

**République Algérienne Démocratique et populaire Ministère de  
l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Ahmed Draya Adrar Faculté des sciences et de la technologie  
Département des sciences de la matière**



**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master  
en physique énergétique**

**Thème**

**Quantification de l'albédo des obstacles entourant un panneau  
solaire dans un milieu Désertique**

**Préparé par :**

**Arrachdi Latifa**

**Encadré par:**

**Dr / M. Boussaid**

**Dr / Kada Bouchouicha**

**Jury d'évaluation :**

**Dr/ Mansouri Ismail**

**Dr/ Harrouz A/Kader**

**Septembre 2020**

<b>Sommaire .....</b>	<b>I</b>
<b>Remerciement.....</b>	<b>II</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>III</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>IV</b>
<b>Résumer.....</b>	<b>V</b>
<b>Introduction Générale .....</b>	<b>VI</b>
<b>Chapitre1 : généralités sur le gisement solaire</b>	
Introduction... ..	4
I-1-Mouvement de la terre autour du soleil... ..	5
I-2-rayonnement solaire à l'extérieur de l'atmosphère .....	5
I-2-1- le spectre de rayonnement solaire .....	6
I-3-la distance terre - soleil.....	7
I-4-la correction terre - soleil... ..	7
I-5-Repérage d'un site sur le surface terrestre.....	8
I-5-position du soleil .....	8
I-5-1-coordonnées équatoriales .....	8
I-5-1-1-déclinaison du soleil ( $\delta$ ) .....	9
I-5-1-2-angle horaire du soleil(H).....	9
I-5-2-coordonnées horizontales .....	9
I-5-2-1-hauteur du soleil(h) .....	9
I-5-2-2-azimut du soleil(a)... ..	10
I-6-équation de temps.....	11
I-7- Composition de rayonnement solaire .....	11
I-7-1-rayonnement direct.....	12
II-7-2-rayonnement diffus... ..	12
II-7-3-rayonnement réfléchi ou l'albédo... ..	13
II-7-4-rayonnement globale.....	14

I-8- Conclusion .....	15
-----------------------	----

## **Chapitre 2 : généralité sur l'albédo et sa variation**

Introduction .....	17
II-1-définition de l'albédo .....	16
II-2-variation de l'albedo.....	17
II-3-l'effet de l'albédo .....	17
II-3-1-méthodes pour mesure l'albédo.....	18
II-3-2- Détermination de surface de l'albédo.....	19
II-3-3- variation de l'albédo a différentes types de sol.....	19
II-4-Instrument de mesure .....	20
II-4-1-le pyranomètre .....	20
II-4-2-le pyréliomètre .....	20
II-4-3-l'albédo-mètre.....	21
II-4-3-1- définition de l'albédo-mètre.....	21
II-5-Les installation pour mesure les différentes radiations .....	21
II-5-1-L'installation pour mesure le rayonnement réfléchi .....	22
II-5-2-L'installation pour mesure le rayonnement diffus .....	22
II-5-3-L'installation pour mesure le rayonnement globale.....	22
II-5-4- l'installation pour mesure l'albédo (l'albédo-mètre).....	23
II-4-conclusion.....	23

## **Chapitre3 : Quantification de l'albédo de quelques objets colorés dans la région d'Adrar**

III-1-Introduction .....	25
III-2-Présentation du banc d'essai installé dans l'URERMS.....	29
III-3-caractéristique géographique et météorologique du région d'Adrar.....	29
III-2-1-description les composantes de prototype du banc d'essai .....	30
III-2-2-description les zones de prototype du banc d'essai .....	30
III-3-Résultats et discussion.....	31
III-3-1-la variation de l'albédo.....	32
III-3-2-la représentation des graphes de l'ensoleillement direct et réfléchi.....	33

III-3-3-la représentation des graphes des albédos journalières... ..	33
III-4-Conclusion.....	34
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>35</b>
<b>Références bibliographies .....</b>	<b>37</b>

## Résumé:

L'éclairage du au rayonnement solaire réfléchi par les surfaces proches du module solaire photovoltaïques dépend fortement du type et la nature du sol et plus précisément de son albédo. L'albédo de surface est défini comme étant le ratio entre le rayonnement réfléchi par le sol au rayonnement global correspondant. Il prend en compte les composantes directes et diffuses de rayonnement. Il dépend principalement de la longueur d'onde du rayonnement incident, l'angle d'incidence, la nature du sol et l'état de la surface. Il est mesuré par un Albédo-mètre. C'est un instrument composé de deux pyranomètre montés en opposition, l'un captant le rayonnement solaire incident total et l'autre le rayonnement solaire réfléchi par la surface. L'objectif de ce travail de mémoire de master consiste à étudier la variabilité temporelle de l'albédo à travers une étude expérimentale concernant la mesure de l'albédo, ainsi que sa variation pour différents types de sol dans un mili

eu naturel saharien.

