

Le Bilan radiatif¹ en Mauritanie

Bechiry Ould Mohamed
Département de Géographie
Université de Nouakchott

Mohamed Lemine Ould Sidi Babe
Département de Géographie
Université de Nouakchott

Cette étude est consacrée à l'analyse théorique du calcul du rayonnement solaire au niveau des stations météorologiques de Mauritanie.

Elle se propose, en partant des données de l'énergie solaire enregistrées dans des conditions géographiques similaires à d'autres pays d'une part et en s'appuyant sur les indications astrologiques liées à la rotation de la terre autour du soleil et les rapports du rayonnement solaire dans des conditions semblables aux latitudes de la Mauritanie, d'autre part, de calculer le rayonnement solaire dans les différentes stations du pays (10 stations, Carte n° 1).

Les données de la radiation solaire ont en effet une grande importance non seulement du point de vue climatique mais également en ce qui concerne l'agriculture. C'est ainsi que l'énergie solaire commence à être exploitée dans agriculture par ses applications multiples en matière de séchage, de chauffage, de pression de l'eau et de constitution de matières sèches.

Il existe une large gamme d'appareils de mesure du rayonnement solaire. Cependant, certains sont plus performants que d'autres notamment en matière de mesure de certains types de rayonnement suivant la différence de leur longueur de fréquence et la sensibilité de l'appareil à des types particuliers de fréquence.

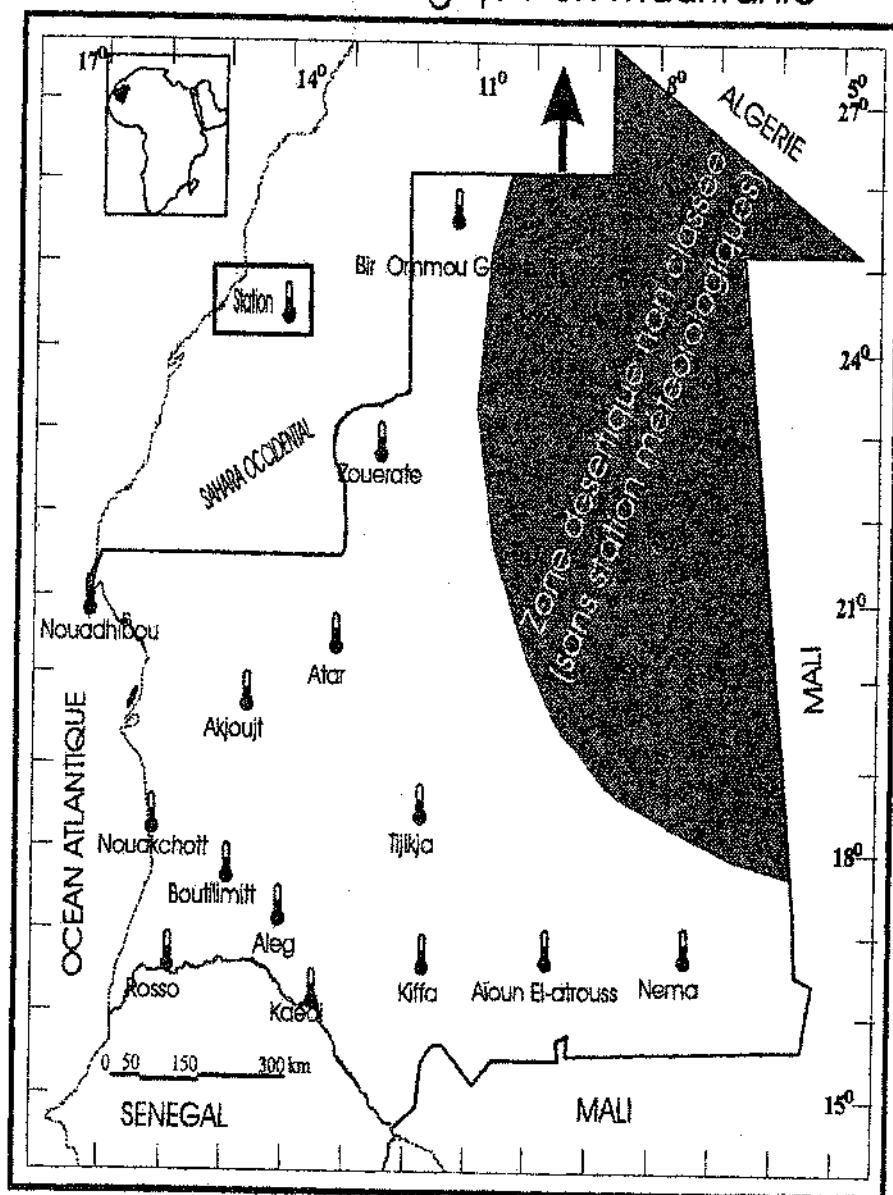
En Mauritanie, seules les stations synoptiques (Carte n° 1) sont dotées d'appareils de calcul du rayonnement solaire. Leurs indications se limitent au nombre d'heures d'ensoleillement et aux pourcentages de couverture du soleil et du ciel par les nuages². De ce fait, les informations concernant la radiation dans ce pays reposent sur des approximations dont la plus simple est dite méthode d'équation expérimentale, fondée sur

