دراسة في مجال الطاقة المتجددة
المعهد العالي للتكنولوجيا بروصو
موريتانيا

الموضوع/ مشروع تقييم مصادر الطاقات المتجددة في الدول العربية (موريتانيا نموذجا)

الدكتور / أن ولد الداه

أستاذ علوم الطاقة الشمسية بالمعهد العالي للتكنولوجيا / روصو – موريتانيا

من خلال هذه الورقة، سنسلط الضوء على الإمكانات المتوفرة في مجال الطاقات المتجددة في الدول العربية، وسنأخذ موريتانيا كنموذج. وقد اعتمدنا في ذلك على دراسة تجريبية لمنطقة الجنوب الغربي الموريتاني. كما ستشمل الدراسة لمحة عن مشاريع الاستغلال لهذه المصادر وكذلك الآفاق المستقبلية للاستغلال. وقد تأكدنا من خلال نماذج من القياسات أن المنطقة تمتلك مصدرا من بين الأعلى على الكوكب بسبب موقعها الجغرافي.

- **الموقع والجغرافيا**

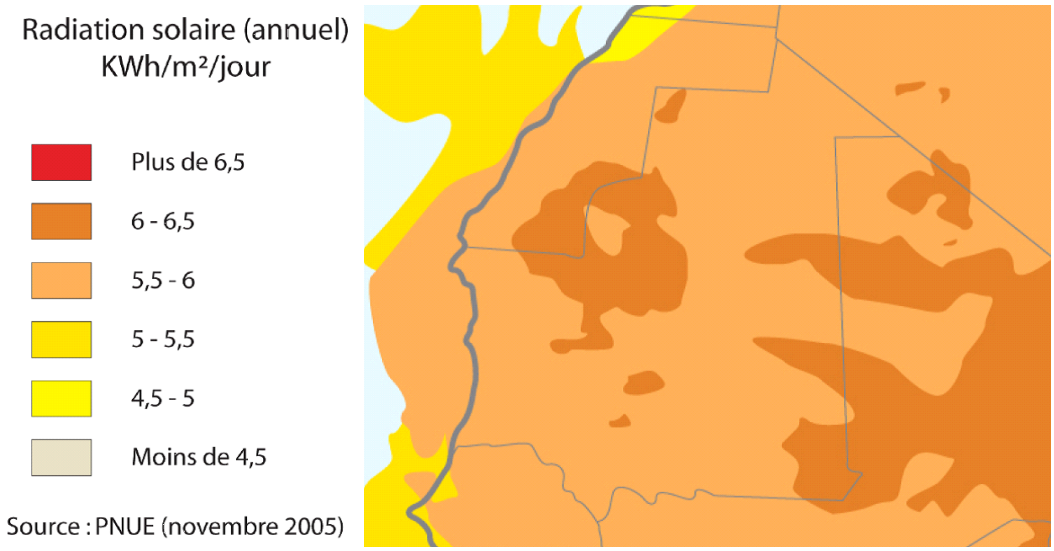
تقع موريتانيا بين خطي طول 10° و28° شرقاً وبين دائرتي عرض 15.52° و 18.15°شمالاً. تبلغ مساحتها 700.030.1 كم² وهي الأقصى غربا من العالم العربي. لموريتانيا حدودا برية طويلة مع مالي والجزائر و يفصلها عن السنغال نهر السنغال ولها شاطئ بطول 700 كلم على الأطلسي غربا.

فوجود موريتانيا في منطقة شمال خط الاستواء ميزها بندرة الأمطار وارتفاع درجة الحرارة. فالمناخ عموماً صحراوي حار وجاف في معظم شهور السنة، حيث أن درجة الحرارة في فصل الصيف تتراوح بين 27 و42 درجة مئوية، باستثناء فترات معينة حيث يعمل تيار الكناري القادم من الشمال الغربي على خفض درجات الحرارة في فترة المساء في المناطق المحاذية للمحيط الأطلسي حيث تنخفض إلى اقل من 20 درجة في اليوم، أما في المناطق الجنوبية والجنوبية الشرقية فهي ذات مناخ مداري حار ممطر صيفاً (300-400 ملم) دافئ جاف شتاء وتتراوح درجات الحرارة فيه ما بين 12 و28 مئوية، أما في المناطق الشمالية والتي تضم ولايات إينشيري وآدرار وتيرس والأجزاء الشمالية من تكانت والحوض الشرقي فإن الجو صحراوي وجاف بامتياز حيث أن درجة الحرارة مرتفعة صيفا ومنخفضة شتاء إضافة إلى العواصف الرملية الكثيرة والأمطار القليلة.

