوقت الراهن ، تستخدم هذه التوريينات أكثر من غيرها في إنتاج توريينات الرياح مقارنة بالتوريينات ذات المحور الرأسي لأنها تتميز بانخفاض التكلفة ، مع كفاءة جيدة بالإضافة إلى أنها أقل عرضة للضغوط الميكانيكية. وهي تتكون من عدة شفرات (ثنائية وثلاثية وما إلى ذلك) لتوليد عزم محرك يقود دوران المولد الكهربائي .ويختلف عدد الشفرات بين 1 و 3 ، في الآونة الأخيرة يكون الدوار ذو الثلاث شفرات هو الأكثر استخداما لأنه يشكل حلا وسطا بين معامل الطاقة و السرعة المحددة و سرعة دوران جهاز استشعار الرياح [8].

وفي أغلب الأحيان ، تلتقط توريينات الرياح ذات المحور الأفقي الرياح (من الأمام أو من الخلف) يعود وفقا للنموذج بفضل الشفرات المجمععة في الواقع هذه التوريينات الريحية تلتقط طاقتها قدر الإمكان لأنها توجه نفسها للتكيف مع اتجاه المنطقة.

هناك عائلتان كبيرتان من توريينات الرياح ذات المحور الأفقي: توريينات الرياح البطيئة الحركة و توريينات الرياح السريعة الحركة [5].



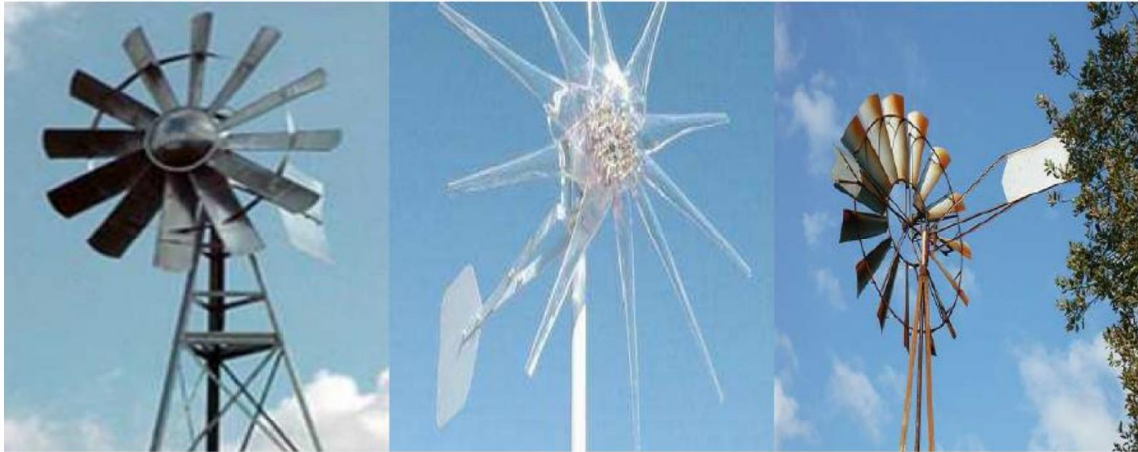
الشكل 9.I. تربيينات الرياح ذات المحور الافقي بأدوار(كبرتن)

الجدول 6.I تصنيفاً لهذه التوربينات وفقاً للطاقة التي تصلها وقطر مروحتها

الاستطاعة	قطر المروحة	السلم
40kw الصغيرة	$> m12$	40KW اقل من
1Mw الى 40 KW المتوسطة من	$12 < m < 45$	40KW الى 1MW من
1 Mw et plus الكبيرة	$m \leq 45$	1MW اكثر من

1.2.7.I. توربينات الرياح البطيئة الحركة

تتألف توربينات الرياح المنخفضة السرعة من عدد كبير من الشفرات بين 10 و 40 وهذا النوع من التوربينات الراحية معروف بجموده العالي، ولديه عزم دوران يتناسب مع عدد الشفرات وقطرها 10 أمتار كحد أقصى .



الشكل 10.I. توربينات الرياح ذات المحور الافقي بحركة بطيئة.

2.2.7.I توربينات الرياح السريعة الحركة

تستخدم توربينات الرياح عالية السرعة على نطاق أوسع بكثير وكلها تقريبا مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية. وعادة ما يكون لديها ثلاثة شفرات ثابتة أو قابلة للتوجيه لاستخراج طاقة الرياح الحركية القصوى والتحكم في سرعة الدوران في كل لحظة [9]. نصف قطر هذه التوربينات يمكن أن يصل إلى أطوال أكثر من 120 m لتوربينات الرياح ذات الاستطاعة الكبيرة. والتوربينات الثنائية هي الأكثر اقتصادا وبساطة ولكنها تولد اهتزازات يمكن أن تكون مهمة. والعجلة الثلاثية أقل عرضة للاهتزاز ، مما يؤدي إلى انخفاض الخطر والضوضاء ، ولكنها أكثر تعقيدا وأثقل. ويصل معامل الاستطاعة إلى قيم عالية وتنخفض ببطء عندما تزداد السرعة ، على عكس توربينات الرياح البطيئة الحركة. ونادرا ما تعمل توربينات الرياح عالية السرعة دون سرعة الرياح البالغة 3.5m/s [7].

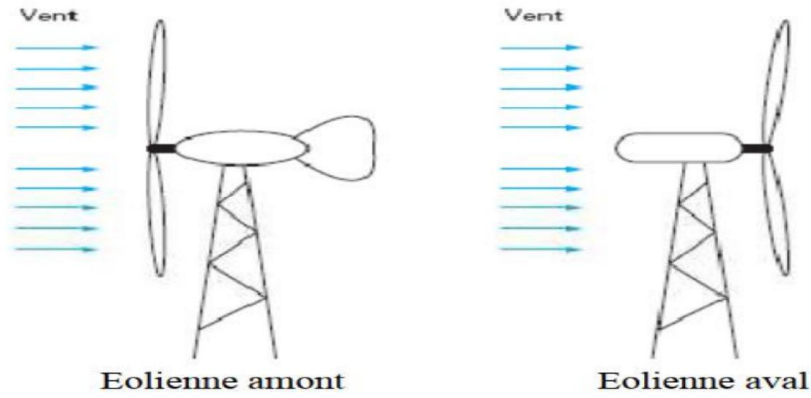


الشكل 11.I. توربينات الرياح ذات المحور الافقي بحركة سريعة.

وهناك نوعان من تربينات الرياح عالية السرعة:

-المنبع (amont): الرياح تهب على مقدمة الشفرات باتجاه النخلة. وتكون الشفرات جامدة ، والدوار موجه في اتجاه الرياح بواسطة جهاز توجيه [6].

-المصدر (aval): الرياح تهب على مؤخرة الشفرات تبدأ من الناسيل. ويكون الدوار من وذاتي الدوران.



الشكل 12.I. رسم بياني لتوربينات الرياح الأفقية amont و aval

8.I. الابتكارات الحديثة لتوربينات الرياح

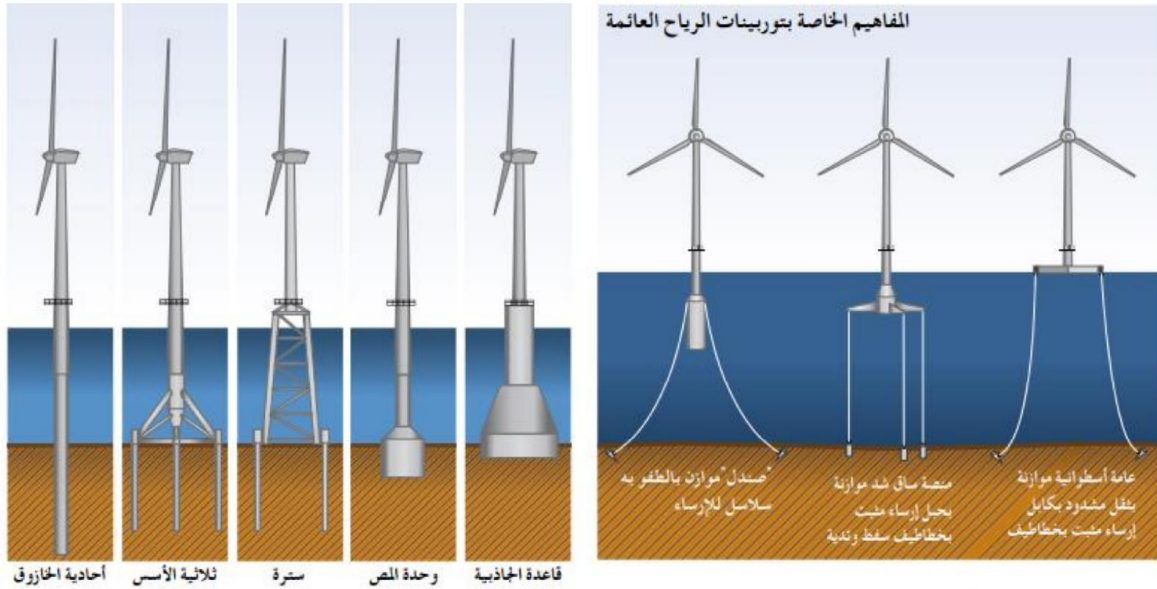
أدى الابتكار في مجال تصميم توربينات الرياح الى تخفيضات كبيرة في التكلفة مما افضى الى احراز تحسين

على مستوى النظم و المكونات . حيث ان طاقة الرياح على البحر بدأت تكتسب اهتماما متزايدا ، فان

تحديات تكنولوجية جديدة بدأت تطرح، وتصبح الابتكارات التكنولوجية الأكثر جذرية أمرا ممكنا. تعتبر

محطات وتوربينات طاقة الرياح نظما معقدة تقتضي أساليب تصميم متكاملة للاستفادة القصوى من التكاليف

والأداء. وعلى مستوى المحطة، حيث تشمل اختيار توربين الرياح وفقاً لنظام مورد الرياح؛ وتحديد موقع توربين الرياح، وإجراءات المبعادة والترتيب، وأساليب الصيانة والتشغيل، وتكامل شبكة الكهرباء. وعلاوة على ذلك، هناك مجالات كثيرة يمكن أن يحقق فيها تقدماً يتصل بطاقة الرياح في البحر، بما في ذلك إجراءات التشغيل والصيانة، وخطط التركيب والتجميع، وتصميم دعائم الهياكل، وتطوير توربينات أكبر، بما في ذلك مفاهيم جديدة للتوربينات. ويتيح الابتكار في مجال هيكل الأساس بصفة خاصة إمكانية الوصول إلى مستويات أعمق، وبذلك تزيد الإمكانيات الفنية لطاقة الرياح. وتاريخياً، تم تركيب التوربينات البحرية في المياه الضحلة نسبياً في المحل الأول، على أعماق تصل إلى 30 متراً، على هيكل من خازوق واحد يعد في الأساس امتداداً للبرج، لكن الهياكل بقاعدة الجاذبية أصبحت أكثر انتشاراً. ويصف الشكل 13.I بالملخص الفني هذه الأساليب . [10]



الصورة 13.I. التقنية الحديثة لتوربينات تركيب أعماق البحرية. [10]



الصورة I.14. بعض اشكال توربينات الرياح الحديثة

I.9. إيجابيات و سلبيات طاقة الرياح

I.9.1. الإيجابيات:

- الطاقة الرياحية طاقة متجددة لا تحتاج إلى وقود ولا تنتج الغازات التي تسبب الاحتباس الحراري الذي يؤدي بدوره الى تغير المناخ ولا تنتج نفايات سامة أو مشعة. ولطاقة الرياح دورا طويل الامد في التنوع البيولوجي للبيئة الطبيعية.

- طاقة الرياح تنتج الكهرباء دون تغيير نوعية الهواء ، وبدون تلوث المياه ، وتلوث التربة [6].

- طاقة الرياح توفر الفرصة لتقليل فواتير الكهرباء ويمكن أن تساعد في حمايتك من انقطاع الكهرباء [9].

I.9.2. السلبيات:

- الرياح يمكن أن تهب في بعض الأحيان بكثافة غير منتظمة.

- توربينات الرياح تكون مزعجة في بعض الأحيان وتغير المنظر الطبيعي للمنطقة.

- الإنتاج يعتمد على كثافة الرياح ، وليس الطلب على الطاقة [4].

10.I. الخاتمة

في هذا الفصل قدمنا نظرة عامة على طاقة الرياح. فقد تم التعرف على احصائيات طاقة في العالم والجزائر وخاصة في ولاية ادرار مع معرفة مختلف المشاريع في هذه الأخيرة بعدها تم عرض أنواع مزارع الرياح وكذا أنواع توربينات الرياح ذات المحور الرأسي والأفقي . حيث انه تعتبر توربينات الافقية الأكثر استعمالا في وقتنا الحالي كما تم التطرق الى بعض الابتكارات الحديثة التي يسعى اليها العلم الحديث و في نهاية هذا الفصل حددنا إيجابيات وسلبيات طاقة الرياح .

المراجع :

[1]D. Abdeldjalil, « Étude des performances et commande d'une machine synchrone à aimants permanents utilisée dans les éoliennes », mémoire de magister en Electrotechnique, Université Ferhat Abbas, Setif ,2012.

[2]B. Mohammed, « Étude et conception du montage d'une ferme éolienne dans un milieu salarien (centrale KABERTENE-ADRAR) », mémoire de master en physique energetique , Université d'Adrar ,2015.

[3]R. Khadidja, R. Oum elhana, « Etude des différents types de convertisseurs utilisés dans la production des énergies renouvelables Application dans l'éolienne à base de GSAP », mémoire de master Académique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2015.

[4]F. Omar, « Contribution à l'Etude des Systèmes Hybrides de Génération : Application aux Energies Renouvelables», mémoire de magister en Electrotechnique, Université Mohamed Chérif Messaadia de Souk-Ahras,2014.

[5]K. Fairouz, « Centrale eolienne et qualite de l'energie electrique », thèse de doctorat en Electrotechnique, Université Mentouri de Constantine, 2012.