¹ Etat des ressources en rayonnement compte tenu des gains (rayonnement dirigé vers le bas) et des pertes (rayonnement dirigé vers le haut) – Martinie TABEAUD, La climatologie, Paris, Armand Colin, p25

² Hiyad, MICHEL, L'assèchement concentré du bois par l'utilisation de l'énergie solaire, Sophie, 1978

l'évaluation de la relation entre le rayonnement solaire, le nombre d'heures d'ensoleillement et le pourcentage de couverture du ciel par les nuages¹.

Carte n°1
Station météorologique en Mauritanie



¹ El Haceri, FADEL BAGHER, Les particularités calorifiques du climat de l'Iraq, Revue de l'Enseignant, Faculté de l'Education, N°1, 1978

Cependant ces équations approximatives, en dépit de leur importance, restent de par la nature de leur déduction statistique capables seulement de donner des estimations du rayonnement solaire dans des périodes assez longues comme les équations mensuelles, trimestrielles ou annuelles, mais elle ne donnent pas de résultats satisfaisants, si elles sont appliquées à de courtes périodes.

Eléments du bilan calorifique¹

La connaissance des particularités du rayonnement solaire est un élément capital pour le climat même si l'application du calcul de la radiation et de l'équilibre calorifique n'a été effectuée en Mauritanie que dans un cadre restreint.

Nous allons donc exploiter les éléments cités en appliquant les équations et les règles du rayonnement prévues à cet effet.

1 / Le Rayonnement global

Signalons que le rayonnement solaire dirigé vers la terre se répartit principalement en rayonnement directs et rayons diffus, c'est à dire diffuser par la couverture gazeuse avant d'atteindre la surface de la terre. L'ensemble de ces deux rayonnements constitue le rayonnement global. L'appareil de mesure de ce rayonnement, le Solarigraphe², mesure tout rayonnement qui atteint la surface de la terre en provenance du soleil qu'il soit direct ou diffus³. On peut le calculer en partant de l'équation suivante⁴:

$$Q = q_0 (1 - a - b)^2 \text{ où}$$

Q = Le rayonnement global par kilocalorie,

Q_0 = Le rayonnement solaire global à ciel dépourvu de nuages,

n = Le degré de présence des nuages,

a = effet d'affaiblissement du rayonnement à cause des nuages et du changement des conditions géographiques,

b = effet stable à faiblement changeant concernant l'ensemble des manifestations géographiques.

¹ Calorie : quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de 1 gramme d'eau de 1°C. Martinie TABEAUD, La climatologie, Op.cit, p25

² A Lacoste et R. Salannon, Eléments de Biogéographie et d'archéologie, trad. Abdel kader Halimy, Algérie, 1982, p65.

³ Halimi, ABDEL KADER, Eléments de Biogéographie et Ecologie Alger, Imprimerie Universitaire, 1982.

⁴ M. Budyko, Climat and Life, Academic Press, New York, 1974, p54

La plus célèbre des équations employées pour le calcul du rayonnement global en rapport avec le nombre d'heures d'ensoleillement est l'équation d'Angstrom. Elle représente l'équation de régression d'une ligne simple et permet de faire ressortir des tableaux de variations.

Elle est représentée par la formule suivante: $R'/R = A + B(H'/H)$.

R' = Le rayonnement solaire qui atteint 1 cm² de la surface de la terre¹,

R = Le rayonnement solaire qui atteindrait la terre s'il n'y avait pas la couverture est calculé suivant une formule spéciale ou suivant une évaluation fournie par des tableaux particuliers. Il repose sur le degré d'exposition de l'espace en fonction du temps par cm².²

H' = Le nombre effectif d'ensoleillement par jour évalué à l'aide de l'appareil de Campbell-stokes qui mesure le rayonnement solaire en calories,

H = Longueur de la journée qui est égale en théorie à l'ensoleillement

On peut le calculer à l'aide d'équations spéciales ou à l'aide de tableaux³.

A et B représentent deux paramètres théoriques qui changent d'un lieu à un autre et d'un moment à l'autre. Black et Bonython ont référencés, à la suite de l'analyse de la relation entre la moyenne annuelle du rayonnement solaire et le nombre d'heures d'ensoleillement dans vingt deux stations balnéaires réparties dans la partie nord du globe que A est égale à 0,23 alors que B est égale à 0,48. Ils ont estimé que la valeur de B est stable approximativement alors que celle de A change de manière remarquable du fait du changement de l'exposition. Elle peut être évaluée par la formule suivante: $A = 0,29 \times \cos \text{Latitude}$ ⁴.