- **طاقة الشمس المتوفرة**

رغم قساوة هذا المناخ إلا أنه جعل موريتانيا تمتلك مصدرا لطاقة الشمس من بين الأعلى على الكوكب فسنويا تتمتع موريتانيا بحوالي 3000 ساعة من الإشعاع الشمسي يشكل الإشعاع الشمسي المباشر منها حوالي 78%. وتصل هذه النسبة إلى حدود 90% على هضاب آدرار وتكانت وفي منطقة الحوض.

ويمكننا تقييم القيمة الطاقوية بـــ 4 إلى 6.5 كيلو واط ساعي للمتر المربع في اليوم مع متوسط 8 ساعات يوميا وفي مناطق في الشمال تصل هذه القيم إلى 9.3 كيلو واط ساعي للمتر المربع في اليوم(بير ام اكرين) و 7.9 كيلو واط ساعي للمتر المربع في اليوم تم تسجيلها في منطقة روصو بالجنوب.



الصورة رقم 1: الإشعاع الشمسي السنوي بالكيلو واط ساعي للمتر المربع لليوم

- **دراسة حالة:**

ينصب اهتمام المعهد في الوقت الحالي على مسح شامل لمنطقة الضفة (أي جنوب دائرة العرض 15 شمالا) لذلك قام بتنصيب محطات بمناطق مختلفة من مقاطعة روصو، فإلى جانب قياس الإشعاع الشمسي الكلي الأفقي تقوم تلك المحطات بقياس رطوبة وحرارة الهواء وسرعة الرياح على عدة ارتفاعات (حسب نوع المحطة) ونقطة الندى والضغط الجوي بالإضافة لمقياس للتساقطات المطرية.

هذه القياسات يتم جمعها وتحليلها لتقديمها كإسناد للإرشادات والاستشارات التي يقدمها المعهد سواء في المجال الزراعي أو أي مجال يحتاج لمثل هذه المعلومات.

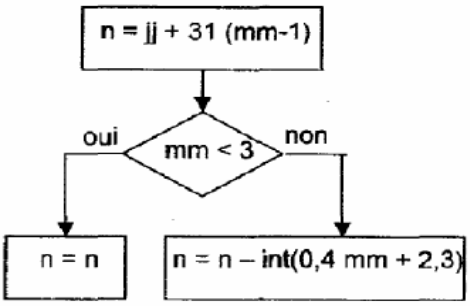
تجدر الإشارة إلى أن هذه المحطات تعمل بطاقة الشمس مع بطارية تخزين تمكنها من تخزين البيانات بشكل مستمر.

- **المعطيات الفلكية:**

يمكننا حساب هذه المعطيات، الهامة لتصميم نظام طاقة شمسية بهذه المنطقة، باستخدام العلاقات التالية:

- **ميلان الشمس عند خط الاستواء:**

حيث nهو رقم اليوم في السنة فمثلا اليوم رقم واحد هو يوم 1 يناير، ويمكن حساب رقم اليوم من خلال الخوارزمية التالية



الصورة رقم 2: خوارزمية حساب رقم اليوم في السنة

- **ارتفاع الشمس عند الزوال**

كما يمكننا حساب ارتفاع الشمس عند زاوية السمت 0، أي عند خط الزوال، من العلاقة التالية:

حيث هي *زاوية ميل الشمس عند خط الاستواء. وهي دائرة عرض النقطة المدروسة.*

- ***مدة اليوم الشمسي***

كما يمكننا حساب السمت عند الغروب وكذلك زاوية الوقت عند الغروب أيضا. ومن خلال الأولى يمكننا حساب مدة اليوم بالساعات، ونعني بها الفترة الزمنية التي تقضيها الشمس في سماء المنطقة خلال اليوم المعني.

الجدول التالي يجمع هذه المعلومات لليوم 15 من كل شهر في السنة:

التاريخ		ميلان الشمس عند خط الاستواء	ارتفاع الشمس	زاوية المغيب	مدة اليوم بالساعة
يناير	15	-21,27	52,22	83,37	11,12
فبراير	15	-13,29	60,20	85,98	11,46
مارس	15	-1,61	71,87	89,52	11,94
ابريل	15	9,41	82,90	92,82	12,38
مايو	15	18,79	87,72	95,79	12,77
يونيو	15	23,31	83,20	97,34	12,98
يوليو	15	21,52	85,00	96,71	12,89
أغشت	15	13,78	87,27	94,17	12,56
شتنبر	15	2,22	75,70	90,66	12,09
أكتوبر	15	-9,60	63,89	87,13	11,62
نوفنبر	15	-19,15	54,34	84,09	11,21
دجنبر	15	-23,34	50,15	82,65	11,02

الجدول رقم 1: معطيات فلكية لمدينة روصو

ملاحظة: إن الوضعية المثالية لألواح الطاقة الشمسية المنصبة في هذه المنطقة هي أن توجه جنوبا مع ميل عن الأفق بزاوية مكملة لـــ 90 درجة لزاوية ارتفاع الشمس عند الزوال. لذلك ننصح باستخدام زاوية ميل 18.81 درجة، كمعدل بالنسبة للأنظمة المنصبة بشكل ثابت.