**Mots clés :** rayonnement solaire réfléchi, rayonnement solaire incident, albédo, albédo-mètre, pyranomètre.

## ملخص :

إن إشعاع الأشعة الشمسية المنعكس من الأسطح القريبة من الوحدة الشمسية الكهروضوئية يعتمد بشدة على نوع وطبيعة الأرض. يعرف البياض السطحي بأنه النسبة بين الإشعاع المنعكس من الأرض والإشعاع الكلي الموافق. يأخذ في الاعتبار المكونات المباشرة والمنتشرة للإشعاع, ويعتمد بشكل أساسي على الطول الموجي للإشعاع الساقط, زاوية الورود, طبيعة التربة وحالة السطح. يقاس بواسطة البيد ومتر, الذي هو جهاز يتكون من اثنين بايرونمتر متموضعة بالعكس, أحدها يستقطب الأشعة الشمسية الواردة الكلية والآخر الأشعة الشمسية المنعكسة على السطح.

الهدف من انجاز مذكرة الماستر يرتكز على دراسة التغير الحراري للبياض عن طريق انجاز دراسة ميدانية تتعلق بقياس البياض السطحي, وأيضا تغيره بالنسبة لأنماط مختلفة للتربة في وسط صحراوي

## الكلمات المفتاحية :

الأشعة الشمسية الواردة, الأشعة الشمسية المنعكسة, البياض السطحي, البدو متر, بايرونمتر.

**Abstract:**

The illumination due to the solar radiation reflected by the surfaces close to the photovoltaic solar module strongly depends on the type and nature of the ground and more precisely on its albedo. The surface albedo is defined as the ratio between the radiation reflected by the ground and the corresponding global radiation. It mainly depends on the wavelength of the incident radiation, the angle of incidence, the nature of the soil and the surface condition. It is measured by an albedo meter. It is an instrument composed of two pyranometers mounted in opposition, one capturing total incident solar radiation and the other capturing solar radiation reflected from the surface. The objective of this master's thesis is to study the temporal variability of albedo through an experimental study concerning the measurement of albedo, as well as its variation for different types of soil in a Saharan natural environment.

**Key words:** reflected solar radiation, incident solar radiation, albedo, albedo-meter, pyranometer

Tableau I.1 : Les valeurs de l'albédo selon la surface du sol

Tableau II-1: Réflectivité ou "albédo" pour différentes surfaces

Tableau II-2 : albédo typiques des différents types de surface

Tableau III-1: Données géographiques du site d'Adrar

Tableau III-2 : Caractéristiques de l'albédo –mètre

Tableaux III-3:les mesures de l'albédo pendant 9 jours

### **Listes des figures**

Figure I.1 : Mouvement de la terre autour du Soleil

Fig. I.2 : Equinoxe de printemps

Fig. I.3: Solstice d'été

Fig. I.4 :L'angle d'inclinaison solstice d'hiver

Figure I.5: Le corps noir à 5800 °K et les spectres des rayonnements solaires

Figure I.6: Distance terre-soleil

Figure I- 7: schématisation de la latitude

Figure I-8 : schématisation de la longitude

Figure I.9 : Déclinaison solaire

Figure I.10 : déclinaison du soleil en fonction du numéro du jour de l'année

Fig. I.11: Angle horaire du soleil

Fig. I.12 : les coordonnées horizontales

Figure I.13: Hauteur (h) ; azimut(a) du soleil

Figure I-14: Graphe des variations annuelles de l'équation du temps

Figure I.15: Rayonnement Direct

Figure I.16: a) Rayonnement Diffus b) L'éclipse solaire totale mettant en évidence le rayonnement diffus de la couronne solaire

Figure I.17: le rayonnement global (les trois composantes des rayonnements solaires)

Figure II.1: Flux solaire et albédo

Figure II.2: le pyranomètre

Figure II.3: l'instrument pyréliomètre

Figure II.3: l'instrument l'albédo- mètre

Figure III.1: photos du prototype de l'installation de l'albédo – mètre

Figure III.2: diffus and reflected radiation Le 06/03/2020 (terrain nu)

Figure III-3: diffus and reflected radiation Le 07/03/2020 (terrain nu)

Figure III.4: diffus and reflected radiation Le 09/03/2020 (terrain plâtré)

Figure III.5: diffus and reflected radiation Le 10/03/2020 (terrain plâtré)

Figure III-6: diffus and reflected radiation Le 17/03/2020 (terrain plâtré + peinturé en blanche)

figure III-7: diffus and reflected radiation Le 27/03/2020 (terrain plâtré + peinturé en blanchefigure

III-8: albedo in different cases.