Dans tous les cas, le rayonnement solaire global connaît une répartition journalière dont le maximum se trouve être au zénith (midi) et une répartition annuelle dont le sommet est représenté par le milieu de l'année (l'été), ce qu'on peut appeler l'été de la journée, ou le zénith de l'année. Nous signalons par ailleurs que des pluies très légères - au point de ne pas voiler le soleil - accentuent la quantité de l'ensoleillement global, comme un ciel sans nuage, alors que les nuages compacts amoindrissent l'ensoleillement⁵.

Le degré d'ensoleillement global en été est ainsi plus élevé aux heures qui précèdent le milieu du jour que les heures de l'après midi et pour

¹ Constante solaire : 1.95 cal/cm²/min (Pierre PEDELABORDE, (1982),

Introduction à l'étude scientifique du climat, Paris, Soc. D'éd. De l'Ens. Sup., p55

² Abdel Kader Halimy, Introduction à la géographie climatique et écologique, Algérie, 1981, p74

³ Noman Chahada, Op.Cit., p 59

⁴ Ibid, p 60

⁵ M.Hyad, L'assèchement concentré du bois pour l'utilisation de l'énergie solaire, Sophie, 1988, p158

les mêmes raisons, il reste plus élevé au début de l'année que dans la seconde moitié¹.

Tableau n° (1) Répartition annuelle du rayonnement global au en Mauritanie (cal/cm²/min)

Station/ Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Année
Bir Mogrein	388	454	608	617	648	645	624	604	533	470	395	362	529
zouerate	404	466	548	621	627	575	581	559	499	471	415	378	512
Atar	425	481	576	625	632	638	615	589	529	476	435	411	535
Akjoujt	404	496	571	626	652	617	604	579	517	472	747	418	539
Nouadhibou	414	472	539	588	615	591	539	542	504	466	415	394	507
Nouakchott	418	491	560	608	599	581	541	550	529	489	454	414	519
Boutilimitt	422	503	569	618	617	588	577	558	539	499	458	424	533
Tidjikja	448	576	575	627	620	535	581	588	545	502	450	435	535
Nema	470	523	579	599	586	585	575	557	549	512	487	440	539
Aioun	457	516	579	607	570	561	542	533	527	478	452	437	522

Le tableau ci-dessus montre qu'à l'exception de la station d'Atar, où l'enregistrement a été fait en juin, le rayonnement maximal a été enregistré en avril dans les stations du Sud à Nema, Aioun, Tidjikja, Boutilimitt, Nouakchott et en mai dans le reste des stations du Nord. L'augmentation du niveau et les différences observées dans le rayonnement sont dus à la verticalité des rayons solaires sur le territoire national, à partir du sud.

En ce qui concerne le rayonnement minimal, il a été enregistré au mois de décembre sur toute l'étendue du territoire exceptée la station d'Akjoujt, où il a été noté en janvier. Ceci correspond à la position hivernale du soleil où il se situe au sud du front intertropical. Il faut signaler que le plus faible rayonnement a été enregistré à l'Est du pays au niveau de la station d'Aioun. Cela s'explique par l'effet de la réflexion, car cette partie du pays a un sol clair ou caillouteux et la couverture nuageuse est moins dense à l'est qu'à l'ouest.

La répartition annuelle (Carte n° 2) fait apparaître le plus grand rayonnement à Nema (539 cal/cm²/min) alors que Nouadhibou a enregistré le plus faible rayonnement (507 cal/cm²/min). Le rayonnement est plus faible en hiver qu'en été dans toutes les stations, et en général, la quantité globale du rayonnement varie entre 388 cal/cm²/min en janvier à Bir Mogrein et 52 cal/cm²/min en mai à Akjoujt.

¹ Abdel kader Ehleimy, op.cit., p-p 65-66

On peut expliquer certaines déviations des courbes de répartition du rayonnement général annuel par la réception d'une importante quantité d'énergie solaire à cause de la baisse de la couverture nuageuse dans cette partie contrairement au Sahel.

On peut repartir le rayonnement global en deux types:

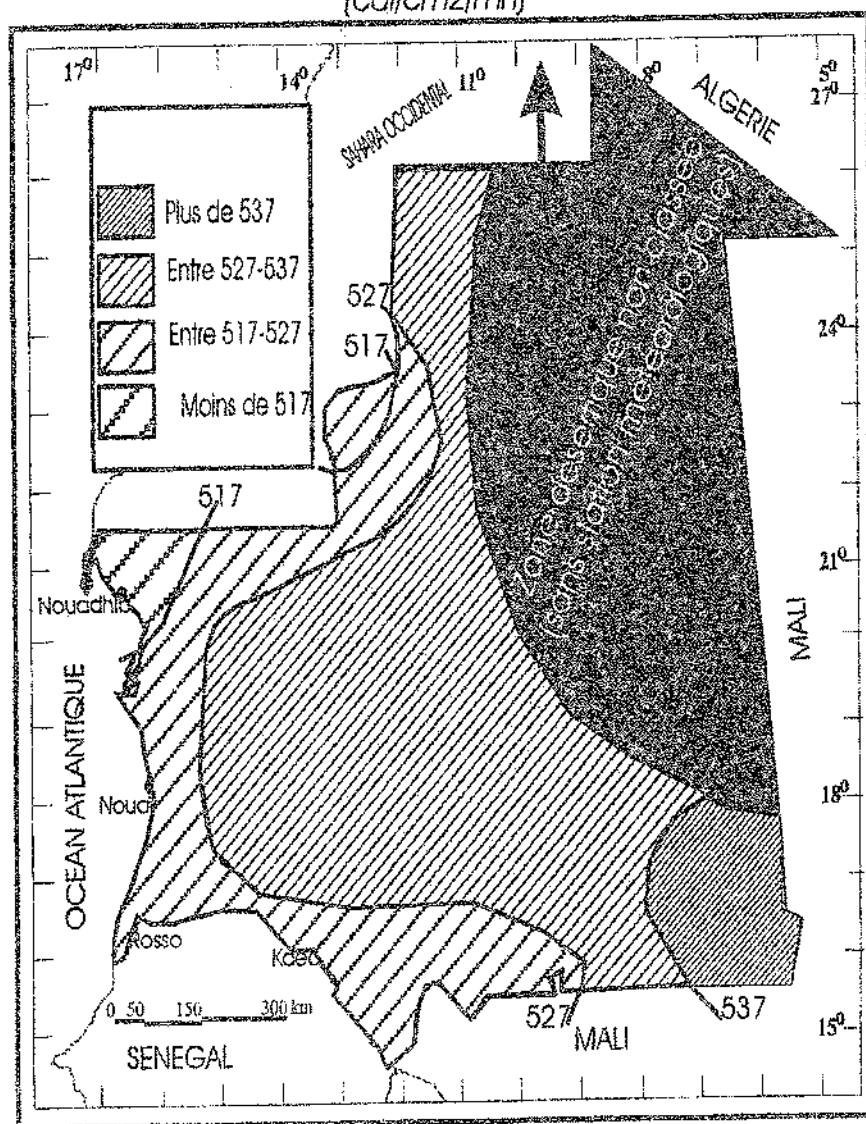
- Le rayonnement direct.
- Le rayonnement diffus.

2./ Le rayonnement direct

Le rayonnement direct désigne les rayons qui parviennent directement à la surface de la terre. Il diminue non seulement en s'approchant du sol mais aussi à chaque fois que le soleil incliné sur son zénith ou que l'air s'épaissit. Ces rayons sont connus aussi pour n'être pas les rayons diffus ou absorbés qui atteignent le sol, une partie du rayonnement est reflétée par la terre et une grande partie est absorbée et entraîne le réchauffement de la terre¹.

¹ Khouroumouv, B.C Atmosphère, Climat et Météorologie, Moscou, 1977, p 106

Carte n°2
Répartition annuelle du rayonnement global au
niveau des stations météorologiques mauritaniennes
(cal/cm2/mn)



Le rayonnement direct diminue lorsque l'angle d'incidence des rayons croît avec l'humidité de l'air. S'il concerne les quantités enregistrées au niveau des stations sans traverser les couches il est nécessaire qu'ils augmentent dans les périodes d'éclaircie et d'absence de nuages. On a constaté que le seuil maximum de ce rayonnement augmente lentement avec la diminution de l'altitude sans tenir compte de l'élévation du soleil. Cela s'explique par la diminution de l'air suite à l'évaporation. Le seuil maximum d'énergie reçue au niveau de l'équateur ne dépasse pas celui reçu à la limite des zones tempérées.

Dans l'air sec des déserts, la quantité enregistrée est estimée à $1,58 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$. Il est élevé du fait de la diminution de la couche d'air normale avec la même élévation du soleil selon la règle: chaque 100m augmente de $0,01-0,002 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$ dans la stratosphère et elle peut atteindre 1,7 ou plus dans les montagnes¹.

Tableau n° (2) Répartition du rayonnement annuel direct ($\text{cal/cm}^2/\text{min}$)

Mois/Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Année
Nema	338	372	417	413	381	374	363	340	315	368	346	295	361
Aioun	315	361	417	425	365	348	325	368	327	296	303	293	339
Tidjikja	313	415	414	458	422	300	372	380	349	331	302	313	359
Boutilimitt	283	342	398	445	426	376	364	340	340	319	307	284	357
Nouakchott	268	229	386	426	395	372	308	330	323	308	304	273	332
Akjoujt	251	347	399	457	476	413	399	376	310	293	304	293	358
Nouadhibou	277	316	361	394	412	378	302	320	292	284	270	264	325
Atar	164	174	190	193	180	172	139	118	112	137	150	169	156
Zouerate	148	171	182	172	146	127	115	117	108	129	139	139	137
Bir Mogrein	153	148	157	155	156	137	131	129	121	123	127	143	139

L'observation du tableau (2) démontre clairement que le rayonnement direct diminue en général aux mois de décembre et janvier. Il atteint progressivement son maximum en avril, bien que Nema, Bir Mogrein enregistrent leur maximum en mars tandis que Nouadhibou et Akjoujt en mai. C'est la période d'hivernage au cours de laquelle on observe la verticalité du soleil sur la zone d'étude et où apparaît l'influence des masses d'air humides sur le rayonnement. Ceci devient clair si on suit le mouvement apparent du soleil en relation avec la zone. C'est pourquoi la quantité minimale a été enregistrée aux mois de septembre et octobre qui sont considérés comme ayant la plus grande humidité relative².