كما نلاحظ، من الجدول أعلاه، أن مدة اليوم الشمسي تقارب في يوليو13 ساعة بينما تنخفض لتصل 11 ساعة ودقيقة و12 ثانية في دجنبر. لكن معدل مدة اليوم هو12 ساعة بالتمام أي أن منطقة روصو تستفيد من معدل 12 ساعة في اليوم من الإشعاع الشمسي أي ما يربو على 4300 ساعة شمس سنويا.

- **المعطيات *المناخية*:**

ما يهمنا في هذه الدراسة هو كمية الإشعاع العام المسجل في إحدى هذه المحطات كي يعطينا نبذة عن الاستطاعة الطاقوية لهذه المنطقة وكمية الطاقة اليومية التي يستقبلها المتر المربع من هذه الربوع.

وكمثال سنأخذ المعدل الشهري للإشعاع الشمسي المسجل خلال سنة 2014

المتغير الإحصائي	الطاقة بالواط ساعي للمتر المربع
المعدل	**7439,8**
أقصى	**8048**
أدنى	**5897**
الانحراف المعياري	**723,23**

الجدول رقم 2: كمية الإشعاع الشمسي بالكيلو واط ساعي للمتر المربع لليوم (محطة رقم 1)

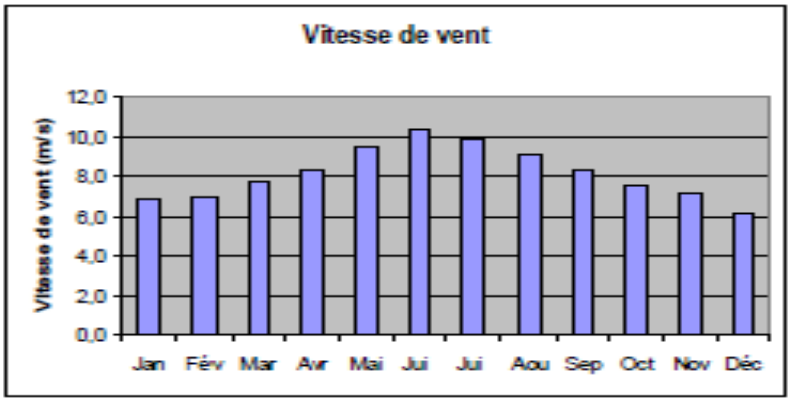
نلاحظ أن أعلى كمية سجلت كانت أكثر من 8 كيلو واط ساعي للمتر المربع لليوم وأدنى كمية قاربت 6 كيلو واط ساعي للمتر المربع في اليوم ومتوسط شهر مارس فاق 7 كيلو واط ساعي للمتر المربع لليوم.

أما معدل الانحراف عن المتوسط فكان أقل من 1 كيلو واط ساعي أي أن جميع القياسات بقيت قريبة من المتوسط، وبعبارة أوضح القيمة القصوى المسجلة ليست استثناء فهي قريبة من المتوسط.

- **طاقة الرياح**

إن الموقع الجغرافي لموريتانيا يجعلها عرضة لهبوب الرياح طيلة أيام السنة فعلى المستوى الوطني تم تسجيل السرعة 7.5 م/ث على ارتفاع 15 متر مع قيم قصوى تصل 10 م/ث.

في المنطقة الشمالية يصل المعدل لـــ 5.5 م/ث أما في الشرق فقد سجل معدل سرعة الرياح 6.5 م/ث وفي بقية المناطق سجلت 4.5 م/ث كمعدل.