[6]R. Melicio, V.M.F. Mendes, J.P.S. Catalao, « Computer simulation of wind power systems: Power Electronics and Transient

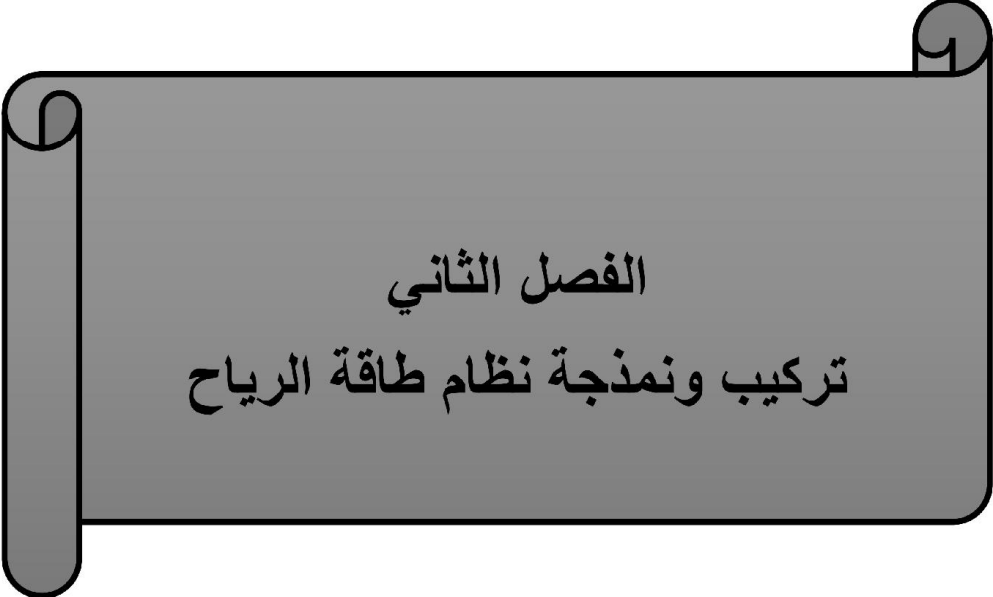
Stability Analysis », International Conference on Power System Transients (IPST 2009), Kyoto, Japan, 2009.

[7]M. Billel , « Contribution à l'amélioration des performances d'une chaîne énergétique éolienne », thèse de doctorat en Electrotechnique, Université Badji Mokhtar annaba, 2015.

[8]T. Zidelmal, « Modèle de Prédiction et de Commande de la Machine Synchrone à Aimants Permanents : Application dans les Aérogénérateurs », mémoire d'ingénieur d'état, Université du Québec, Canada, 2015.

[9]V. Courtesuisse, «supervision d'une centrale multi sources à base d'éoliennes et de stockage d'énergie connectée au réseau électrique» thèse de doctorat en génie électrique, Ecole nationale d'Arts en métiers, Paris, France, 2008.

[10]BOREKBA F ; BELAZGHEM Nour el houda, «Modélisation et simulation de la pale d'une petite éolienne appliquée au site d'Adrar», mémoire de MASTER en PHYSIQUE ENERGETIQUE, Université AHMED DRAIA, adrar ,2017.



الفصل الثاني
تركيب ونمذجة نظام طاقة الرياح

1.II. مقدمة

التوربينات الهوائية ، المعروفة كثيرا باسم توربينات الرياح ، هي جهاز يحول جزء من الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة ميكانيكية متوفرة على عمود ومن تم الى الطاقة الكهربائية عن طريق مولد كهربائي. ومن هنا نطرح العديد من الأسئلة : ماهي مكونات هذه التوربينات؟ وكيف يتم استغلال ونمذجة هذه الطاقة ؟

ففي هذا الفصل نسعى الى الإجابة على هذه الأسئلة حيث اننا تطرقنا الى مكونات توربينات الرياح الافقية التي تعتبر الأكثر استعمالا ومن تم تعرفنا على طرق استغلال طاقة الرياح ومختلف الأنظمة المستعملة في تشغيل هذه الطاقة لنصل في الأخير الى تركيب ونمذجة طاقة الرياح .

2.II مكونات توربينات الرياح الافقية

تختلف تشكيلات مولدات الرياح ذات المحور الأفقي اختلافا كبيرا. غير أن التوربين الريحي "التقليدي" يتألف عموما من عناصر رئيسية هي كالتالي:

1.2.II السارية (le mat)

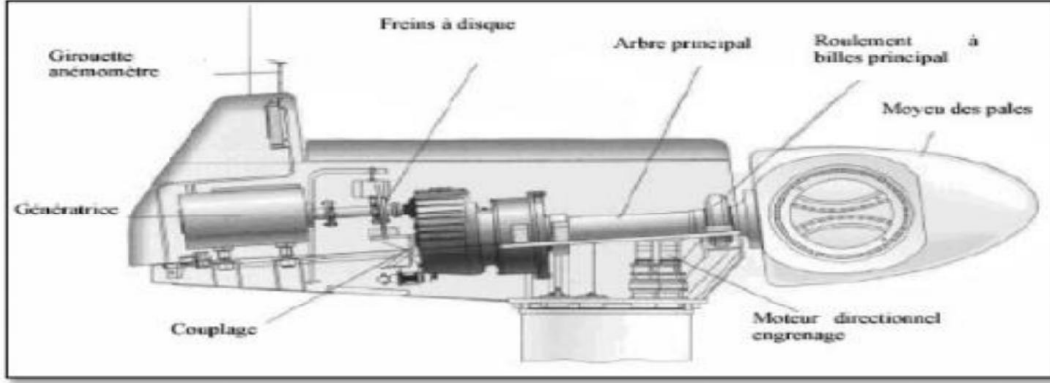
التي تدعم nacelle و دوار التوربين. من المهم أن تكون السارية مرتفعة بسبب زيادة سرعة الرياح في الارتفاع. وكمثال على ذلك سارية التربين ذات الاستطاعة KW500 يصل ارتفاعها من 40 إلى 60 m، يمكن أن يكون ممتلئا أو أنبوبيا وهذه الأخيرة قد تكون لها ميزة أكثر تكلفة تسمح بالوصول إلى الناسيل للصيانة . [9]

2.2.II الكبسولة (la nacelle):

و تشمل جميع العناصر الميكانيكية التي تسمح لدوار الرياح بأن يقترن بالمولد الكهربائي: الذراع ، مغير السرعة، مكابح القرص التي تمكن من وقف النظام في حالة الحمل الزائد ، عادة ما يكون المولد آلة متزامنة أو غير متزامنة

الفصل الثاني : تركيب ونمذجة نظام طاقة الرياح

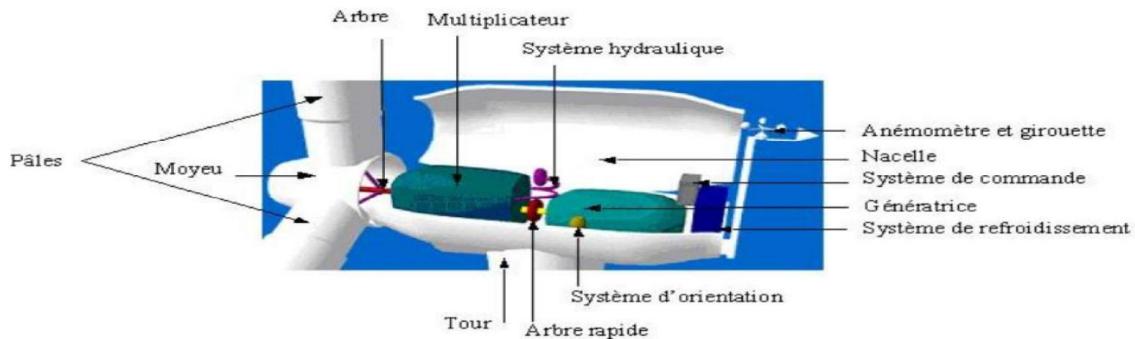
، وأنظمة توجيه شفرة هيدروليكية أو كهربائية (الفرامل الأيروديناميكية) و هي ضرورية للحفاظ على السطح المغمور من قبل المتجه الجوي عموديا إلى اتجاه الرياح). وبالإضافة إلى ذلك ، إلكترونيات إدارة توربينات الرياح كما هو مبين في (الشكل II.1). [9]



الشكل II.1. مكونات الكبسولة

II.2.3. الدوار:

يتشكل من شفرات تجمعت في محورها. لتوربينات الرياح المستعملة في توليد الكهرباء، و تختلف عدد الشفرات عادة من 1 إلى 3 ، الدوار الثلاثي يمثل حلا وسطيا جيدا بين التكلفة و سلوك الاهتزاز والتلوث البصري والضوضاء. وهناك نوعان من الدوار ، ذو السرعة الثابتة والسرعة المتغيرة. [8] و(الشكل II.2) يمثل مختلف العناصر المكونة لتوربين الرياح:



الشكل II.2. مكونات توربينات الرياح [8]

الفصل الثاني : تركيب ونمذجة نظام طاقة الرياح

II.2.4. الشفرات : هي التي تلتقط قوة الرياح وتنقلها إلى الدوار. تم تجهيز أول توربينات الرياح بشفرتين.

هذا الحل ، يسمح بسرعات دوران أعلى ، له بعض العيوب التي تتمثل أساسًا في الاهتزازات والضوضاء وزيادة إجهاد الدوار. حاليًا ، تم تجهيز غالبية التركيبات بنظام ثلاثي الشفرات.

II.2.5. الأساس : أساس متين يضمن مقاومة الكل في الرياح العالية والقوية أو في ظروف الجليد.

II.3 طرق استغلال طاقة الرياح :

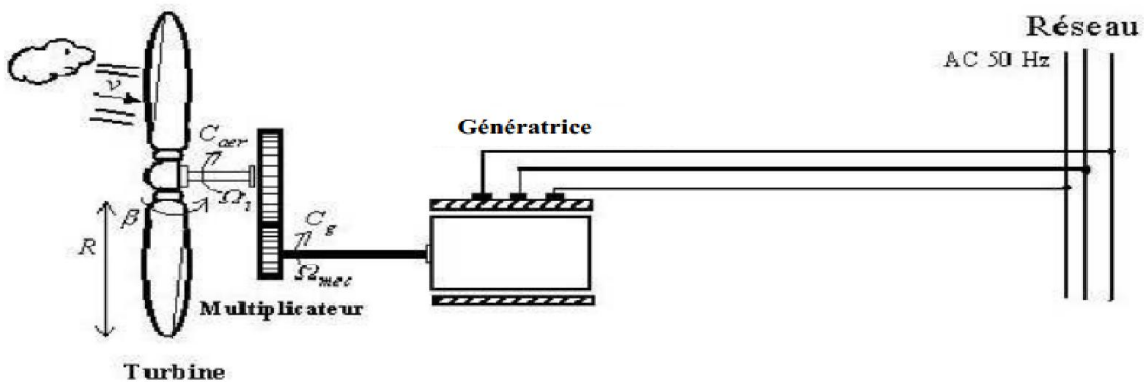
من أجل استغلال الطاقة التي توفرها الرياح ، يمكن أن تكون عدة نظم مستعملة ويمكننا تصنيفها إلى فئتين:

- نظام ذو سرعة ثابتة.

- نظام ذو سرعة متغيرة. [6]

II.3.1 نظام ذو سرعة ثابتة:

توربينات الرياح الثابتة السرعة هي أول توربينات يتم تطويرها. في هذه التكنولوجيا ، المولد يقترن مباشرة بالشبكة. سرعته الميكانيكية متوافقة مع تواتر الشبكة ومع عدد أزواج الأقطاب من أطراف المولد، وتتكون سلسلة تحويل طاقة الرياح من التوربين إلى مضاعف السرعة والمولد.

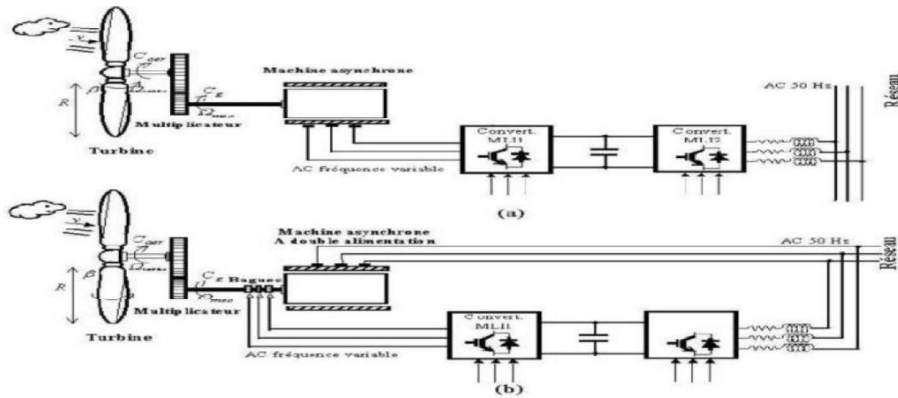


الشكل II.3.1. توربين ذو سرعة ثابتة

II.3.2 نظام ذو سرعة متغيرة:

تمثل البنيتين التاليتين للتوربينات الريحية المتغيرة السرعة على الشكل التالي:

الشكل الأول (II 4) يستند اساسا على آلة متزامنة ، تعمل بسرعة متغيرة بواسطة المحولات الساكنة. ويستند الشكل على آلة متزامنة ثنائية التغذية وذات دوار ملفوف، تعمل بسرعة متغيرة عن طريق المحولات الساكنة الموجودة في دائرة الدوار [10].



الشكل II 4. توربين ذو سرعة متغيرة

II.3.3 مقارنة بين توربينات ذات السرعة الثابتة و المتغيرة:

أ- ذو السرعة الثابتة:

- بساطة النظام الكهربائي.
- رخيصة من ناحية الثمن
- موثوقة بنسبة كبيرة.
- السرعة المتغيرة ($\pm 30\%$ من السرعة الاسمية).

ب- ذو السرعة المتغيرة:

- زيادة مردود الطاقة .
- خفض ذبذبات العزم في قطار الاستطاعة.
- إنقاص الجهود المبذولة في قطار الاستطاعة.
- توليد استطاعة كهربائية ذو نوعية أفضل. [8]

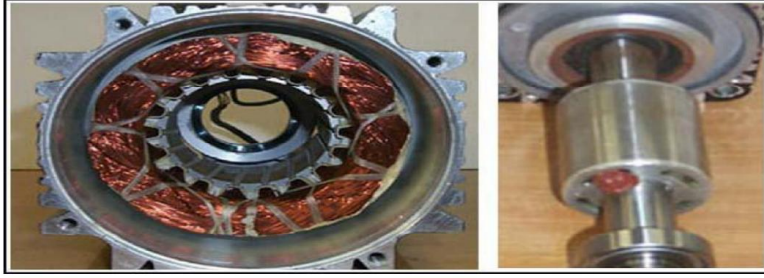
II.4. مختلف الانظمة المستعملة في تشغيل طاقة الرياح:

II.4.1. نظام يستعمل المنوبات اللامتزامنة:

يستخدم مولد التحفيز على نطاق واسع في توربينات الرياح ذات الاستطاعة المتوسطة والعالية بسبب صلابتها وبساطتها الميكانيكية وتكلفتها المنخفضة. وتوجد العديد من الأنواع من بينها MADA , MASDS ومن عيوبه الرئيسية استهلاك تيار رد الفعل (réactif) في الجزء الساكن من المولد [3] .