¹ M. Hydad, Op.cit., p 121

² Bechiry O/ Mohamed Elwalaty, Climat de Mauritanie, thèse de Magister, Bagdad, I.R.E.A., 1990, p 100

On constate aussi à travers la répartition annuelle que la plus grande valeur a été enregistrée à Nema (361,1 cal/cm²/min) suivie de Tidjikja et Akjoujt tandis que la plu faible valeur fut celle de Nouakchott. Quant aux stations de Bir Mogrein, Zouerate et Atar, elles se caractérisent par des valeurs moyennes au sein du pays.

3 / La diffusion

Elle consiste en une infinité de réflexions par les molécules des gaz et les particules solides des suspensions. Il en résulte l'éparpillement de la lumière solaire dans toutes les directions et l'éclairement de l'atmosphère même quand soleil est masqué. Si la diffusion n'existait pas, le ciel apparaîtrait noir et le soleil comme une lampadaire dans la nuit¹.

Le rayonnement solaire subit de grandes modifications en traversant la l'atmosphère qui en transforme une partie aidée par d'autres éléments mélangés à l'air. Les rayons sont ensuite projetés de manière particulière: ainsi, une partie de ces rayons parvient à la surface de la terre tandis qu'une autre est réfléchié alors qu'une troisième est absorbée. Le reste remonte et retourne à l'air ambiant².

Le rayonnement change au cours d'une même journée. Il augmente à midi sous l'effet de l'élévation du soleil pour diminuer dans l'après midi. L'opacité de l'air transforme le rayonnement solaire; elle augmente le rayonnement diffus. A part cela, le rayonnement diffus change en fonction de la couverture nuageuse. Il est plus élevé pendant la mi-journée que pendant la matinée et l'après midi.

Au cas où l'angle d'incidence du système diminue le rayonnement diffus n'augmente plus la température au sol, mais augmente plutôt le degré d'humidité de 40%, surtout quand la couverture nuageuse ne masque pas le soleil³.

¹ P. Padelaborde, p57

² Khouroumouv, Op.cit., pp 65-66.

³ Ibid,p 122

Tableau n°(3) Répartition annuelle du rayonnement diffus en
Mauritanie(cal/cm²/min)

Station/Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Année
Nema	132	152	162	186	205	211	213	217	198	174	141	145	178
Aioun	142	155	162	182	205	217	217	165	200	182	149	144	182
Tidjikja	134	161	161	169	198	209	209	200	196	171	149	122	177
Boutilimitt	139	161	171	173	191	214	214	218	199	180	151	140	176
Nouakchott	151	162	174	182	204	233	233	220	206	181	150	141	187
Akjoujt	154	149	232	169	186	205	205	203	207	179	143	125	176
Nouadhibou	137	156	178	194	203	237	237	222	212	182	145	130	183
Atar	261	307	386	432	452	476	476	472	417	339	285	242	379
Zouerate	256	250	366	449	481	566	566	442	391	342	276	239	375
Bir Mogrein	235	306	451	462	492	493	493	476	412	347	268	219	390

L'étude du présent tableau fait apparaître nettement que le rayonnement diffus varie non seulement d'une station à une autre mais aussi d'un mois à un autre et sa quantité est plus faible dans toutes les stations à celle du rayonnement direct à l'exception des stations d'Atar, Zouerate et Bir Mogrein où le rayonnement diffus est à peu près le double du rayonnement direct. D'une manière générale on constate que la plus grande quantité du rayonnement diffus a été enregistrée à Bir Mogrein (508.5 cal/cm²/min en Mai) alors que la plus petite fut celle de Nema (136.6 cal/cm²/min en janvier).

En ce qui concerne la moyenne annuelle, la station de Bir Mogrein occupe la première place suivie d'Atar, Zouerate, Boutilimitt occupe la dernière place au classement précédé de Tidjikja et Nema ce qui signifie que les stations d'Aioun, de Nouadhibou et de Nouakchott ont enregistré une moyenne intermédiaire. Il faut noter que la quantité du rayonnement diffus atteint les 2/3 du rayonnement direct car ce rayonnement n'est pas en conformité avec les habitudes. On explique les déviations que subissent les lignes du rayonnement par la translucidité de l'air et par là, la couverture nuageuse.

4°/ La réflexion

Les nuages, le sol, les eaux liquides, la couverture végétale, les grains de sable et la vapeur d'eau réfléchissent les radiations solaires. On appelle albédo la fraction d'énergie réfléchie par rapport à l'énergie incidente.