الجدول التالي يعرض نموذجا لقياسات المحطة

	Wind speed [m/sec]		HC Air temperature [°C]			HC Relative humidity [%]
Date	**moyenne**	**max**	**moyenne**	**min**	**max**	**moyenne**
2015-03-26 00:00:00	4	4,4	23	22,7	23,4	19,2
2015-03-26 01:00:00	4,4	5,8	22,2	21,9	22,5	20,3
2015-03-26 02:00:00	5	5,7	21,5	21,1	21,9	20,2
2015-03-26 03:00:00	4,4	5,3	20,6	20,2	21	20,8
2015-03-26 04:00:00	4,3	4,9	19,7	19,3	20,1	22,2
2015-03-26 05:00:00	4,3	4,8	18,9	18,7	19,2	23,6
2015-03-26 06:00:00	4,5	4,8	18,4	18,2	18,6	24,3
2015-03-26 07:00:00	4,5	4,9	18,1	18,1	18,3	24,7
2015-03-26 15:00:00	4,3	6,2	31,4	30,9	32,2	8,8
2015-03-26 16:00:00	4,5	6,8	31,5	31,4	31,8	8,2
2015-03-26 17:00:00	4,2	6,2	31,4	31	31,7	8,1
2015-03-26 18:00:00	3,9	5,6	30,9	30,5	31,5	8

2015-03-26 19:00:00	3,4	3,7	29,3	29,2	29,4	8,5
2015-03-26 20:00:00	3	3,5	28,7	28,5	29,1	8,6
2015-03-26 21:00:00	3,2	3,7	28	27,5	28,4	8,7
2015-03-26 22:00:00	3	3,5	26,7	26,1	27,4	9,3
2015-03-26 23:00:00	2,9	3,2	25,5	25,1	26,1	10,6
2015-03-27 00:00:00	3,2	3,5	24,8	24,5	25,1	12
2015-03-27 01:00:00	3,6	4,3	24,4	24,1	24,5	12,5
2015-03-27 02:00:00	3,3	4	23,6	23,1	24	13,4
2015-03-27 03:00:00	2,9	3,3	23	22,9	23,1	14,1
2015-03-27 04:00:00	2,9	3,3	22,6	22,4	22,9	14,7
2015-03-27 05:00:00	3,2	3,7	22,1	21,8	22,4	15,3
2015-03-27 06:00:00	3,3	4,1	21,5	21,1	22	16
2015-03-27 07:00:00	3	3,5	20,8	20,6	20,9	17,1
2015-03-27 12:00:00	6,7	8,3	31,6	30,7	32,2	9,1
2015-03-27 13:00:00	6,5	8,4	32,8	32,2	33,7	7,7
2015-03-27 14:00:00	5,5	6,8	34	33,6	34,5	6,9
2015-03-27 15:00:00	5,7	9,2	34,8	34,4	35,3	6,4
2015-03-27 21:00:00	2,8	3	29,1	28,9	29,2	9,6
2015-03-27 22:00:00	3,1	3,7	28,5	28,2	28,8	9,6
2015-03-27 23:00:00	3,2	3,5	27,6	27,3	28,1	9,7
2015-03-28 00:00:00	3,3	4,2	26,8	26,1	27,5	10

- **الإستغلال**:

تعتمد موريتانيا في توليد الكهرباء أساسا على المصادر الأحفورية (أكثر من خمسين محطة حرارية صغيرة تعمل بالديزل) بالإضافة إلى مصدر كهرومائي يتمثل في نصيب موريتانيا (15%) من استغلال سد مانانتالي الواقع على نهر السنغال.

- **مشكلة الريف:**

بسبب الكثافة السكانية المنخفضة (2.7 ساكن في الكيلو متر المربع) وتشتت السكان بين القرى والأرياف وصعوبة ولوجهم للخدمات انصبت جهود الدولة في البداية على الاستغلال المعزول للمصادر المتجددة من خلال مشاريع صغيرة لكهربة بعض القرى والأرياف، ففي سنة 2001 قدرت القدرة القصوى المستغلة في البلاد بـــ 950KWp موزعة بين الري (19%) والإنارة والتبريد (81%). وفي سنة 2005 تم توصيل الكهرباء ل 208 قرية وذلك ببناء وحدات للطاقة الشمسية بهذه القرى المعزولة بالريف الموريتاني، استغلت هذه الطاقة للإنارة وضخ المياه الصالحة للشرب والتبريد في المراكز الصحية لحفظ الأدوية، تم ذلك من خلال برنامج لمكافحة الفقر في الأرياف والمناطق المعزولة. ولاحقا استفادت مئات القرى من مشاريع مماثلة.

- **ارتفاع الطلب وارتفاع التكاليف:**

الطلب على الكهرباء يشهد وتيرة متزايدة حوالي 10% سنويا منذ سنة 2000 وفي بعض الحالات يشهد الطلب ارتفاعات وقتية ففي فصل الصيف يرتفع الطلب في منطقة نواكشوط ليصل 70%

بالإضافة لهذا الارتفاع في الطلب هناك ارتفاع في كلفة الإنتاج بسبب الارتفاع العالمي لأسعار الطاقة مما يجعل شركة الكهرباء لا تستطيع المواءمة بين سعر إنتاج الكيلواط ساعي وسعر بيعه مما يثقل كاهل الدولة التي تتولى الفرق.