II.4.2. نظام يستعمل المنوبات المتزامنة:

يتميز المولد المتزامن على المولد غير المتزامن في عدم وجود تيار رد فعل حيث يتم الحصول على المجال المغناطيسي للمولد المتزامن بواسطة المغناطيس أو عن طريق وشيعة ممغنطة. إذا لدى المولد عدد كاف من الأقطاب ، ويمكن استخدامه من أجل تطبيقات الحركة المباشرة التي لا تتطلب علبه تغيير السرعات. ومع ذلك فإن المولد المتزامن أكثر ملائمة للاتصال غير المباشر بالطاقة من خلال محول ثابت ، مما يسمح بتشغيل سرعة متغير. بالنسبة للمحطات الصغيرة لتوليد الكهرباء فإن مولد المغناطيس الدائم (GSAP) هو أكثر بساطة و أقل تكلفة. و يقارب 20 كيلوواط (تقريباً) ، و إن المولد المتزامن أكثر تكلفة وتعقيداً من المولد اللامتزامن بحجم مكافئ له. [3]



الشكل II .5. الساكن والدوار للمنوبة المتزامنة ذات المغناطيس الدائم

II.3.4. طريقة عمل المنوبة المتزامنة ذات المغناطيس الدائم:

يعمل محفز المولد المتزامن ميكانيكيا على إنشاء حقل التوزيع المكاني المتغير في ملفات الساكن. وتسبب القوة الكهرومغناطيسية (f.e.m) المستحدثة في هذه اللفات دوران التيارات المستحدثة التي تخلق بدورها حقل دوران في فجوة الهواء ، والتي تدور بنفس سرعة . [12]

II.4.4. إيجابيات المنوبة المتزامنة ذات المغناطيس الدائم:

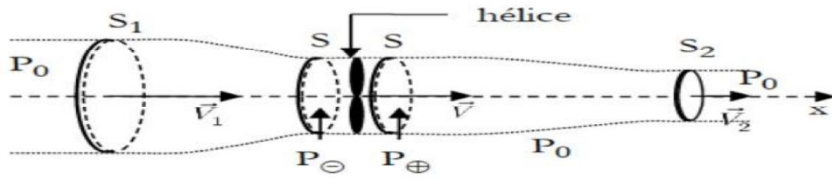
بالمقارنة مع الآلة اللامتزامنة وذات التيار المستمر تتمتع الآلة المتزامنة ذات المغناطيس الدائمة بالمزايا الرئيسية التالية:

- الصلابة بلا منازع مقارنة بآلة العاصمة.
- زيادة الثابت الزمني الحراري والموثوقية مع إزالة balais و bagues .
- معامل الاستطاعة والمردود مرتفع جدا مقارنة بالآلة اللامتزامنة.
- هذه البنية تعطي الآلة ميزة تقليل الأبعاد وبالتالي تقليل القصور الذاتي ، مما يزيد من موثوقيتها وكثافة الطاقة لها.
- استخدام المغناطيس الدائم للدوار يزيل ضياع الكهرباء في دارة الدوار.
- لديه عزم محرك عالي عند بدء التشغيل .
- يسمح بالاستغناء عن مضاعف السرعة لأنظمة طاقة الرياح.
- تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة ميكانيكية . [11]

5.II. نمذجة طاقة الرياح :

1.5.II. قانون BETZ :

تم إنشاء نظرية محرك الرياح ذات المحور الأفقي بواسطة BETZ. يفترض أن يتم وضع محرك الرياح في هواء متحرك إلى ما لا نهاية في اتجاه التيار بسرعة V_1 وإلى ما لا نهاية في اتجاه مجرى النهر بسرعة V



الشكل 6.II. أنبوب تدفق الهواء حول توربين هوائي

في الشكل (6.II) يمكننا كتابة مبدأ عدم ضغط الهواء المتدفق:

$$S_1 V_1 = S V = S_2 V_2 \dots \dots \dots (1.II)$$

وفقًا لنظرية أويلر ، يتم إعطاء القوة التي يمارسها الهواء على مولد الرياح عبر :

$$F = \rho . S . V (V_1 - V_2) \dots \dots \dots (2.II)$$

ومن ثم الطاقة التي يمتصها مولد الرياح: [7]

$$P_{aero} = F . V = \rho . S . V^2 (V_1 - V_2) \dots \dots \dots (3.II)$$

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2} \dots \dots \dots (4.II) \quad \text{مع الأخذ :}$$

$$P_{aero} = \frac{1}{2} \rho . S . V (V_1^2 - V_2^2) \dots \dots \dots (5.II) \quad \text{بتعويض نحصل :}$$

ستعبر الرياح غير المضطربة نظريًا على نفس السطح S دون انخفاض السرعة وهي هي سرعة القوة المقابلة (الميكانيكية النظرية) ستكون عندئذ:

الفصل الثاني : تركيب ونمذجة نظام طاقة الرياح

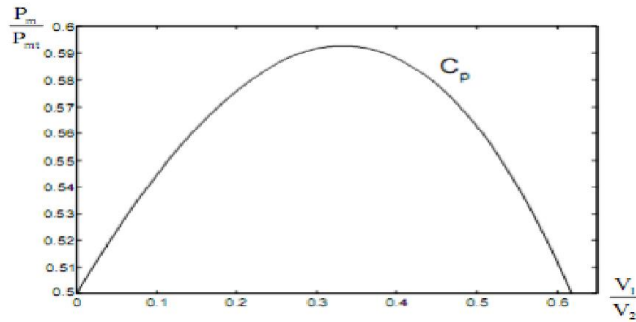
$$P_{mt} = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_1^3 \dots\dots\dots(6.II)$$

نحدد النسبة بين القوتين C_p ، الطاقة المستخرجة من الرياح وتلك متاح نظرياً بواسطة معامل الطاقة: [7]

$$C_p = \frac{P_{aero}}{P_{mt}} = \frac{\left(1 + \frac{V_1}{V_2}\right) \cdot \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2\right)}{2} \dots\dots\dots(.7.II)$$

هذا المعامل له حد أقصى 0.59. هذا هو الحد النظري يسمى حد BETZ الذي يحدد الطاقة القصوى القابلة

للاستخراج لسرعة رياح معينة. [6]

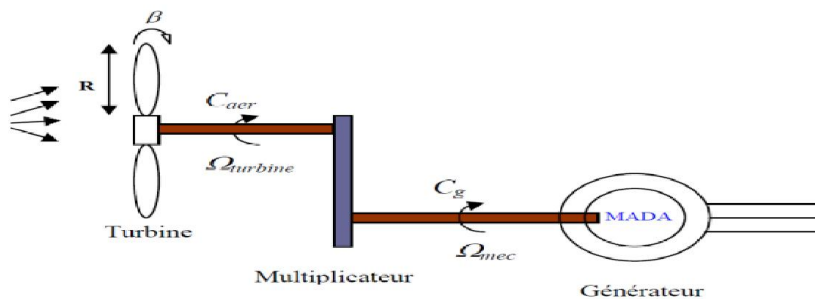


الشكل 7.II. تغيرات معامل القدرة

6.II. تركيب توربينات الرياح:

تلتقط توربينات الرياح الطاقة الحركية للرياح وتحولها إلى عزم دوران شفرات الدوار. هناك ثلاثة عوامل تحدد

العلاقة بين طاقة الرياح وطاقة الميكانيكية بواسطة الدوار: كثافة الهواء وسرعة الرياح. [3]



الشكل 8.II. مخطط نموذج التوربينات.

1.6 معامل القدرة Cp :

التغيير في معامل القدرة هو البيانات الخاصة بكل توربين رياح ، من القراءات التي أجريت على توربينات الرياح

حيث كان التعبير عن معامل القدرة تقريبياً ، لهذا النوع من التوربينات ، Cp المعطى التالي: [4]

$$C_p = P / P_{av} \dots\dots\dots(8.II)$$

حيث ان Cp معامل القدرة P_{av} قدره المتاحة (power Available) وتحسب من المعادله التاليه:

$$P_{av} = 0.593 \rho V^3 / 2 A_{pr} \dots\dots(9.II)$$

حيث ان 0.593 معامل بيتز للتوربينات الرياح (ρ) كثافة الهواء عند ظروف المختبر A_{pr} مساحه مسقط الريشه

وتحسب من المعادله التاليه:

$$A_{pr} = b. r_t \dots\dots\dots(10.II)$$

وهناك طريقة أخرى لحساب القدرة عن طريق حساب سرعة كما هو موضح في المثال التالي: [12]

$$C_p = f(\lambda, \beta) = C_1 \left[\left(\frac{C_2}{\lambda_i} \right) - C_3 * \beta - C_4 \right] * e^{\left(\frac{C_5}{\lambda_i} \right)} + C_6 * \lambda \dots\dots\dots 11.II$$

C₁=0.5176; c₂=116; c₃=0.4 ; c₄=5 ; c₅=21 ; c₆=0.0068 مع:

$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0.08 * \beta} - \frac{0.035}{\beta^3 + 1} \dots\dots\dots(12.II)$$

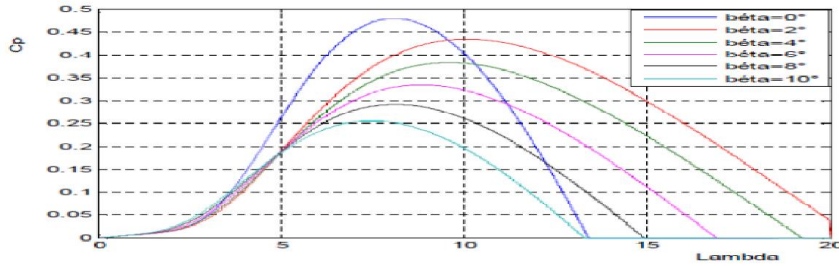
يتم تعريف نسبة السرعة على أنها النسبة بين السرعة الخطية للشفرات وسرعة الرياح: [4]

الفصل الثاني : تركيب ونمذجة نظام طاقة الرياح

$$\lambda = \frac{\Omega_t * R}{v} \dots \dots \dots (.13.II)$$

وبالتالي كما هو موضح في الشكل (9.I) ، يمكن ملاحظة أن ملف يتطور مع معامل القدرة على شكل جرس ، والحد الأقصى لهذا المعامل ($C_p = 0.48$) حيث تم الوصول إلى قيمة النسبة المتقدمة $\lambda = 8.2$ ، وزاوية اتجاه الريش β .

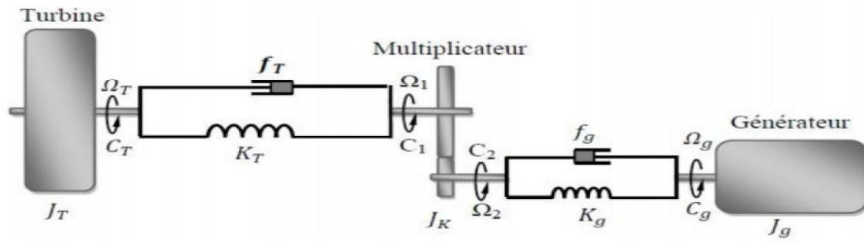
بهذه القيمة ، يعمل التوربين بأقصى كفاءة نظرية. في ما يلي من عملنا سيتم تطوير ترتيب معدّل للوصول إلى هذه النقطة عملية. [5]



الشكل 9.II. معامل القدرة Cp كدالة ل λ و β . [5]

II.2.6. المعادلة الديناميكية للتوربين:

ما يجب تصميمه هو نقل عزم الدوران والقوة التي تم التقاطها بواسطة دوار الرياح. يتكون قطار نقل الطاقة من الشفرات المتصلة بالمحور ، مقترناً بالعمود البطيء ، متصلاً بدوره بالمضاعف الذي يضاعف سرعة دورانه العمود السريع الذي يقترن بدوره بالمولد. [1]



الشكل 10.II. نموذج التوربين. [8]

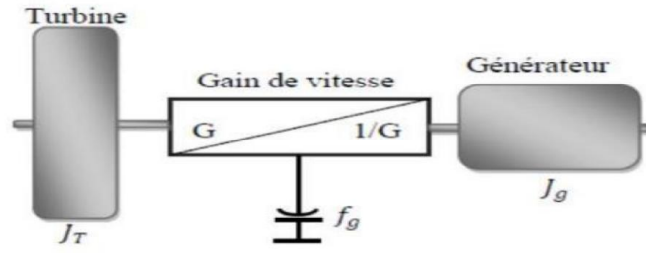
يتم عرض النموذج المكافئ ثلاثي الكتلة لسلسلة تحويل توربينات الرياح. تتوافق الكتل مع كتلة كبيرة من دوار توربينات الرياح (90% من العزم الكلي للقصور الذاتي)، وكتلة المضاعف (2 إلى 4%)، والكتلة (6 إلى 8%) للمولد على التوالي [9، 10]. مع مراعاة معاملات المرونة والاحتكاك بين العمودين [8]، مما يسمح لنا بطرح الفرضيات .

3.6.II تبسيط الافتراضات:

- التوربين له ثلاث ريش طول R_T كل وحدة، يفترض أن تكون متطابقة، تعلق على المحور. يمكن اعتبار الكل كتلة واحدة من a القصور الذاتي J_T .

- القصور الذاتي لمضاعف السرعة لا يكاد يذكر مقارنة بالتوربين و المولد، والذي يسمح لنا أن نعتبر معدل سرعة يساوي G أو كسب عزم يساوي $G / 1$. [7]

- أعمدة النقل صلبة تمامًا. هذه الافتراضات تسمح لنا بوضع النموذج المبسط ثنائي الكتلة.