On admet généralement que l'albédo de toute la planète et en moyenne de 0.30. Le reste de l'énergie se répartie ainsi : 0.22 abordé par l'atmosphère et 0.48 absorbé par le sol, tout en tenant compte du

changement saisonnier, c'est ce qui est appelé indice de réfraction¹. L'Albédo est égal à R_a/R_s où R_a est le rayon réfléchi et R_s le rayon global². Voici des exemples d'Albédo:

- Nuages 0,60-0,90--neige 0,85--sable sec et blanc 0,34--
- L'herbe sèche 0,31--terre sèche et aride 0,18--terre infertile 0,10--
- Une forêt dont les arbres sont tellement feuillus 0,04--une nappe profonde 0,01³.

Tableau n° (4) Répartition annuelle du rayonnement réfléchis en Mauritanie (cal/cm²/min)

Stations/mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Année
Nema	116	133	142	151	149	148	144	138	136	129	121	110	135
Aioun	115	130	146	152	143	141	136	132	133	120	114	110	132
Fidjikja	112	129	144	157	155	134	147	147	136	125	112	109	134
Boutilimitt	91	125	144	157	169	145	146	135	138	127	116	105	135
Nouakchott	106	124	141	153	151	144	134	137	134	123	112	101	129
Akjoujt	101	125	144	157	164	154	151	145	129	118	112	105	134
Nouadhibou	101	118	138	146	155	149	138	135	126	118	102	99	128
Katar	107	121	144	156	158	160	154	148	137	119	109	103	134
Zouerate	103	118	135	155	155	144	144	140	127	117	102	94	128
Bir Mogrein	99	112	154	157	160	161	158	149	132	116	100	96	133

Quant à la valeur du rayonnement réfléchi en Mauritanie, il a été calculé moyennant la valeur effective du rayonnement direct, sans négliger leur spécificité et leur nature dans des moments différents.

Les données du tableau (4) montrent que la hausse quantitative des rayons réfléchis en été, notamment dans les jours arides et semi-arides est due à l'augmentation de l'aridité au niveau superficiel de la terre et au changement de sa couleur, lesquels donnent lieu généralement à l'augmentation du rayonnement global. En Hiver, les données sont complètement renversées, puisque le degré de réflexion décline si bas, la raison en est que la couleur de la terre incline à l'opacité, surtout dans le sud.

Aussi, il ressort de ce tableau qu'en Mauritanie, la valeur de la quantité des rayons réfléchis change pendant l'année puisqu'elle baisse dans les zones côtières (stations de l'Ouest) et s'élève dans les zones arides (stations du Nord).

Le rayon réfléchi constitue en, général une proportion de 24-27% du rayon global et change au rythme des saisons; il enregistre le plus haut degré

¹ Mohamed Welid Kamel, Climat et Météorologie, Haleb, 1983, p 66.

² M. Budyko, Op.cit, p-p 51-59. 19°/- Ibid, p 71.

³ G.Viers, Eléments de climatologie, Paris, 1971, p 37.

en été (il varie entre 139 et 169 cal/cm²/min) tandis qu'en hiver, il descend au plus bas niveau entre 91 et 133 cal/cm²/min).

Le même tableau montre aussi combien les valeurs des albédos varient des stations côtières aux autres stations. Il existe ce qu'on appelle le rayon pur, il est symbolisé par RN et il est calculé comme suit¹:

$$RN = Ra - Rs \text{ où}$$

Ra = Le rayon réfléchi

Rs = Le rayon global

Le rayon pur se répartit comme suit:(22)

35% est attribuée aux êtres vivants, elle est symbolisée par G

0,95% est considérée comme rayon terrier symbolisé par RT.

17,33% est destinée à chauffer l'air symbolisée par H

81,37% est la part l'évaporation symbolisée par LE.

5 /Les rayons efficaces

Il s'agit de tous les rayons longs et invisibles reflétés par la terre; ils sont précisément, le résultat d'une énergie rayonnante absorbée par la terre. En effet, la terre perd pendant la nuit une partie de sa chaleur, cette chaleur est enregistrée par un appareil spécial appelé Brikimètre. La valeur de ce rayon est calculée en appliquant l'équation suivante².

$$E = E0(1 - CN^2 - 4S0 @ (OW - O)) \text{ soit}$$

E0=Le rayon efficace ou le ciel est dégagé

C=Coefficient reflétant l'effort du nuage sur le rayon efficace

S0=Coefficient reflétant les différences

-11

@= Une proportion stable (Stefan-Bolzmann) $814 \times 10 \text{ lanki/min}^3$

O =La chaleur de l'air

OW=La chaleur de la superficie de la terre

Le rayon efficace peut également se définir ainsi:c'est une énergie que la superficie de la terre perd au détriment de la différence entre le rayon terrier et le rayon de la couche d'ozone. La terre perd en effet une partie de son énergie; en ce sens le rayon efficace est ainsi calculé⁴:

$$Ee = Es - Ea$$

Ee=Le rayon efficace

¹ M.Hyad, Op.cit., p 101

² Fadel Bagher El Haceny, Op. cit. , p 410.