## **Remerciement**

Je remercie **ALLAH** le Tout-puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce thème de mémoire.

En premier lieu, j'aimerais remercier vivement mon directeur de mémoire **Dr Boussaid Mohammed**, Professeur à l'université Ahmed Draia, Adrar, d'avoir accepté de diriger ces travaux de mémoire. Je voudrais lui exprimer toute ma gratitude pour la grande confiance, les informations et les conseils pour réaliser ce travail malgré tout les obstacles, surtout la période du virus corona Covid-19.

Mes remerciements vont également au Co-encadreur **Dr. Kada BOUCHOUICHA**, attaché de Recherches à L'unité de recherche en énergies renouvelables en milieu saharien d'Adrar (**URERMS**) Pour ces conseils scientifiques et sa disponibilité sans limite pour fait les travaux pratiques.

En deuxième lieu, je remercie mes très chères parentes, ma mère et mon père pour le grand plaisir matériel et moral durant toute la période d'étude reconnaissant à cette faveur.

À la fin, je remercie également tous les personnes qui ne sont pas citées et qui sont de près ou de loin participé à la réalisation de ce travail.



## DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents. « Fatna et Abderrahmane »

A mon grand père et ma grande mère

A mes chères sœurs « Fatna, Fatiha, Djamilia, Aicha, Warda, Wasila, Fatima Zohra, Zineb »

A mon chère frère « Aniss (Mohammed Elsalah) »

A mes enfants des sœurs, spécifique « Ritaj, Mohammed Islam »

A tous mes amis « Zineb, Hafsa, Khadidjate, Fatna,

Samirate, Hasna, Souad et Zohra....etc. »

A toute ma famille « oncle, cousin....etc. »

A toute la famille Arrachdi et la famille Yamouni

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*Latifa*

Depuis le début du siècle, la consommation énergétique mondiale est en très forte croissance dans toutes les régions du monde à cause de la demande croissante des consommateurs. Les consommations d'énergie vont continuer à augmenter, sous l'effet de la croissance économique d'une part, et de l'augmentation de la consommation d'électricité par habitant d'autre part. Pour cela les énergies renouvelables apparaissent à nos jours et à long terme comme la solution adéquate qui couvre ce besoin énergétique. Elles sont devenues une forme d'énergie indispensable par leur souplesse, la simplicité d'utilisation [1]. Les énergies renouvelables offrent la possibilité de produire de l'électricité ou produire la chaleur. On distingue plusieurs types des énergies renouvelables comme l'énergie solaire, l'éolienne, la biomasse et l'énergie hydraulique...etc. Les énergies renouvelables peuvent être classées en trois grandes familles, l'énergie d'origine mécanique (la houle, celle du vent), énergie électrique (panneaux photovoltaïques) ou l'énergie sous forme de la chaleur (géothermie, solaire thermique,...etc.). Sachant qu'à la racine de toutes ces énergies est celle en provenance du soleil, transformée ensuite par l'environnement terrestre. Parmi les différentes sources citées, deux retiennent l'attention pour leur important potentiel, l'énergie éolienne et l'énergie solaire [2]. L'énergie solaire est la ressource énergétique inépuisable la plus abondante sur terre, elle représente l'origine du majeur des énergies renouvelables. Une étude a déclaré que seulement 13% environ de l'énergie solaire incidente totale est converti en électricité et peu est réfléchi par la cellule surface [3, 4]. Le rayonnement solaire peut être utilisé pour produire soit directement de l'électricité à l'aide de semi-conducteurs photovoltaïque, soit de la chaleur Solaire thermique pour le chauffage ou la production électrique [5]. La conception et le dimensionnement d'un système solaire sont dépendants à la connaissance du gisement solaire. Il doit être évalué précisément le potentiel énergétique qu'on peut attendre du rayonnement solaire dans un lieu particulier (ex : la zone de la wilaya d'Adrar où se situe la partie expérimentale de ce travail de recherche). L'Algérie a lancé des programme très importants pour l'utilisation d'énergie solaire pour divers secteurs. La région d'Adrar est l'un des sites les plus favorables à l'utilisation de l'énergie solaire avec un flux moyenne qui dépasse le 7 KWh/m<sup>2</sup>/j et d'ensellement de plus des 3500 heures par ans. Les connaissances sur le gisement solaire pour une zone géographique restent essentiels, il est nécessaire d'effectuer beaucoup des mesures expérimentales sur les composantes de rayonnement solaire (diffus, réfléchi et albédo au sol) et pour plus une année, également d'autres voies menant à la compréhension de tous les données régissant les irradiations solaires des sites données et étudies les performances des systèmes solaires [5]. Parmi ces voies, la simulation et la modélisation des systèmes solaire et l'analyse de leurs performance grâce aux ordinateurs. Cela requiert moins de matériel (un seul ordinateur suffit pour étudier les irradiations