الشكل II.11. نموذج مبسط للتوربين. [9]

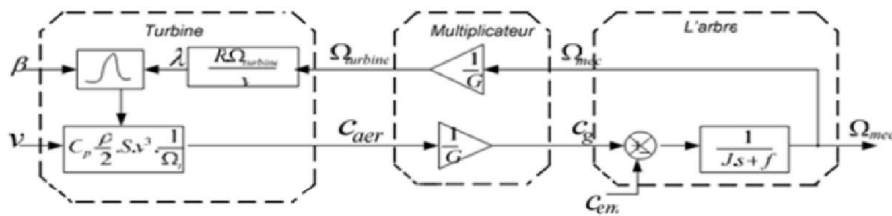
$$\frac{G_T}{G} - C_g = \left(\frac{J_T}{G^2} + J_g\right) \cdot \frac{d\Omega_g}{dt} + \left(\frac{f_T}{G^2} + f_g\right) \cdot \Omega_g \dots \dots \dots (14.II)$$

مع العلم ان : $\frac{J_T}{G^2} + J_g = J$ و $\frac{f_T}{G^2} + f_g = f$

ومن ثم ، تصبح المعادلة الميكانيكية: [9]

$$\frac{C_T}{G} - C_g = J \cdot \frac{d\Omega_g}{dt} + f \cdot \Omega_g \dots \dots \dots (15.II)$$

وبالتالي ، يمكننا إنشاء نموذج التوربين الذي تم تقديم مخطط الكتلة الخاص به على الشكل أدناه:



الشكل II.12. نمذجة الجزء الميكانيكي من توربينات الرياح. [9]

7.II. خاتمة :

في هذا الفصل ، تم التعرف على المكونات الأساسية لتوربينات الرياح الأفقية التي هي أكثر استعمالا في وقتنا

الحاضر كما تم التطرق الى مختلف طرق الاستغلال هذه الطاقة إضافة الى الأنظمة المعتمد عليها في تشغيل هذه

الطاقة وتم في الأخير التعرف على تركيب ونمذجة طاقة الرياح .

[1]S. Lazaar, mémoire de Magister « Contribution à l'étude d'une station éolienne pour la production de l'électricité. Application aux sites de Tlemcen, Djelfa et Ghardaïa » Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, Unité de Recherche Matériaux et Energies Renouvelable URMER Tlemcen.2009.

[2]KHECHAB Bachir ; Mémoire de Magister ; Etude et modélisation d'un système éolien à base d'une génératrice asynchrone à double alimentation GADA dans la région d'Adrar ; UNIVERSITE AFRICAINE AHMED DRAIA ADRAR ;2015.

[3]M. Sathyajith, Wind Energy. Fundamentals, Resource Analysis and Economics Inde.2006,

[4]RIOLET Emmanuel « Le mini-éolien » ; livre ; 2010.

[5]Justus, C.G., W.R Hargraves., A. Mikhail and D. Graber, « Methods for estimating wind speed frequency distributions ». J. Appl. Meteor. 17, 350 – 553. 1978.

[6]Gokcek M, Bayulken A, Bekdemir S, « Investigation of wind characteristics and wind energy potential in Kirklareli, Turkey ». Renew. Energy; 32, 1739–52. 2007.

[7]REDJEM Radia ; « Etude d'une chaine de conversion d'énergie éolienne; « mémoire de fin d'étude ; université mentouri de Constantine ; 2009.

[8] B. Mohammed, « Étude et conception du montage d'une ferme éolienne dans un milieu salarien (centrale KABERTENE-ADRAR) », mémoire de master en physique energetique , Université d'Adrar ,2015.

[9]T. Goyne, Y. Plays, P. Lepourry, and J. Besse, Initiation à l'aéronautique, 6^{ème} ed.:Cepadues, Collection Fact, 2010 .

[10] R. Melicio, V.M.F. Mendes, J.P.S. Catalao, « Computer simulation of wind power systems: Power Electronics and Transient Stability Analysis », International Conference on Power System Transients (IPST 2009), Kyoto, Japan, 2009.

[11] T. Zidelmal, « Modèle de Prédiction et de Commande de la Machine Synchrone à Aimants Permanents : Application dans les

Aérogénérateurs », mémoire d'ingénieur d'état, Université du Québec, Canada, 2015.

[12] V. Courtesuisse, «supervision d'une centrale multi sources à base d'éoliennes et de stockage d'énergie connectée au réseau électrique» thèse de doctorat en génie électrique, Ecole nationale d'Arts en métiers, Paris, France, 2008.

الفصل الثالث

تحجيم أبعاد نظام طاقة الرياح لمزرعة في منطقة
الدرار

1.III مقدمة:

ان العلم الحديث يسعى من اجل توفير تقنية اقل تكلفة وذو انتاج عالي من ناحية الطاقة وخاصة في مناطق المعزولة ومناطق الظل . فماهي ابعاد هذه التقنية وكيف يتم استغلالها ؟

في هذا الفصل سيتم التعرف على ابعاد نظام طاقة الرياح ومختلف مراحلها كما سيتم التطرق الى إمكانيات الرياح لتتطرق في الأخير الى كيفية تطبيق وتركيب مزرعة رياح في موقع ادرار.

2.III. ابعاد نظام طاقة رياح :

في مختلف مجالات الميكانيكا ، فإن تحديد الأبعاد هو الخطوة التي تتمثل في إعطاء الأبعاد المادية الأنسب لشيء ما مع مراعاة الجوانب التقنية أو الاقتصادية أو التنظيمية الخاصة (إلخ) [16].

1.2.III. طريقة معدل سرعة الرياح:

وهي من ابسط الطرق ويحسب معدل السرعة فيه باستخدام المعادلة الآتية:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \dots\dots\dots(1.III)$$

$\sum_{i=1}^n V_i$ = مجموع كل سرع الرياح المقاسة

= n عدد القراءات المقاسة

الفصل الثالث تحجيم أبعاد نظام محطة طاقة رياح لمزرعة في منطقة أدرار

III.2.2. طريقة معدل سرعة الطاقة:

تناسب القدرة المنتجة طرديا مع مكعب سرعة الرياح، لذا يعتمد في تحديد سرع الرياح الملائمة على معدل سرعة الطاقة كما يأتي [20]:

$$\dots \bar{V}_E = \left(\frac{\sum_{i=1}^n V_i^3}{n} \right)^{1/3} \dots \dots \dots (2.III)$$

ولفهم الفرق بين الطريقتين السابقتين في تحديد الكمية الحقيقية لطاقة الرياح المنتجة نأخذ مجموعة من القراءات المقاسة خلال ساعة بمعدل قراءة واحدة لكل 10 دقائق اذ تعتمد كثافة الهواء مساوية عند حساب القدرة المنتجة لكل متر مربع وفق المعادلة الاتية:

$$\dots \frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3 \dots \dots \dots (3.III)$$

فعند الاعتماد على طريقة معدل سرعة الرياح تكون قيمة القدرة المنتجة تساوي:

$$\dots \frac{P}{A} = \frac{1}{2} * 1.24 * 6.45^3 = 166.37 \text{ W/m}^2 \dots \dots \dots (4.III)$$

وعند الاعتماد على طريقة معدل سرعة الطاقة، اذ تحسب الطاقة المنتجة لكل قراءة ومن ثم يؤخذ معدل القراءات الناتجة، تكون قيمة الطاقة المنتجة 167 W/m^2 اي ان معدل الانحراف بين الطريقتين حوالي 20% ولهذا يعتمد عادة على طريقة معدل سرعة الطاقة [12].

III.2.3. نموذج توزيع ويبل (*Weibull distribution model*):

طورت نماذج رياضية خاصة لتحديد احتمالية توفر الرياح بسرور أعلى من سرعة محددة ، ومن أهم هذه النماذج هو نموذج توزيع ويبل، اذ يعطي هذا النموذج احتمالية وجود الرياح بسرعة أعلى من سرعة محددة عندما يكون معدل السرور *Mean wind velocity* معلوما كما في المعادلة الآتية [24]:

$$P(V_i > V) = e^{-(V/C_r)^{K_r}} \dots\dots\dots(5.III)$$

اذن :

الاحتمالية = $P(V_i > V)$

$$K_r = 1.09 + 0.2 * V$$

$$C_r = \frac{\bar{V}}{\Gamma(1 + \frac{1}{K_r})}$$

Γ = Gamma function

III.2.4. طرق مبسطة (بديهية) :

يتم إجراء حساب مبسط لحجم النظام دون إنشاء أي علاقة بين الأنظمة الفرعية المختلفة أو مراعاة فرصة طبيعة سرعة الرياح. أحد الأساليب الأكثر استخدامًا هو طريقة "الشهر السيئ". سبب هذه الطريقة هو أنه إذا نجح هذا الشهر ستعمل لبقية العام [27]. بناءً على الخطوات التالية

- تحديد احتياجات المستخدم (تقدير الاستهلاك).

- تكلفة طاقة الرياح القابلة للاسترداد حسب الموقع والوضع جغرافيًا (تقدير طاقة الرياح المستلمة).
- تعريف وحدات طاقة الرياح (تحجيم المولد).
- اختيار منظم (تحجيم منظم الشحن / التفريغ).
- تقدير تكلفة النظام [10]

3.III. مراحل البعد :

1.3.III. استهلاك الطاقة للاستخدام أو الحمل:

يتطلب النظام المكثف جيدًا تقييم الطاقة الكهربائية للتطبيقات المراد توفيرها. يتم التعبير عن الطاقة اللازمة بواسطة

$$Ec = P \times t \quad \dots \dots (6.III) \quad :$$

وبالتالي ، فإن الطاقة E هي الطاقة الكهربائية المستهلكة في غضون 24 ساعة بواسطة التطبيق ويتم التعبير عنها

بالواط / ساعة يوميًا (Wh / d) ويسمى أيضًا الاستهلاك اليومي.

لحساب الاستهلاك الإجمالي للتركيب ، نحسب أولاً الطاقة الكهربائية المستهلكة في غضون 24 ساعة بواسطة كل

جهاز أو كل وظيفة كهربائية ومن تم يتم التعبير عنها بواسطة: [23]

$$Et = \sum Pi \times Ti \dots \dots \dots (7.III)$$

عندما تعمل جميع الأجهزة بنفس الجهد ، يمكن أن يكون الاستهلاك اليومي أيضًا بالأمبير - ساعة في اليوم $(Ah /)$

(d) ، وهي وحدة عملية لجميع الأنظمة المرتبطة بالبطارية.

الفصل الثالث تحجيم أبعاد نظام محطة طاقة رياح لمزرعة في منطقة أدرار

نظرًا لأن هذا الجهاز يعمل في الوضع المتناوب ويمر استهلاك الطاقة عبر العاكس ، فمن الضروري مراعاة كفاءة

العاكس لتقييم الطاقة المطلوبة ، ثم نكتب: الطاقة المصححة = طاقة الأجهزة المراد توفيرها × كفاءة العاكس. [15]

4.III. إمكانات الرياح:

تتميز إمكانات الرياح بتحديد مقادير مختلفة مثل متوسط سرعة الرياح ومتوسط كثافة الطاقة ومتوسط كثافة

الطاقة [8].

1.4.III متوسط السرعة:

يتم حساب متوسط سرعة الرياح من تكامل حاصل ضرب السرعة الرياح ووظيفة توزيع وايبول. هو مكتوب في

العلاقة التالية [9]:

$$v_m = \int_0^{\infty} v f(v) dv \dots \dots \dots (8.III)$$

تكامل المعادلة (8.III) ، يقدم وظيفة جاما. إذن السرعة تعطى بالعلاقة :

$$v_m = A. \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \text{ m/s} \dots \dots \dots (9.III)$$

2.4.III متوسط كثافة الطاقة:

كثافة طاقة الرياح هي مقدار الطاقة التي تنتجها الرياح في قوة الرياح ويُعطى بالعلاقة التالية [5]:

$$P(v) = \frac{1}{2} \rho. S. V^3 \quad [W] \dots (10.III)$$

لكل وحدة مساحة نحصل على كثافة الطاقة للموقع الذي يتم توفيره بواسطة العلاقة التالية [22]:

$$P(v) = \frac{1}{2} \rho \cdot V^3 \quad [W/m^2] \dots\dots(11.III)$$

من خلال الاستبدال من العلاقة المعطاة ، نحصل على [2]:

$$P(v) = \frac{1}{2} \rho \left(A \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \right)^3 \quad [W/m^2] \dots\dots\dots(12.III)$$

$$P(v) = \frac{1}{2} \rho \cdot A^3 \cdot \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right) \quad [W/m^2]: \text{وبالتالي}$$

3.4.III. متوسط كثافة الطاقة:

كثافة الطاقة يساوي متوسط كثافة الطاقة مضروبًا في وحدة زمنية و تعطى بالعلاقة التالية : [18]

$$E_{(m)} = P(v) \cdot T \quad [Wh/m^2] \dots\dots\dots(13.III)$$

من خلال الاستطاعة لمتوسط كثافة الطاقة نحصل على [18.19]:

$$E_{(m)} = \frac{1}{2} \rho \cdot A^3 \cdot \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right) \cdot T \quad [Wh/m^2] \dots\dots\dots(14.III)$$

T هو عدد الساعات المدرجة في عدد الأيام في الفترة محددة ، تساوي $d \times 24$. مع d عدد الأيام.

من أجل تقييم إمكانات الرياح عند دخول الجناح ، سيتعين علينا الاتصال استقراء عمودي لسرعة الرياح [1].

III.5. الاستقراء العمودي لسرعة الرياح:

هناك العديد من القوانين للاستقراء الرأسي لسرعة الرياح وهي تستخدم لتحديد سرعة الرياح عند مستوى مختلف عن نقطة القياس. لإيجاد سرعة الرياح عند مستوى مختلف عن نقطة القياس ، نتابع في كثير من الأحيان إلى الاستقراء الرأسي لبيانات الرياح. هناك نوعان من قوانين الاستقراء الرأسي لسرعة الرياح واللوغاريتمية وقانون قوة [3،8].