³ Mohamed Welid Kamel, Op.Cit., p 58

⁴ Khouroumouv, Op.cit. p 128.

Es=Le rayon terrier

Ea=Le rayon de la couche d'ozone

Tableau n° (5) Répartition annuelle du rayonnement efficace en Mauritanie
(cal/cm²/min)

Station/ Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Année
Nema	295	301	301	283	248	189	136	112	118	224	283	271	230
Aioun	269	282	303	288	251	191	134	110	139	205	237	248	221
Tidjikja	248	260	266	266	236	171	153	148	159	201	224	254	215
Boutilimitt	254	260	266	266	248	195	142	118	130	189	224	242	211
Nouakchott	212	201	207	201	165	148	94	100	112	148	183	207	165
Akjoujt	210	231	238	243	243	209	169	158	153	183	212	225	206
Nouadhibou	277	171	171	171	165	153	118	118	124	136	142	153	150
Atar	237	248	260	264	257	245	207	178	183	214	227	241	230
Zouerate	218	224	236	236	212	183	189	189	183	201	207	207	207
Bir Mogrein	218	212	218	212	217	195	195	189	183	183	189	207	201

Le tableau ci-dessus montre que la quantité des rayons efficaces dépasse, en général, celle des rayons réfléchis. Quant aux différences annuelles, des rayons enregistrés au niveau de chaque station, on constate, contrairement aux rayons réfléchis qu'elles sont insignifiantes. Ceci s'explique par la hausse du rayon terrier aussi bien en été qu'en hiver. S'ajoute à cela que la perte d'énergie de la chaleur occasionne un effondrement de l'équilibre du rayonnement. Nous signalons que toute abondance des nuages provoque une augmentation de la valeur du rayon en face, et en réduit celle des rayons efficaces. Car, ceux-ci diminuent très considérablement sous un ciel nuageux. Dans ce cas les nuits sont froides.

Le rayon efficace apparaît aussi dans la journée, mais une forte quantité de ce rayon disparaît, elle est remplacée par le rayon absorbé. C'est pourquoi la terre est plus chaude pendant la journée que pendant la nuit; cet état de fait est lié au fait que le rayonnement efficace est plus abondant lors de la journée.

Il y a lieu de constater que la quantité des rayons efficaces tourne aux alentours du chiffre de 200, il y a, cependant des exceptions qui varient entre 301 calories/cm²/min au maximum et 91 cal/cm²/min au minimum.

Le seuil maximum des rayons efficaces ne s'enregistre pas en hiver; le seuil minimal, lui, s'enregistre en été. Ce rayon atteint son plafond dans toutes les stations mauritaniennes, en mars sauf celles d'Akjoujt et d'Atar dont les plafonds sont enregistrés en avril, il recule au plus bas dans toutes les stations en Août exceptées celles de Bir Mogrein et Akjoujt où le seuil minimal est enregistré en septembre

Ceci peut s'expliquer par les conditions d'inexistence des nuages durant les mois dont les rayons efficaces sont en hausse et leur opacité pendant ceux dont les rayons réfléchis sont insignifiants. On voit aussi que l'humidité relative engendre une nette réduction de la quantité des rayons réfléchis en hiver. Comme on remarque encore que les quantités des rayons réfléchis enregistrées tout au long de l'année se rapprochent dans les stations de Bir Mogrein, Zouerate, Nouadhibou et s'éloignent dans les stations Nema, Aioun et Boutilimitt.

On peut dire d'une manière générale, que dans ce type de rayon réfléchi, l'écart diminue en avançant vers le nord. La plus grande moyenne annuelle des rayons réfléchis est enregistrée dans les stations de Nema et d'Atar (230 cal/cm²/min) et la plus petite est enregistrée à la station de Nouadhibou (150 cal/cm²/min).

6 ° / L'absorption

La quantité des rayons réfléchis absorbés par la terre varie suivant l'opacité de la couche de l'air reflétée par les rayons qui tombent en pic ou inclinés ou suivant la quantité des gaz, des poussières, des nuages, et des autres matières contenues dans l'air. Aussi, la plupart des rayons infrarouges sont absorbés par l'ozone¹. Les gaz de l'air qui absorbent remarquablement bien les rayons sont la vapeur de l'eau, l'oxyde de carbone et l'ozone².

Tableau n° (6) Le rayonnement absorbé en Mauritanie (cal/cm²/min)

Station/ Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Année
Nema	354	390	437	448	437	437	431	419	413	383	366	330	404
Aioun	342	383	437	455	420	420	406	401	394	358	338	327	390
Tidjikja	336	447	431	470	401	401	434	441	409	377	338	326	401
Boutilimitt	331	378	425	461	443	443	431	423	401	372	342	319	398
Nouakchott	312	366	419	455	437	437	407	413	395	366	342	313	400
Akjoujt	303	372	427	469	463	463	453	434	388	354	335	313	400
Nouadhibou	313	354	401	442	442	442	401	407	378	348	313	295	399
Atar	318	360	432	469	478	478	461	441	392	357	326	368	401
Zouerate	301	348	413	466	472	431	437	419	372	354	313	284	384
Bir Mogrein	289	342	454	460	488	484	466	455	401	354	295	266	396

¹ Abdel Ghany Jemil Soutan, Le Climat, ses éléments et ses changements, Bagdad, 1985, p38

² L.O.A.D.A., Le Climat agricole, Mauritanie, Khartoum, 1977, p 55.