solaires dans une infinité de régions quel que soit leur caractéristique géographique, moins de temps et tous cela sans danger pour les utilisateurs et presque sans coût de revient (pas de consommables à recharger). En effet, l'étude de ces systèmes requiert le passage par des modèles du rayonnement solaire. Le but de cette modélisation est de fournir aux chercheurs toutes les informations nécessaires pour dimensionner les systèmes solaires et analyser leurs performances de fonctionnement. L'objectif de notre travail est d'étudier expérimentalement et la quantification de l'albédo au sol. Nous chercherons à évaluer l'albédo pour la région d'Adrar. Ce travail a été organisé et structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à l'étude du gisement solaire avec quelques notions et définitions météorologiques (la correction de distance terre – soleil, équation du temps, les coordonnées du soleil) couramment utilisées dans le domaine solaire.
- Dans le deuxième chapitre je fait un bref rappel sur l'albédo et on parle sur l'effet d'albédo et comment fait l'installation pour mesurer le rayonnement d'albédo. Nous terminons avec une présentation des appareils de mesure du rayonnement.
- Dans le troisième chapitre, on présente l'étude expérimentale de l'albédo qui nous donne la chance pour quantifier l'albédo de certains objets colories dans le milieu désertique d'Adrar et conclure l'importance ou non d'exploiter cette énergie perdue, avec des résultats.

Notre travail est clôturé par une Conclusion générale qui résume les résultats obtenues et expose quelques perspectives de recherche envisagées.

### Chapiter I : Généralité sur le Gisement Solaire

#### **Introduction:**

L'énergie solaire c'est une énergie renouvelable, de nature ondes électromagnétiques, liée au rayonnement émis par le soleil. Elle est à l'origine des ressources énergétiques fossiles, accumulées au cours des ères géologique, comme le charbon, le pétrole et le gaz naturel. On peut l'exploiter par l'utilisation des capteurs solaires, en produisant de la chaleur ou de l'électricité pour satisfaire nos besoins en énergie tout en protégeant notre environnement.

Toutefois, la conception et le dimensionnement d'un système solaire sont subordonnés à la connaissance du gisement solaire disponible. Cette partie doit nous amener à évaluer précisément le potentiel énergétique qu'on peut attendre du rayonnement solaire dans un lieu particulier. Les données météorologiques déterminent l'énergie disponible pour le plan horizontal, elles doivent être transportées dans le plan incliné des capteurs, en tenant compte de divers effets perturbateurs tels que l'horizon, les réflexions du sol et les ombrages d'objets proches éventuels [5]. Dans ce chapitre, on va présenter quelques notions et quelques paramètres météorologiques qui définissent le gisement solaire d'un lieu sur terre.

#### **Mouvement de la terre autour du soleil :**

La trajectoire de la Terre autour du Soleil est appelée orbite. Le plan de l'orbite terrestre est appelé l'écliptique. La durée de révolution de la Terre autour du Soleil est de 365,25 jours par ans (à raison d'une année bissextile de 366 jours une fois tous les quatre ans). La variation des saisons au cours de l'année est due à l'inclinaison de la Terre et à sa trajectoire écliptique. En effet, l'année se divise en quatre saisons d'une durée d'environ de trois mois. Le début de l'été est marqué par le solstice d'été (le 21 juin), la journée la plus longue pour l'hémisphère nord alors que le solstice d'hiver (le 21 décembre), la journée la plus courte pour l'hémisphère nord. En fonction des saisons, la hauteur du Soleil dans le ciel est différente : au solstice d'été, la hauteur du Soleil est maximale. En Adrar, la journée la plus longue est plus de 16h et la journée la plus courte est moins de 8h. On peut voir que la même quantité d'énergie est répartie, le 21 décembre, sur une plus grande surface, ce qui explique que les températures soient plus basses dans l'hémisphère nord à cette époque. En revanche, au même instant au niveau de L'hémisphère sud, la quantité d'énergie est concentrée sur une plus petite surface, ce qui explique qu'il fasse beaucoup plus chaud (même phénomène que l'hémisphère nord en été) [6].