III.5.1. القانون اللوغاريتمي:

يعتمد القانون اللوغاريتمي فقط على طول الخشونة Z_0 وهو صالح لملف جانبي قريب من الأرض ، على ارتفاع أقل من 50 m ، نسبياً أبطاق. هو مكتوب على النحو التالي [6]:

$$V_2 = V_1 \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)} \quad [m/s] \dots\dots\dots(15.III)$$

III.5.2. قانون القوة:

يمكن إجراء الاستقراء الرأسي لسرعة الرياح في محور القوة ، حيث يعتمد قانون القوة الذي تقدمه المعادلة فقط على الأس الذي يمثل أسس الاحتكاك، و يعطى بالعلاقة التالية : [11]

$$V_2 = V_1 \left(\frac{z_2}{z_1}\right)^\alpha \quad [m/s] \dots\dots\dots(16.III)$$

الفصل الثالث تحجيم أبعاد نظام محطة طاقة رياح لمزرعة في منطقة أدرار

سرعة الرياح في الارتفاع والسرعة في الارتفاع هي معامل الاحتكاك الذي يعتمد على سرعة الرياح وارتفاع القياس. ويختلف من مكان إلى آخر وبالأخص حسب خشونة التضاريس [15]. حولها 7/1 للتضاريس المفتوحة والمسطحة ، 2/1 في وسط المدن الكبيرة [7].

تم تلخيص قيم معامل الاحتكاك في الجدول III.1، في حسب نوع التضاريس وخشونتها ، حيث يختلف الأس من 0.1 إلى أرض مستوية 0.4 للمناطق الحضرية [4].

الجدول III.1. قيم معامل الاحتكاك لأنواع مختلفة من الأرض [2]

معامل الاحتكاك α	نوع الأرض
0.10	البحيرات والمحيطات والتضاريس الناعمة
0.15	المراعي
0.20	المحاصيل الطويلة مع التحوط والشجيرات
0.25	أرض مشجرة بكثافة
0.30	المدن الصغيرة بالأشجار والشجيرات
0.40	المناطق الحضرية مع ناطحات السحاب

III.6. الطاقة التي تنتجها توربينات الرياح:

الطاقة التي تنتجها توربينات الرياح أقل من إجمالي طاقة الرياح المتاحة في موقع معين. يمكن حساب طاقة الرياح المستخرجة وفقاً لعدد الساعات في فترة T من خلال العلاقة التالية [13]:

$$E = P_m \cdot T \quad [Wh] \dots\dots\dots(17.III)$$

T هو وقت الإنتاج المحدد بواسطة [14]:

$$T = d \times 24 \quad [h] \dots\dots\dots(18.III)$$

d ويمثل عدد الأيام.

بالإضافة إلى حساب الطاقة السنوية وكذلك الطاقة الشهرية والموسمية أنتجت بالعلاقات التالية [17.13]:

$$E = \sum_{i=1}^{12} E_m = \sum_{i=1}^4 E_s \quad [Wh] \dots\dots\dots(19.III)$$

$$E_m = 24 \times d_m \times P_{moy} \quad [Wh/m^2/mois]$$

$$E_s = 24 \times d_s \times P_{moy} \quad [Wh/m^2/saison]$$

مع: d_s عدد الأيام في الشهر. و d_m عدد الأيام في الموسم. و P_{moy} : متوسط القوة التي تحددها العلاقة التالية [21]:

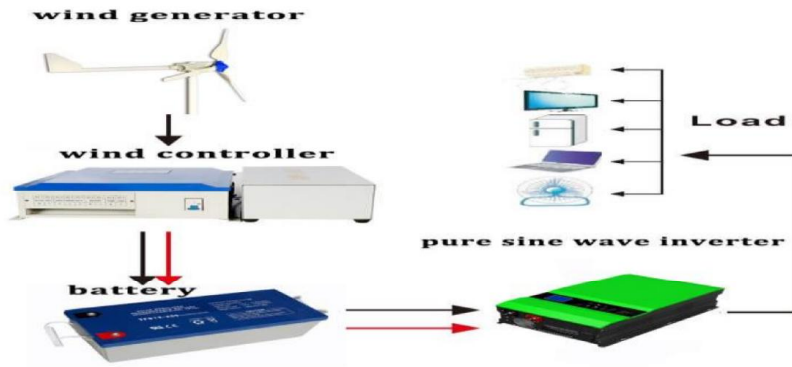
$$P_m = C_f \cdot P_n \quad [W] \dots\dots\dots(.20.III)$$

يمكن تقدير عامل السعة وفقاً لمعامل *Weibull* وسرعات التشغيل المختلفة لتوربينات الرياح (البداية ، الاسمية ، والتوقف). تعطى بالصيغة التالية [2,25]:

$$C_f = \left[\frac{e^{-\left(\frac{V_D}{A}\right)^K} - e^{-\left(\frac{V_N}{A}\right)^K}}{\left(\frac{V_N}{A}\right)^K - \left(\frac{V_D}{A}\right)^K} - e^{-\left(\frac{V_A}{A}\right)^K} \right] \dots\dots\dots(.21.III)$$

7.III. تطبيق مزرعة رياح في موقع أدرار:

لفهم أفضل للخطوات المفيدة في تحديد حجم التركيب لطاقة الرياح نقترح تقديم طلب في المزرعة: يوضح الشكل 1.III. العناصر المختلفة لتركيب طاقة الرياح [26].



الشكل III.1. العناصر المختلفة لتكوين طاقة الرياح.

III.1.7. استهلاك الطاقة من الاستخدام أو الحمل :

يتم اولا تحديد متوسط الطاقة المطلوبة لكل جهاز.

III.2. الجداول. متوسط طاقة كل جهاز.

القوة	جهاز
85w	مصباح
150w	مضخة
105w	ثلاجة
120w+25w	جهاز تلفاز + مستقبل رقمي
800w	مكيف هوائي
45w	مروحية

ملاحظة :

تقدير الخسائر الكهربائية ليست كل الطاقة التي تنتجها الوحدات متاحة للأحمال (المصابيح) ، فبعضها يتم تبديده

بواسطة الكابلات والبطاريات ومنظمات الشحن 0.85.

الفصل الثالث تحجيم أبعاد نظام محطة طاقة رياح لمزرعة في منطقة أدرار

III.1.1.7. متوسط استهلاك المنزل في كل موسم:

1. متوسط الاستهلاك اليومي (الشتاء):

يمثل الجدول III.3. متوسط استهلاك اليومي لفصل الشتاء حيث إجمالي الاستهلاك يقدر بـ Wh/j 11080.

الجدول III.3. متوسط استهلاك اليومي لفصل الشتاء.

الطاقة (Wh/j)	الوقت (h)	القوة (w)	العدد	الجهاز
6800	8	85	10	مصباح
600	4	150	1	مضخة
2520	24	105	1	ثلاجة
1160	4	25+120	2	جهاز تلفاز + مستقبل رقمي
11080(Wh/j)	اجمالي الطاقة (Wh/j)			

2. متوسط الاستهلاك اليومي (الصيف):

يوضح الجدول III.4. متوسط استهلاك اليومي لفصل الصيف حيث ان هذا الفصل يختلف نوعا عن الفصول الأخرى وذلك لان به نسبة استهلاك الكهرباء عالية جدا مقارنة بباقي الفصول وتقدر هذه النسبة wh/j 18590

الجدول III.4. متوسط استهلاك اليومي لفصل الصيف.

الطاقة (Wh/j)	الوقت (h)	القوة (w)	العدد	الجهاز
5950	10	85	7	مصباح
600	4	150	1	مضخة
2520	24	105	1	ثلاجة
1160	4	25+120	2	جهاز تلفاز + مستقبل رقمي
8000	5	800	2	مكيف هوائي
360	4	45	2	مروحية
18590(Wh/j)	اجمالي الطاقة (Wh/j)			

الفصل الثالث تحجيم أبعاد نظام محطة طاقة رياح لمزرعة في منطقة أدرار

3. متوسط الاستهلاك اليومي (الربيع):

يمثل الجدول 5.III. متوسط الاستهلاك اليومي لفصل الربيع حيث نلاحظ ان في هذا الفصل نقص استعمال بعض

الأجهزة مثل مكيف الهوائي وهذا يؤثر إيجابا على اقتصادية واستهلاك المزرعة .

الجدول 5.III. متوسط استهلاك اليومي لفصل الربيع.

الطاقة ($\overline{Wh/j}$)	القوة (w)	الوقت (h)	العدد	الجهاز
4165	85	7	7	مصباح
2520	105	24	1	ثلاجة
1160	25+120	4	2	جهاز تلفاز+ مستقبل
600	150	4	1	مضخة
(Wh/j) 8445	اجمالي الطاقة (Wh/j)			

4. متوسط الاستهلاك اليومي (الخريف):

الجدول 6.III. متوسط استهلاك اليومي لفصل الخريف.

الطاقة ($\overline{Wh/j}$)	القوة (w)	الوقت (h)	العدد	الجهاز
4165	85	7	7	مصباح
2520	105	24	1	ثلاجة
1160	25+120	4	2	جهاز تلفاز+ مستقبل
450	150	3	1	مضخة
(Wh/j) 8295	اجمالي الطاقة (Wh/j)			

الفصل الثالث تحجيم أبعاد نظام محطة طاقة رياح لمزرعة في منطقة أدرار

III.2.7. تحجيم المولد :

تعمل المصابيح المتوفرة في السوق إما بالتناوب أو المستمر ولكن بجهد أقل من 24 فولت.

من أجل تجنب إضافة محولات تزيد من الاستهلاك ، و تكاليف التركيب ، فمن الحكمة تقسيم المستهلكين إلى فئتين، تلك التي تعمل باستمرار وتلك التي تعمل في التيار المتردد. ثم ننتقل إلى تحديد حجم كل منهم. تم توثيق احتياجاتهم في الجداول التالية:

الجدول III.7. متوسط استهلاك اليومي لفصل الصيف بتصحيح العائد

الجهاز	العدد	القوة (w)	الوقت (h)	الطاقة (Wh/j)	عائد التحويل	طاقة مصححة بالعائد
مصباح	7	85	10	5950	0.85	5057.5
مضخة	1	150	4	600	0.85	510
ثلاجة	1	105	24	2520	0.85	2142
جهاز تلفاز + مستقبل رقمي	2	25+120	4	1160	0.85	986
مكيف هوائي	2	800	5	8000	0.85	6800
مروحية	2	45	4	360	0.85	306
			اجمالي الطاقة (Wh/j)	18590 (Wh/j)	0.85	Wh/j 15801.5

الجدول III.8. متوسط استهلاك اليومي لفصل الخريف بتصحيح العائد

الجهاز	العدد	القوة (w)	الوقت (h)	الطاقة (Wh/j)	عائد التحويل	طاقة مصححة بالعائد
مصباح	7	85	7	4165	0.85	3540.25
ثلاجة	1	105	24	2520	0.85	2142
جهاز تلفاز + مستقبل	2	25+120	4	1160	0.85	986
مضخة	1	150	3	450	0.85	382.5
			اجمالي الطاقة	8295 (Wh/j)	0.85	7050.25 wh/j

الفصل الثالث تحجيم أبعاد نظام محطة طاقة رياح لمزرعة في منطقة أدرار

الجدول 9.III. متوسط استهلاك اليومي لفصل الربيع بتصحيح العائد.

الجهاز	العدد	الوقت (h)	القوة (w)	الطاقة (Wh/j)	عائد التحويل	طاقة مصححة بالعائد
مصباح	7	7	85	4165	0.85	3540.25
ثلاجة	1	24	105	2520	0.85	2142
جهاز تلفاز + مستقبل	2	4	25+120	1160	0.85	986
مضخة	1	4	150	600	0.85	510
			اجمالي الطاقة	8445 (Wh/j)	0.85	7178.25 Wh/j

الجدول 10.III. متوسط استهلاك اليومي لفصل الشتاء بتصحيح العائد

الجهاز	العدد	القوة (w)	الوقت (h)	الطاقة (Wh/j)	عائد التحويل	طاقة مصححة بالعائد
مصباح	10	85	8	6800	0.85	5780
مضخة	1	150	4	600	0.85	510
ثلاجة	1	105	24	2520	0.85	2142
جهاز تلفاز + مستقبل رقمي	2	25+120	4	1160	0.85	986
			اجمالي الطاقة	11080(Wh/j)	0.85	9418 Wh/j

3.7.III. موقع الدراسة :

ولاية أدرار منطقة كبرتن

خط العرض 28.45 درجة شمالا

خط الطول -0.047 درجة غربا

درجة الحرارة المحيطة دقيقة + 5 درجة مئوية

أقصى درجة حرارة محيطية +4 [28].

III.4.7. البيانات المتولوجية:

خلال الليل : نسيم خفيف للرياح تهب من الشرق بسرعة من 14-18 كم \ ساعة

في الصباح : نسيم عليل للرياح تهب من جنوب شرق بسرعة من 18-29 كم \ ساعة

بعد الظهر : نسيم متوسط للرياح تهب من جنوب بسرعة من 11-25 كم \ ساعة.

في المساء : نسيم خفيف للرياح تهب من جنوب شرق بسرعة من 11-14 كم \ ساعة. [28].

III.8. خاتمة

في هذا الفصل الثالث قمنا بدراسة ابعاد لنظام طاقة رياح حيث تم التعرف على مختلف الابعاد وتم اختيار الطريقة

البسيطة والسهلة في الدراسة وتم وضع تطبيق لمزرعة رياح لنصل في الأخير الى استهلاك هذه المزرعة خلال الفصول

الأربعة وتحديد الابعاد المناسبة لهذه الدراسة.

المراجع

- [1] RÉTIVEAU, Jean-Louis. Analyse de données expérimentales et conception d'un générateur numérique de vitesses de vent. 2006. Thèse de doctorat. Université du Québec à Rimouski.
- [2] MOHAMMED, M. BOUDIA Sidi. Optimisation de l'évaluation temporelle du gisement énergétique éolien par simulation numérique et contribution à la réactualisation de l'Atlas des vents en Algérie. 2013. Thèse de doctorat. Université de Tlemcen.
- [3] MERZOUK, N. Kasbadji. Evaluation du Gisement Energétique Eolien- Contribution à la Détermination du Profil Vertical de la Vitesse du Vent en Algérie. 2006. Thèse de doctorat. Thèse de doctorat. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [4] données sur l'énergie éolienne sur (www.wind-data.ch) outres weibull (Le13/04/2021).

[5] BENALI OUSSAMA. Evaluation de potentiel énergétique éolien dans la région Sud-est du Sahara algérienne.2015. Mémoire de Master académique. Université Kasdi Merbah Ouargla.