Le tableau ci-dessus présente les données relatives aux rayons absorbés. Ces rayons ont une grande importance dans l'étude de l'équilibre du rayonnement. On remarque que la moyenne générale de ce rayonnement est assez élevée en Mauritanie (394 cal/cm²/min). Cinq stations sont au dessus de cette moyenne et cinq en dessous.

On constate par ailleurs que la station de Nema enregistre la plus grande quantité du rayonnement absorbée au cours de l'année. Elle est suivie de Tidjikja, Atar et Akjoujt (zone désertique). Les plus petites quantités sont enregistrées à Nouadhibou, Zouerate, Nouakchott et Aioun (zone subdésertique). Le tableau montre aussi que le rayonnement absorbé atteint son seuil minimal pendant la période de l'hiver suite à la diminution du rayonnement général. Le seuil maximal est atteint au mois de mai.

LE BILAN RADIATIF

Le bilan radiatif est une série d'échanges spécifiques entre les différents types de rayonnement, ce qui maintient l'équilibre énergétique durant les échanges diurnes et nocturnes et le produit qui en résulte¹.

La voie la plus sûre pour l'étudier est de le considérer comme un système principal parmi les systèmes de l'énergie. Il est composé de deux systèmes enchevêtrés: le rayonnement solaire et le rayonnement terrestre² d'où la nécessité de préciser la nature de tous les rayonnements qui composent ce système.

On constate qu'en réalité, le bilan énergétique est la différence entre le rayonnement global et l'ensemble du rayonnement diffus et du rayonnement efficace. C'est ce que représentent les données du tableau n° 7. Il est calculé par l'application de l'équation de Y.Bodico³ (30):

R	= (Q+q) (1-a)E; soit
Q	= Rayonnement direct
q	= Rayonnement diffus
a	= Degré de reflet du sol en % (=albédo)
E	= Rayonnement efficace.

¹ Mohamed Welid Kamel , Op,cit , p 67

² Noman Chahada, Le Climat, Amman, 1986, p90.

³ Fadel Bagher El Haceny, Op. cit, p409

Tableau n° (7) Répartition annuelle du bilan radiatif dans les en Mauritanie (cal/cm²/min)

Mois/Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Année
Nema	59	89	136	165	189	248	295	307	295	159	83	59	174
Aioun	73	104	130	167	176	229	272	291	255	153	101	79	169
Tidjikja	188	127	165	204	229	230	281	293	250	176	114	72	86
Boutilimitt	77	118	159	195	212	248	289	301	271	183	118	77	187
Nouakchott	100	165	212	254	283	289	313	313	283	218	159	106	225
Akjoujt	93	141	189	226	245	254	284	276	235	171	123	88	194
Nouadhibou	136	183	230	271	295	289	283	289	254	212	171	142	229
Atar	81	112	172	205	217	233	254	263	209	143	99	67	171
Zouerate	83	124	177	230	260	248	248	230	189	153	106	77	177
Bir Mogrein	71	130	236	248	271	289	271	266	218	171	106	65	195

Le tableau n° (7) montre que le maximum énergétique est enregistré à Nouakchott à savoir 313 cal/cm²/min au mois d'août, ce qui explique que cette région reçoit le maximum de rayonnement global et le rayonnement efficace reste minimal dans les autres régions à cause de l'humidité.

Nema enregistre la plus petite moyenne du bilan énergétique avec 59 (cal/cm²/min) au mois de janvier. Ceci s'explique par la diminution du rayonnement général (nébulosité est plus importante).

En Mauritanie, le minimum du bilan énergétique est enregistré en hiver. Il peut atteindre des moyennes plus petites dans les régions du sable blanc. Le maximum du bilan énergétique est généralement enregistré au mois de décembre ou de janvier. A partir du mois de février le bilan énergétique augmente exponentiellement jusqu'à atteindre son maximum au mois d'Août.

On peut constater à partir du tableau (7) que les valeurs du bilan énergétique au printemps sont supérieures à celles de l'automne. Ceci est dû à la légère augmentation du rayonnement global au printemps de même qu'à l'augmentation de la nébulosité.

A partir de ces résultats, on peut diviser la Mauritanie en régions sur le plan du rayonnement (cf. carte n° 3). Quatre régions dont le rayonnement diminuent chaque fois qu'on progresse vers les zones continentales en s'éloignant de l'océan atlantique.

Carte n°3
Répartition annuelle du bilan énergétique au
niveau des stations météorologiques mauritaniennes
(cal/cm²/mn)