لذا أدرجت الحكومة في خططها القريبة والمتوسطة المدى الطاقات المتجددة كمصدر للتغلب على عدم الاستقرار بين كلفة الإنتاج وسعر البيع. فقد أظهر برنامجها لأفق 2015 أنه سيتم إدراج هذه المصادر على مستوى كبير 15% في 2015و 20% في 2020 أي 45ميجا واط من مصدر طاقة الشمس و 60 ميجا واط من طاقة الرياح في 2015.

وفي هذا الإطار تم إطلاق المشاريع التالية:

اسم المشروع	ملاحظات
MPEM -Centrale solaire connecté au réseau de la Somelec محطة شمسية مربوطة بالشبكة الكهربائية لشركة الكهرباء	تم الاستلام في شهر مايو 2013
Construction d'une centrale à Chami de 270 KW محطة الشامي لطاقة الرياح باستطاعة 270 كيلو واط	تم الاستلام في ابريل 2014
Construction d'une centrale àTermessade 115 KW محطة ترمسه للطاقة الشمسية باستطاعة قدرها 115 كيلو واط	تم الاستلام في ابريل 2014
Construction d'une centrale hybride à Birettede 100KW محطة بيرات الهجينة بقدرة 100 كيلو واط	2014
Construction d'une centrale hybride à Bousteilade 469 KW محطة بوسطيلة الهجينة بقدرة 469 كيلو واط	2014
Construction d'une centrale hybride à Tendegmadekde 100 KW محطة تندغماجك الهجينة بقدرة 100 كيلو واط	2014
تنصيب 4500 عمود إنارة عمومي يعمل بالطاقة الشمسية في نواكشوط	2014

الجدول رقم 3: المشاريع المنجزة

وفي سنة 2014 تم ربط محطة الشيخ زايد بشبكة نواكشوط الحضرية لتساهم ب 10% من إجمالي استهلاك العاصمة أي بقدرة 15 ميجا واط.

كما من المتوقع أن يتم تسليم المحطات التالية خلال سنة 2015

المشروع	مكونات المشروع
مشروع الظهر: المحطة الهجينة وقود احفوري / طاقة شمسية	- محطة النعمة الحرارية 4ميجاوات ومحطة شمسية 2 ميجاوات مع سعة تخزين 500كيلوات - المحطة الهجينة عدل بكرو: 2ميجاوات حراري و 1ميجاوات شمسي مع إمكانية تخزين250 250كيلو وات. - ربط شبكي بين القرى يصل لأكثر من 200 كلم.
المحطة الهجينة "حرارية/شمسية" في كيفه	1.3 ميجاوات شمسية و4.8ميجاوات حرارية بالإضافة للربط الشبكي مع بعض المقاطعات القريبة
مشروع آفطوط الساحلي	محطة شمسية بقدرة 2.6ميجاوات وربط شبكي للتوزيع بطول 270 كلم
محطة نواكشوط لطاقة الرياح 30 ميجا وات	بدأت الأشغال في المحطة منذ 2014 بتنصيب طواحين بطاقة 2 ميجاوات للطاحونة

جدول رقم 4 :المشاريع المنتظر تسليمها سنة 2015

خلاصة: إن الموقع الجغرافي لموريتانيا، كمثيلاتها في الوطن العربي، يجعلها عرضة لإشعاع شمسي من بين الأعلى عالميا ولمدد زمنية طويلة على مدار السنة، مما يجعلها مكانا مناسبا لاستغلال الطاقات المتجددة.

- **المصادر والمراجع:**

- Les ressources naturelles en Mauritanie : Opportunités et défis

المصادر الطبيعية في موريتانيا: الفرص والتحديات

مداخلة لوزير النفط والطاقة والمعادن الموريتاني في مؤتمر IFRI المنعقد بباريس 6 فبراير 2013

- Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives. Publiée par le Bureau pour l'Afrique du Nord de la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (CEA-AN)

قطاع الطاقات المتجددة في إفريقيا الشمالية :الوضعية الحالية والمستقبل-تقرير اللجنة الاقتصادية للأمم المتحدة – مكتب شمال إفريقيا.

- تقارير مكتب النفاذ الشامل للخدمات العمومية عن تقدم المشاريع –أرشيف المكتب.
- الموقع الرسمي لوزارة النفط http://www.petrole.gov.mr/