[6] CHANG, Tian Pau. Performance comparison of six numerical methods in estimating Weibull parameters for wind energy application. Applied Energy, 2011, vol. 88, no 1.

[7] SEGURO, J. V. et LAMBERT, T. W. Modern estimation of the parameters of the Weibull ind speed distribution for wind energy analysis. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2000, vol. 85, no 1.

[8] KHERBA, Nabila. Estimation de la Production Electrique d'une Ferme Eolienne Application à la Région de Ténès. 2011. Thèse de doctorat. Université Hassiba Ben Bouali de Chlef.

[9] DAAOU, H. Nedjari, HADDOUCHE, S., et MERZOUK, N. Kasbadji. Amélioration de la carte des vents à partir des données interpolées. IPCWE Tlemen. Décembre 2003.

- [10] BOUDIA, Sidi Mohammed et GUERRI, Ouahiba. Investigation of wind power potential at Oran, northwest of Algeria. Energy Conversion and Management, 2015, vol. 105.
- [11] DEHMAS, Djamila Abdeslame, KHERBA, Nabila, HACENE, Fouad Boukli, et al. On the use of wind energy to power reverse osmosis desalination plant: A case study from Ténès (Algeria). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, vol. 15, no2.
- [12] TENNEKES, H. The logarithmic wind profile. Journal of the Atmospheric Sciences, 1973, vol. 30, no 2
- [13] JUSTUS, C. G. et MIKHAIL, Amir. Height variation of wind speed and wind distributions statistics. Geophysical Research Letters, 1976, vol. 3, no 5.
- [14] BOUDIA, Sidi Mohammed, BENMANSOUR, Abdelhalim, et HELLAL, Mohammed Abdellatif Tabet. Wind resource assessment in Algeria. Sustainable Cities and Society, 2016, vol. 22.
- [15] MADOUGOU, Saïdou. Étude du potentiel éolien du jet nocturne dans la zone sahélienne à partir des observations de radars profileurs de vent. 2010. Thèse de doctorat. Université Paul Sabatier–Toulouse III.

- [16] UCAR, Aynur et BALO, Figen. Evaluation of wind energy potential and electricity generation at six locations in Turkey. *Applied Energy*, 2009, vol. 86, no 10.
- [17] TCHINDA, René, KENDJIO, Joseph, KAPTOUOM, Ernest, et al. Estimation of mean wind energy available in far north Cameroon. *Energy Conversion and Management*, 2000, vol. 41, no 17.
- [18] BENCHARIF, Samir. Variation des paramètres mécaniques pour l'optimisation du rendement d'une éolienne. 2015. Thèse de maîtrise Université Mohamed Khider Biskra.
- [19] EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION. The economics of wind energy. EWEA, 2009.
- [20] BOUDIA, Sidi Mohammed, BERRACHED, Sidahmed, et BOURI, Sihem. On the Use of Wind Energy at Tlemcen, North-Western Region of Algeria. *Energy Procedia*, 2016, vol. 93.
- [21] BELABES Belkacem, GUERRI Ouahiba. Évaluation technico-économique du potentiel de l'énergie éolienne aux hauts plateaux Algérien.

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, Ghardaïa –
Algérie 13 et 14 Octobre 2014.

[22] [http://www.renac.de/fileadmin/user_upload/Download/Projects/ReG
rid/Webinar Brochure/Wind_online_brochure_frz_final_5_.pdf](http://www.renac.de/fileadmin/user_upload/Download/Projects/ReG
rid/Webinar_Brochure/Wind_online_brochure_frz_final_5_.pdf)

[23] Manwell JF, McGowan JG, Rogers AL. Wind energy explained: theory, design and application. Amherst, USA: John Wiley & Sons; 2002.

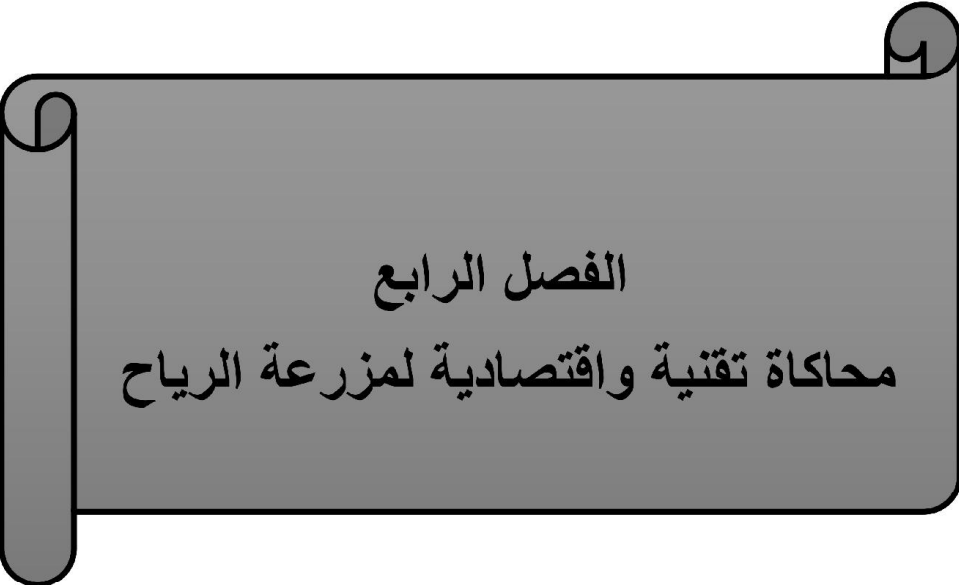
[24] Boudia-Sidi-Mohammed, Tchinda R, Kendjio J, Kaptouom E, Njomo D. Estimation of mean wind energy available in far north Cameroon. Energy Convers Manage 2000;41:1917–1929.

[25] M.R. Islam, R. Saidur, N.A. Rahim, Assessment of wind energy potentiality at Kudat and Labuan, Malaysia using Weibull distribution function, Energy 36 (2011) 985–992.

[26] A.W. Dahmouni, M. Ben Salah, F. Askri, C. Kerkeni, S. Ben Nasrallah, Assessment of wind energy potential and optimal electricity generation in Borj-Cedria, Tunisia, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 815–820.

[27] K.M. Dalalah D. Assessment of wind energy potential for selected areas in Jordan. Renewable Energy 2013 ;59 : 75-81.

[28] Ahmed Shata A.S. Hanitsch R. Evaluation of wind energy potential and electricity generation on the coast of Mediterranean Sea in Egypt. Renewable Energy 2006;31:1183-202.



الفصل الرابع
محاكاة تقنية واقتصادية لمزرعة الرياح

VI. مقدمة :

يتعلق هذا الفصل بدراسة الجوانب الفنية لمزرعة الرياح التي أقيمت في منطقة أدرار. لهذا تم تحديد أفضل موقع مؤهل لإنشاء مزرعة رياح في المنطقة ، مع الأخذ بعين الاعتبار مسبقاً ، القيود الجغرافية للأرض وإمكاناتها من الطاقة. تحقيقاً لهذه الغاية ، تم استخدام برنامج RETScreen من خلال تراكم الخرائط التي تحتوي على البيانات والمعلومات المكانية من الميدان مثل الشبكات والبنى التحتية المناطق الطبيعية ومصطنعة .. وكذلك إمكانات الرياح وهي خريطة السرعة متوسطات الرياح. ثانياً ، دراسة فنية مفصلة للإمكانات طاقة المناخ الجزئي المحدد ، من خلال معالجة وتحليل تم تنفيذ الرياح من أقرب محطة. هذا سمح بتقدير إنتاج الطاقة مع مراعاة التضاريس الخشونة والعقبات ، وأخيراً ، تحسين موقع توربينات الرياح على أساس الافتراضات فيما يتعلق تكوين المزرعة. لتنفيذ هذا العمل .

VI.2. عرض RETSCREEN إدارة الطاقة النظيفة برمجية :

برنامج إدارة الطاقة النظيفة RETscreen هو برنامج مرتبط بالطاقة النظيفة ، التي طورها حكومة كندا. كان RETscreen Expert قد قدم في وزاري الطاقة النظيفة ، الذي نظم في سان فرانسيسكو في عام 2016 . [01]

RETscreen هو نظام برمجي لإدارة الطاقة النظيفة لتحليل مشاريع الطاقة المتجددة وكفاءة التوليد المشترك للتحليل أداء الطاقة المستمر. إصدار RETscreen Expert برنامج متقدم ، متاح مجاناً في وضع العرض. [01]

VI.1.2. برنامج RETscreen :

RETscreen Expert هو أحدث إصدار من البرنامج ، وتم إطلاقه في 19 سبتمبر 2016 ، يضم العديد من قواعد البيانات ، بما في ذلك البيانات العالمية للظروف المناخية من 6700 محطة أرضية وبيانات المنتج. [02] وهو برنامج "تحليل مشروع الطاقة النظيفة". لذلك يقدم نهج موجه نحو تنفيذ المشاريع بدلاً من نهج لتحسين الأنظمة. يتم دعم RETScreen International بواسطة Canmet ENERGY of Natural Resources كندا. يحظى هذا البرنامج بشعبية كبيرة ويستخدم في أكثر من 200 دولة وأكثر من 260.000 من المستخدمين [04]. بالنسبة لهذا المشروع ، الإصدار المستخدم هو RETScreen 4 وهو متاح مجاناً.

الفصل الرابع : محاكاة تقنية و اقتصادية لمزرعة طاقة الرياح

يشتمل البرنامج أيضاً على مجموعات أدوات السياسة والحقوق المتعلقة بالطاقة النظيفة ، بالإضافة إلى مواد تدريبية متعددة الوسائط ، بما في ذلك الدليل الإلكتروني [04].

يمكن استخدامه في جميع أنحاء العالم لتقييم الإنتاج وتوفير الطاقة والتكلفة وخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الدفينة (GHG) ، ومخاطر تقنيات الطاقة المختلفة ، الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.



صورة 1.VI. لقطة شاشة لبرنامج RETScreen Expert.

2.2.VI. مجالات استخدام البرمجيات

يتم استخدامه في عدة مجالات لتبسيط حل المشاكل التقنية وبيانات الطاقة التي يمكن للبرنامج تحليلها ومن أنواع الطاقة التي يمكن للبرنامج تحليلها هي:

- الأنظمة الكهروضوئية
- مشاريع الطاقة الحرارية الأرضية العميقة
- مشاريع طاقة الرياح
- محطات الطاقة الحرارية الشمسية
- مشاريع الطاقة الكهرومائية
- أنظمة التيار البحري
- هواء مضغوط [4]

أنواع المشاريع الممكنة:

• تدابير كفاءة الطاقة

• إنتاج الكهرباء

• إنتاج الكهرباء - تقنيات متعددة

• إنتاج الحرارة

• الإنتاج البارد

• إنتاج الحرارة والكهرباء

• إنتاج الحرارة والبرودة [3]

3.2.VI. الهدف من برنامج RETscreen :

يسمح برنامج RETscreen للمتخصصين في مجال البحث وصناع القرار بتحديد الجدوى التقنية والاقتصادية لمشروع الطاقة النظيفة المحتملة وتحسينها بسرعة ، ويمكن إيجاد إمكانيات إضافية لتحقيق التوفير وإنتاج الطاقة. [3.2]

3.VI. تحديد منطقة الدراسة:

1.3.VI. وصف موقع كابيرتين:

تقع مزرعة الرياح Kabertène على بعد حوالي 80 km شمال مدينة أدرار المقامة على مساحة إجمالية قدرها 3 هكتارًا مكونة من توربين واحد للرياح ، حيث تصل طاقتها الى 0.85 ميغاوات ، تتميز المزرعة بنظام رياح يتراوح من 6 m/s حتى 11 m/s على مدار العام ، ولكن يمكن أن تتجاوز 100 km/h [3.4]

2.3.VI. الإحداثيات الجغرافية :

الإحداثيات الجغرافية للموقع موضحة في الجدول 1.VI ، في حين أن ملفها موضح في الشكل 3.VI. موقعه على الخريطة الجغرافية وكذا الشكل 2.VI. يوضح الموقع الجغرافي لمزرعة طاقة الرياح كبرت.ن.

الفصل الرابع : محاكاة تقنية و اقتصادية لمزرعة طاقة الرياح

الجدول 1.VI. الإحداثيات الجغرافية لموقع كابرنتين

التفاصيل	الاتجاه	درجة	دقيقة
N	28	27	5.611
O	0	2	50.557
خط العرض	28.4515585		
خط الطول	-0.04737710		

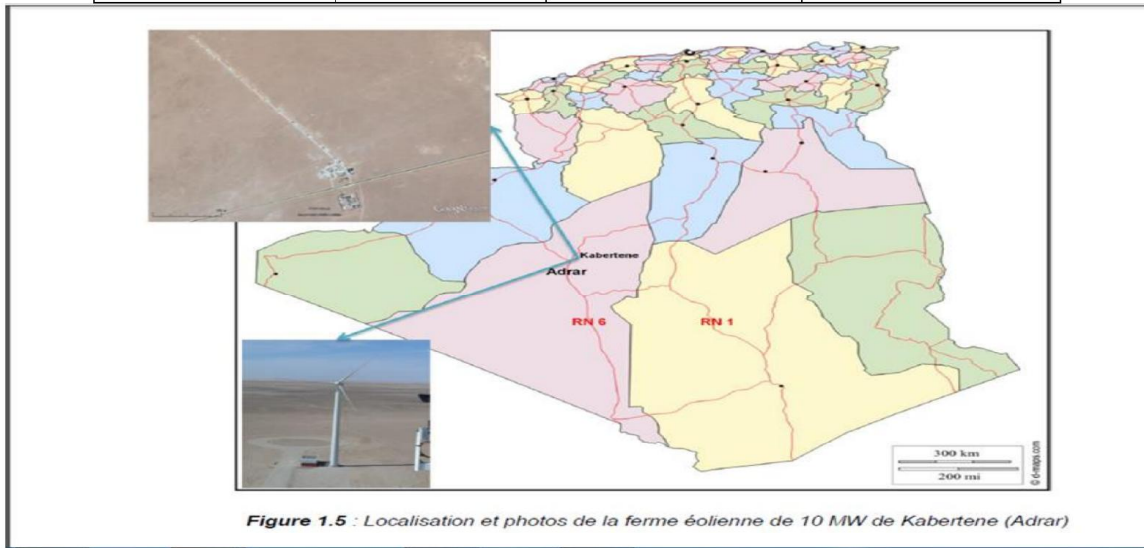


Figure 1.5 : Localisation et photos de la ferme éolienne de 10 MW de Kabertene (Adrar)

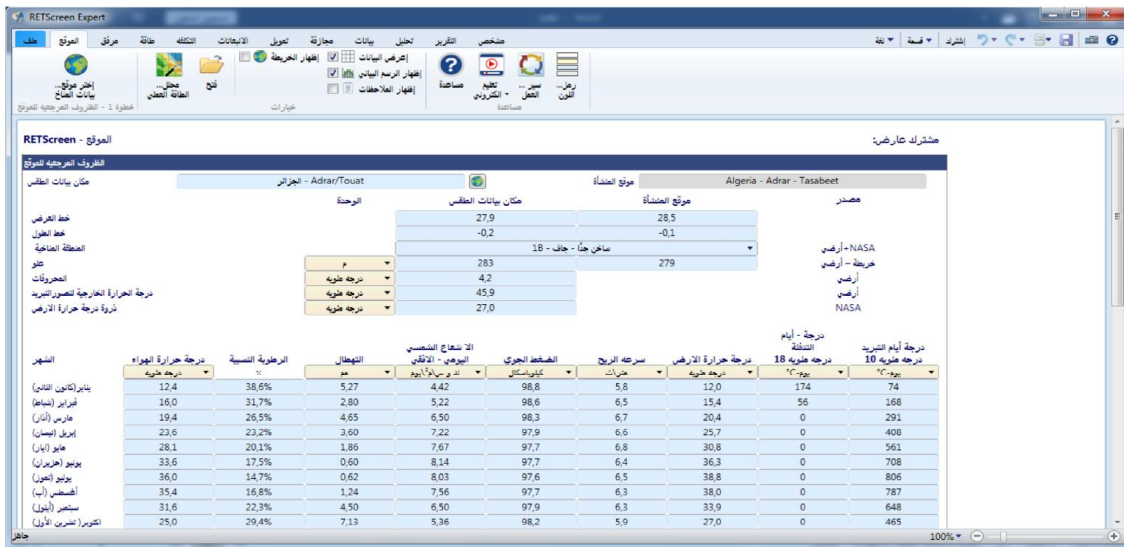
صورة 2.VI. الموقع الجغرافي لمزرعة طاقة الرياح كبرنتين [1]



صورة 3.VI. موقعه على الخريطة الجغرافية.

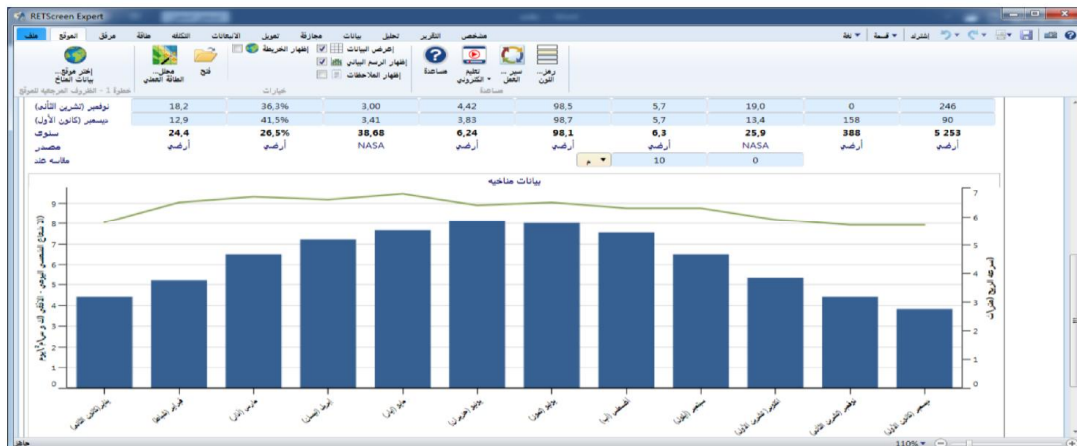
4.VI. المعطيات المناخية لموقع المزرعة المدروسة:

بعد اختيار موقع المشروع في برنامج retscreen يقوم التطبيق بعرض كل المعلومات المتعلقة بمناخ المنطقة على شكل جدول يحتوي على :درجة حرارة الهواء ، سرعة الرياح ، الضغط الجوي ... الخ ، كما هو موضح في الشكل التالي :



صورة 4.VI. التقاط البيانات المناخية لمزرعة كبرتن

و المنحنى الموالي يمثل سرعة الرياح بدلالة اشهر السنة حيث اننا نرى أن منطقة أدرار بها كمية عالية من منسوب الرياح .



صورة 5.VI. بيانات سرعة الرياح بدلالة اشهر السنة.

الفصل الرابع : محاكاة تقنية و اقتصادية لمزرعة طاقة الرياح

حسب الجدول السابق نرى سرعة الرياح تتراوح بين 5.8 m/s الى 6.8 m/s بعد الخطوة سنقوم بتمثيل معلومات المشروع $7 \text{ km/m}^2 \cdot \text{s}$ كما هو موضح في الصورة الموائية :

مرفق - RETScreen مشارك عارض:

معلومات المنشأة

نوع المنشأة	زراعي
نوع	آخر
وصف	كيلو واط 10
أعد إلى	بن عطيلة علي
اعداد	بلعدي ابراهيم
اسم المنشأة	مزرعة رياح
عنوان	كنين تسابت ادرار
المدينة/بلدية	Adrar
إقليم/دولة	Adrar
البلد	الجزائر



صورة فوتوغرافية | صورة Kruger

صورة VI.6. معلومات مشروع المدروس.

VI.5. دراسة الطاقة لمزرعة طاقة الرياح كبرتن:

VI.1.5. مرحلة الاختيار:

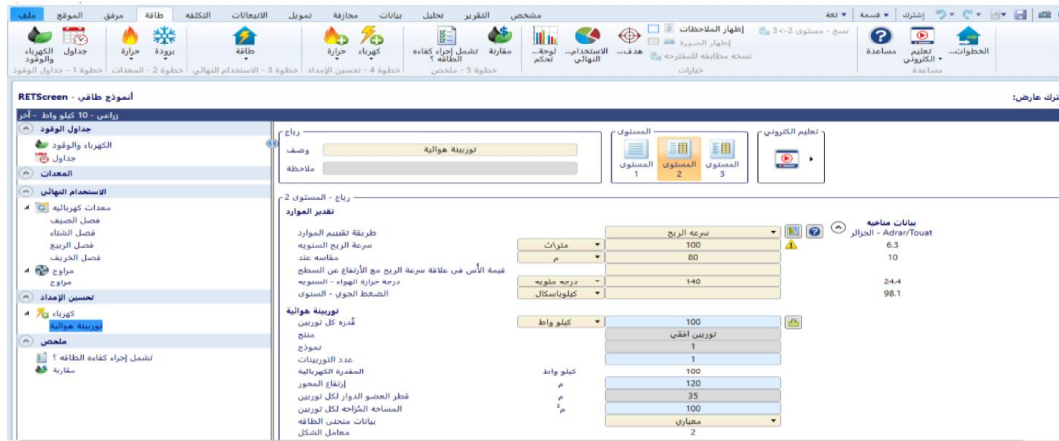
في البداية نختار نوع توربينات الرياح ، نظرًا لتوافرها بأسعار معقولة وهم تستوفي جميع الشروط. بعد تربية.

عناصر النظام الرياح واستهلاكه من توربينات التي اخترناها من خطوة التحجيم في المحدد.

الكفاءة: بنفس الطريقة باختيار نوع العاكس والقدرة .

وتمثل الصورة(VI.7.) معلومات حول نوع وعدد التربينات المثبتة في المزرعة

الفصل الرابع : محاكاة تقنية و اقتصادية لمزرعة طاقة الرياح



صورة VI.7. معلومات حول نوع و عدد التربينات.

VI.2.5. تكوين مزرعة الرياح واستهلاكها :

حساب الاستهلاك اليومي لمزرعة رياح ، من الضروري حساب الطاقة وفقاً لساعات تشغيل الأجهزة الموجودة في المزرعة. يعتمد اختيار هذه الأجهزة على الاحتياجات في المزرعة.

لتطبيق هذه الخطوة في البرنامج نضغط على زر الطاقة وهي قائمة بها العديد من الخيارات نختار المعدات الكهربائية ثم نحصل على صفحة تتضمن عدة فواصل تشمل الأجهزة المختلفة وعددها ووقت استخدامها. تهدف هذه الدراسة للعمل على مدار 4 فصول لأنه في نفس الموسم تباين الظروف المناخية والاستهلاك المنخفض.

1. دراسة الحالة الأولى في الشتاء :

في موسم الشتاء سنعرض متوسط الاستهلاك المقدر في مزرعتنا للرياح الشكل (VI.8) لمنطقة أدرار .



صورة VI.8. لقط شاشة لمتوسط الاستهلاك اليومي في فصل الشتاء.

الفصل الرابع : محاكاة تقنية و اقتصادية لمزرعة طاقة الرياح

2. دراسة الحالة الأولى في الصيف :

في موسم الصيف سنعرض متوسط الاستهلاك المقدر في مزرعتنا للرياح الشكل (9.VI) لمنطقة أدرار الاستهلاك المهم والاكبر هو المكيف الهوائي ويعتبر هذا الموسم هو الموسم الأكثر استهلاكاً مقارنة بالمواسم الأخرى.



صورة 9.VI. لقطة شاشة للاستهلاك اليومي في الصيف.

3. دراسة الحالة الأولى في الربيع :

في موسم الربيع سنعرض متوسط الاستهلاك المقدر في مزرعتنا للرياح الشكل (10.VI) لمنطقة أدرار حيث يعتبر هذا الموسم من المواسم الأقل استهلاكاً مقارنة بالمواسم الأخرى.

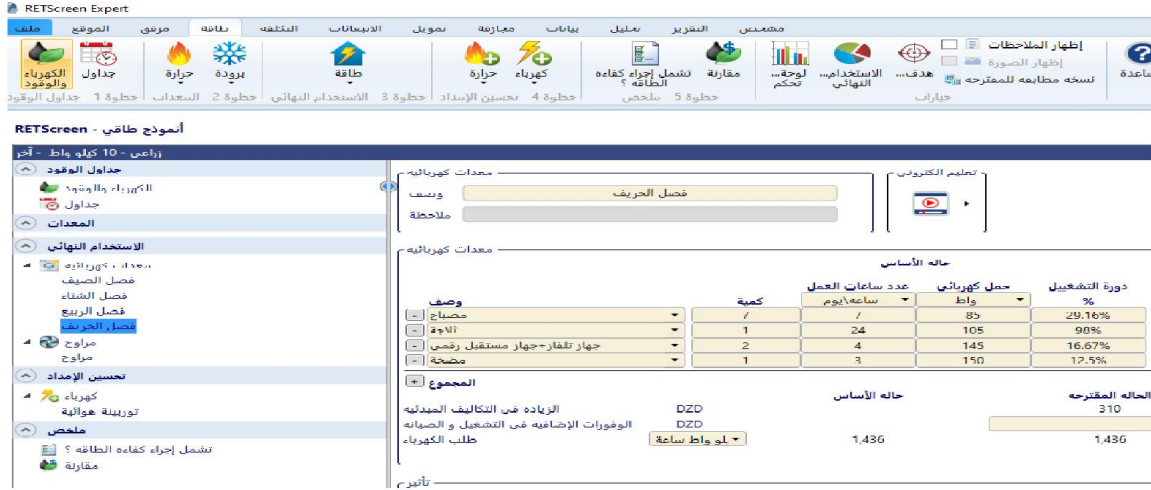


صورة 10.VI. لقطة شاشة للاستهلاك اليومي في الربيع.

الفصل الرابع : محاكاة تقنية و اقتصادية لمزرعة طاقة الرياح

4. دراسة الحالة الأولى في الخريف:

في موسم الخريف سنعرض متوسط الاستهلاك المقدر في مزرعتنا للرياح الشكل (11.VI) لمنطقة أدرار الاستهلاك حيث هذا الموسم مقارنة بموسم الربيع لا يتفاوت بكثير عنه لان الاستهلاك لا يكون كبير.



صورة 11.VI. لقطة شاشة للاستهلاك اليومي في الخريف.

VI.3.5. دراسة أداء مزرعة رياح:

لمعرفة أداء هذه المزرعة على مدار سنة ، بعد استهلاك الكهرباء خلال كل شهر ، لهذا نستخدم مجال الأداء ، سنحصل على جدول.

الخطوة الأولى سوف تملأ المعلومات الخاصة باستهلاك الكهرباء الذي قمنا بإنشائه في الشكل (12.VI).



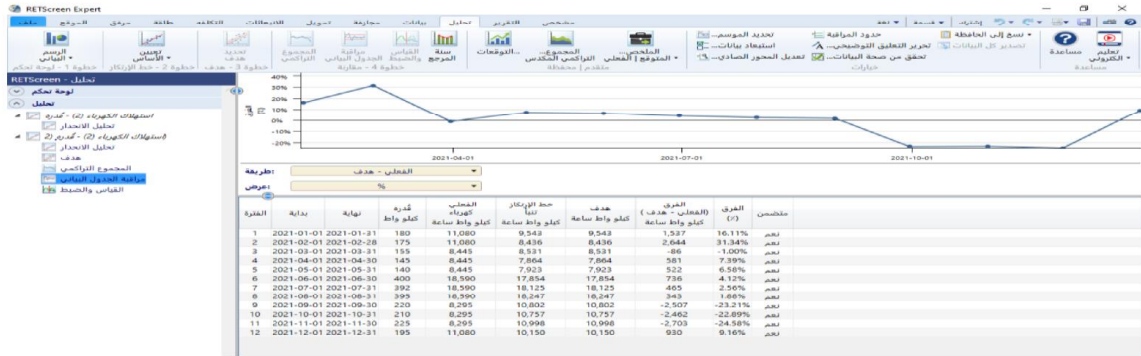
صورة 12.VI. لقطة شاشة لورقة استهلاك لكل شهر.

الفصل الرابع : محاكاة تقنية و اقتصادية لمزرعة طاقة الرياح

من خطوة تقدير الاستهلاك الكهربائي لعناصر مزرعة لكل شهر لا يمكن رؤية نتيجة المحاكاة التي لا تسمح بالحصول على المخططات التالية:

VI.4.5. مخطط الاستهلاك:

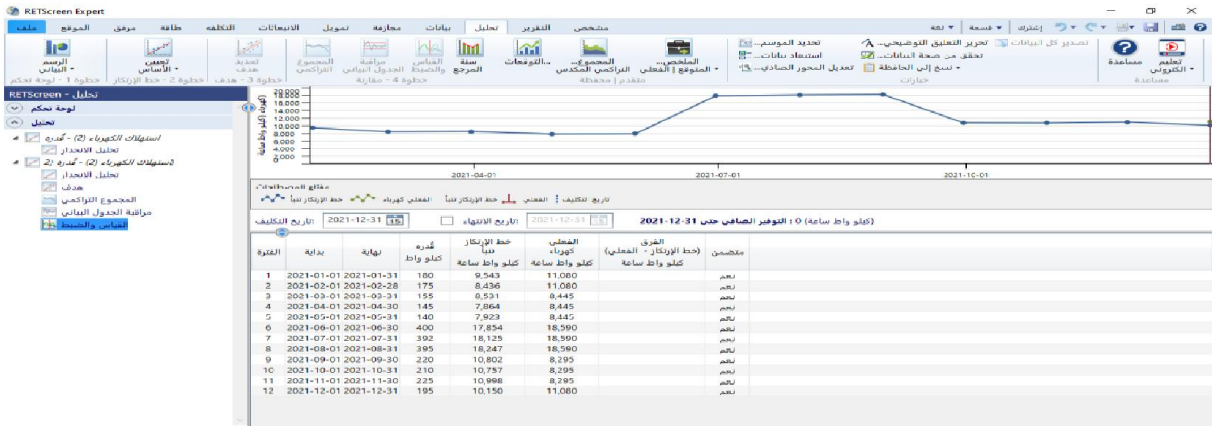
مما يعطي المنحنى والجدول التباين في استهلاك الطاقة للمزرعة حسب الأشهر فترى متوسط قيمة 50 kw/s الحد الأقصى في فصل الصيف هناك مشكلة الرياح.



صورة VI.13. لقطة شاشة لمخطط الاستهلاك.

VI.5.5. مخطط الطاقة:

ينتج النظام طاقة تتراوح ما بين 120kw إلى 395kw وهي مهمة جدًا في فترة معينة وهي فترة الصيف لأن منسوب الرياح مرتفع جدًا والاحتياجات غير مهمة. وارتفاع هذه النسبة له قيمة إيجابية في نجاح مشروع الدراسة لان كلما كانت النسبة قوية كانت نتائج الدراسة دقيقة وكمية الكهرباء كافية.



صورة VI.14. لقطة شاشة لمخطط الطاقة.

VI.6.5. الدراسة المالية لمزرعة رياح :

في هذه المرحلة من دراسة المشروع ، سنرى التقدير الاقتصادي لنظام الرياح المستخدم لمزرعتنا وفقاً للتكاليف وعناصر النظام الموجودة في قاعدة بيانات البرنامج والتي يمكن تغييرها. تعتمد القيمة على مواصفات مشروعنا وفي هذا الجزء نرى تأثير الاحتباس الحراري للنظام على البيئة ومساهمة هذا المشروع في تقليل تأثير الاحتباس الحراري.

VI.7.5. تحليل انبعاثات غازات الدفيئة:

تعتبر هذه النقطة من الأهداف الأساسية لمشاريع الطاقة النظيفة ، لأن معظم الدول والمدن الوطنية تقاوم لتحقيقها والحصول على طاقة نظيفة مع الحفاظ على البيئة قدر الإمكان من خلال تقليل انبعاثات الكربون. بالإضافة إلى الغازات السامة. لتقليل كمية النفايات المتولدة أيضاً.



صورة VI.15. لقطة شاشة لجدول بيانات وتحليل لتخفيضات انبعاثات غازات الدفيئة.

وفقاً لنتيجة دراستنا حول انبعاثات غازات الدفيئة ، نلاحظ أن استخدام نظام الرياح في مزرعتنا يسمح لنا بمتوسط انبعاث ثاني أكسيد الكربون هو 14.8 طن / كيلواط ساعة ، هذا النوع من النظام يسمح ويحافظ على البيئة ويقلل من الغازات السامة .

VI.8.5. التحليل الاقتصادي:

في هذه الدراسة لمزرعة رياح نحصل على تحليل اقتصادي لنظامنا وبالتالي يحتوي على التكلفة والميزانية. من المشروع خلال متوسط فترة تشغيل النظام المقدر (20 عامًا) ، مما يسمح بإجراء مقارنة عادلة بين تقنيات الطاقة النظيفة . خلال الفترة المقدر يتم تجميع نتائج الدراسة الاقتصادية التي قدمتها المحاكاة لمشروعنا دون دعم واعتبار أن

الفصل الرابع : محاكاة تقنية و اقتصادية لمزرعة طاقة الرياح

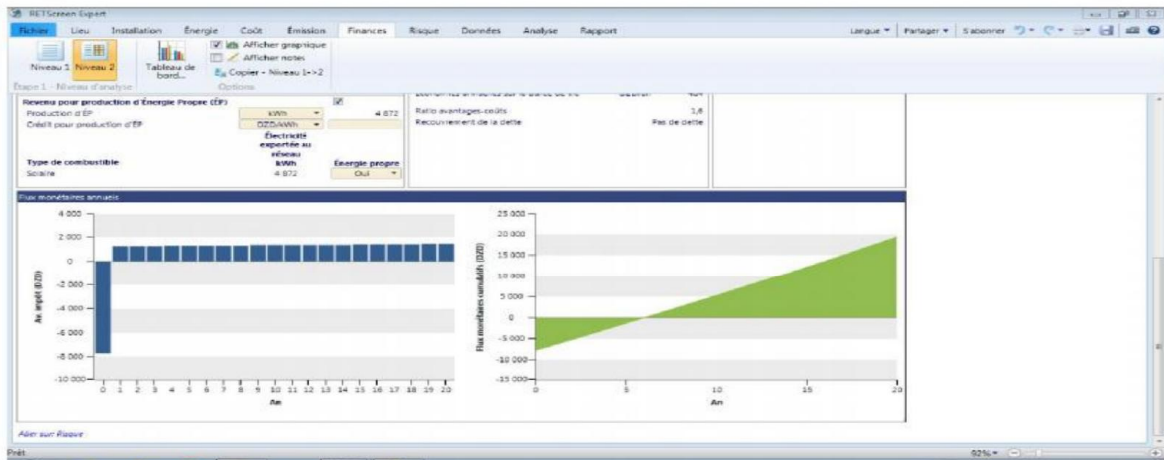
معدل مؤشر الوقود حوالي 2٪ أي أن سعر الوقود هو غير ثابت لمدة 20 سنة القادمة (عمر المشروع).

عوامل مالية			التكاليف | وفورات | الإيرادات			سيولة التمويل سنويا		
شامل						سنة	قبل الضريبة	بعد الضريبة
#						#	DZD	DZD
معدل الزيادة في سعر الوقود	%	2%	الزيادة في التكاليف المبدئية	100%	DZD	0	-4,962	-4,962
نسبة التضخم المالي	%	2%	مجموع تكاليف الإستثمار	100%	DZD	1	-16,510	-16,510
نسبة التفعيل	%	9%	سيولة التمويل سنويا - سنة 1			2	-16,815	-16,815
نسبة إعادة الإستثمار	%	9%	مصاريف سنوية ودين			3	-17,126	-17,126
مدة عيش المشروع	سنة	20	الاستثمار و الصيانة		DZD	4	-17,443	-17,443
تشجيعات \ إعانات	DZD		كافة المحروقات - حالة مقترحة		DZD	5	-17,766	-17,766
نسبة الدين	%	70%	تسديد الدين - 15 سنوات		DZD	6	-18,096	-18,096
دين المشروع	DZD	11,578	مجموع المصاريف السنوية		DZD	7	-18,433	-18,433
رؤوس الأموال الصافية المستثمرة	DZD	4,962	الدخل والمعدات السنوية			8	-18,776	-18,776
نسبة الفائض على الدين	%	7%	كافة المحروقات - حالة مرجعية		DZD	9	-19,126	-19,126
مدة القرض	سنة	15	إيرادات تقليبي العارات الدفينة (دخل آخر لتكفئه)		DZD	10	-19,483	-19,483
تسديد الدين	DZD/سنة	1,271	مجموع الإيرادات والمعدات السنوية		DZD	11	-19,847	-19,847
تحليل الضريبة على الدخل	%	30%				12	-20,219	-20,219
نسبة الضريبة المفروضة على الدخل	%	30%				13	-20,598	-20,598
						14	-20,984	-20,984
						15	-21,378	-21,378
						16	-20,509	-20,509

صورة 16.VI. لقطة شاشة لجدول البيانات وتحليل التكلفة.

لدينا نتيجة توضح التطور الاقتصادي للمشروع على مدار المدة المقدره (20 عامًا) والتي يتم عرضها في الشكل

(17.VI)



صورة 17.VI. لقطة شاشة للتطور الاقتصادي للرسم البياني للتدفق النقدي التراكمي.

الفصل الرابع : محاكاة تقنية و اقتصادية لمزرعة طاقة الرياح

نلاحظ من الرسم البياني (VI.17.) وجود تغيير في الرسم البياني السليبي موجب من القيمة 6 سنوات والتي تمثل القيمة التي سنعيد الاستثمار من أجلها وهذا يعني ان من أجل هذه القيمة ، نقوم بإعادة تجهيز الأموال التي تم إعدادها في المشروع.

✓ الجزء الأول (0 إلى 6 سنوات):

في هذا الجزء ، يكون الرسم البياني للتدفق النقدي التراكمي سالبًا لأن تكاليف تركيب توربينات الرياح أكبر من فوائد المشروع.

✓ الجزء الثاني (من 6 إلى 20 سنة):

في هذا الجزء ، يكون الرسم البياني للتدفق النقدي التراكمي موجبًا لأن الفوائد من المشروع أكبر من تكاليف المشروع ، حيث يتم استرداد التكلفة الأولية للمشروع في السنة 6.

من هذا العام المشروع فقط ربح المشروع نحصل على كهرباء مجانية تصل إلى 10000 دج في العام 20.

VI.6. خاتمة:

في هذا الفصل ، أجرينا دراسة فنية واقتصادية لتشغيل مزرعة الرياح في موقع أدرار.

➤ من هذه الدراسة وجدنا أن موقع أدرار يوفر طاقة الرياح عالية جدًا بمتوسط 13 كيلووات ساعة / متر مربع / يوم.

➤ سمحت لنا هذه الدراسة بتقدير مساهمة مذكرة النظام لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمقدار 14.2 طن / كيلوواط ساعة.

➤ يوضح التطور الاقتصادي للنظام أن هناك عائدًا للاستثمار من السنة السادسة من الاستخدام (سنقوم بإعادة تجهيز جميع الأموال التي أنفقت على المشروع) وبقية فترة الاستخدام التي تصل إلى 20 عامًا ، توجد أقواس. والاستخدام المجاني للكهرباء.

[01] : « Le Canada, le Mexique et les Etats-Unis montrent les progrès de la collaboration nord-américaines dans les dossiers énergétiques » Clean Energy Ministeriel en 3 juin 2016.

[02] : « NASA-NASA collaboration Benefits International Priorities of Energy Management » archVie sur NASA 12 Septembre 2007.

[03] : « analyse de projets d'énergie propres : manuel d'ingénierie et études de cas RETscreen » archVie de publication du gou00vernement du Canada 24 Février 2016.

[04] Joséanne Bélanger-Gravel, mémoire de « Analyse technico-économique d'un système hybride éolienphotovoltaïque en comparaison avec les systèmes photovoltaïque et éolien seuls », décembre 2011.



خاتمة عامة

في هذه المذكرة المتمحورة تحت عنوان الدراسة التقنية الاقتصادية لمزرعة الرياح في منطقة ادرار بالتحديد كبرت سعيانا من اجل الوصول الى تقنية اقتصادية معتمد عليها في مزرعة رياح حيث قمنا في البداية بالتطرق الى عموميات على طاقة الرياح وكذا وضعية الرياح في الجزائر حيث لاحظنا ان منسوبها مرتفع خاصة في جنوبنا الكبير فقد تصل سرعة الرياح الى 7.2 m/s بالجنوب بقدره مقدرة ب 311.64 kw وهذه قيمة إيجابية بالنسبة منسوب الرياح العالمي . كما ان منطقة دراستنا ولاية ادرار لها منسوب رياح مناسب حيث تقدر سرعة الرياح ب 6.9 m/s بقدره 251.12 kw فهذه القيمة تجعل منطقة ادرار اكثر حظا في إنجاح الدراسة ونجاح مجمل مشاريع طاقة الرياح وخاصة لان المنطقة ريفية في كل الفصول مع اختلاف نسبها فعليها أن تواكب هذا النوع من التكنولوجيا اصبح ضروري . ومن اجل الوصول الى نتائج دقيقة تم استخدام البرنامج العالمي برنامج RETSCREEN الذي بواسطته عالجنا مختلف مخططات الدراسة حتى توصلنا في الأخير الى التحليل الاقتصادي حيث ان استهلاك الكهرباء قدر ب 146 MW/h ورياح في المشروع مقدر ب 10000 دج في العام .

فقد تم معالجة هذه التقنية على شكل اربع فصول حيث اننا في :

الفصل الأول تطرقنا الى عموميات على طاقة الرياح وتم التعرف على بعض الاحصائيات العالمية والمحلية لطاقة الرياح وتم التطرق كذلك الى أنواع مزارع الرياح وكذا أنواع توربينات الرياح.

الفصل الثاني تم التعرف على تركيب ونمذجة لطاقة الرياح وكذا التعرف على مختلف العلاقات والقوانين لدراسة منها قانون بيتر والقانون اللوغاريتمي.

لنتطرق في الفصل الثالث على كيفية تحجيم ابعاد لنظام طاقة الرياح والتعرف على مختلف مراحلها ففي هذا الفصل تم

وضع تطبيق لمزرعة رياح لمشروع دراستنا لیتم دراسة ذلك على مختلف مراحل التحجيم.

لنهي هذه الدراسة بفصل أخیر تم الاستعانة فيه ببرنامج RETSCREEN حيث تم إعطاء نبده عنه والتعرف

على مختلف خصائصه ومن تم استخدامه للحصول على مختلف نتائج الدراسة