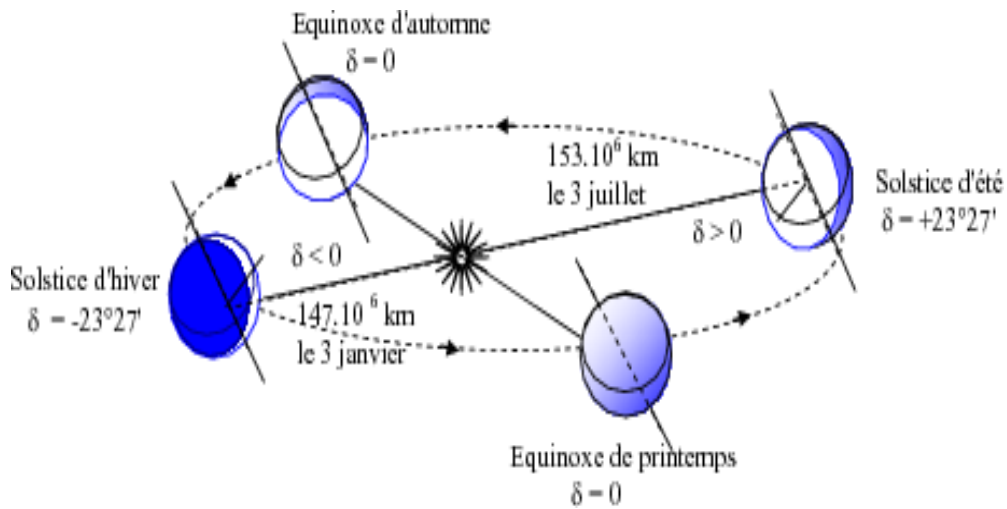


Figure I-1 : schématisation de mouvement de la terre autour du

soleil [7] On peut remarquer que :

- Aux équinoxes de printemps et d'automne (21 mars, 21 septembre), à midi, le rayonnement solaire est perpendiculaire à l'équateur (latitude  $0^\circ$ ) et partout sur le globe, les jours et les nuits sont de durée égale. C'est à ce moment que la hauteur du Soleil à midi est la plus facile à calculer. En effet, sa hauteur est égale à l'angle complémentaire de la latitude =  $90^\circ - L$  (figure I-2) :

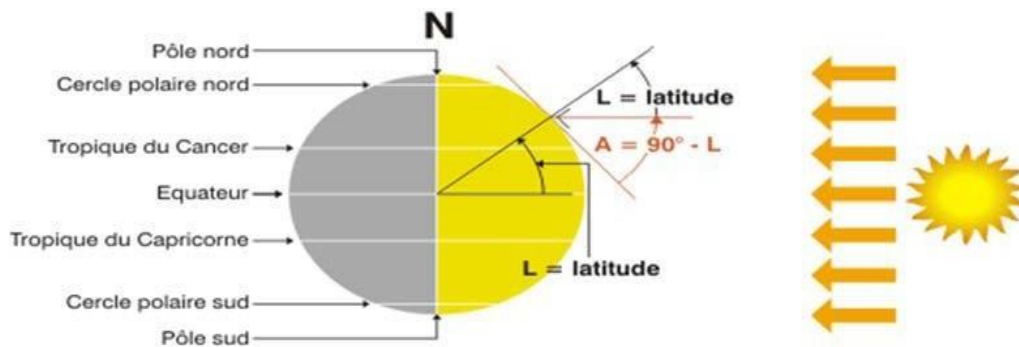


Fig. I.2 : Equinoxe de printemps [8]

- Au solstice d'été (21 juin), la terre est inclinée vers les rayons solaires et, à midi, ceux-ci sont perpendiculaires au tropique du cancer (latitude est  $23^\circ27' N$ ). Le Soleil ne se couche jamais dans les régions du globe situées à l'intérieur du cercle arctique (celui-ci se trouvant en  $23^\circ27'$  au-dessous du pôle Nord). La hauteur du Soleil à midi (solaire) est de  $23^\circ27'$  supérieure à celle de l'équinoxe. Le  $H = 90^\circ - L + 23^\circ27'$  :

- Au solstice d'hiver (22 décembre), l'angle d'inclinaison est inversé et c'est le tropique du capricorne (latitude 23°27' S) qui bénéficie d'un rayonnement perpendiculaire. La hauteur du Soleil à midi est de 23°27' inférieure à celle de l'équinoxe  $H = 90^\circ - L - 23^\circ27'$ [8].(voire la figure I-4) :

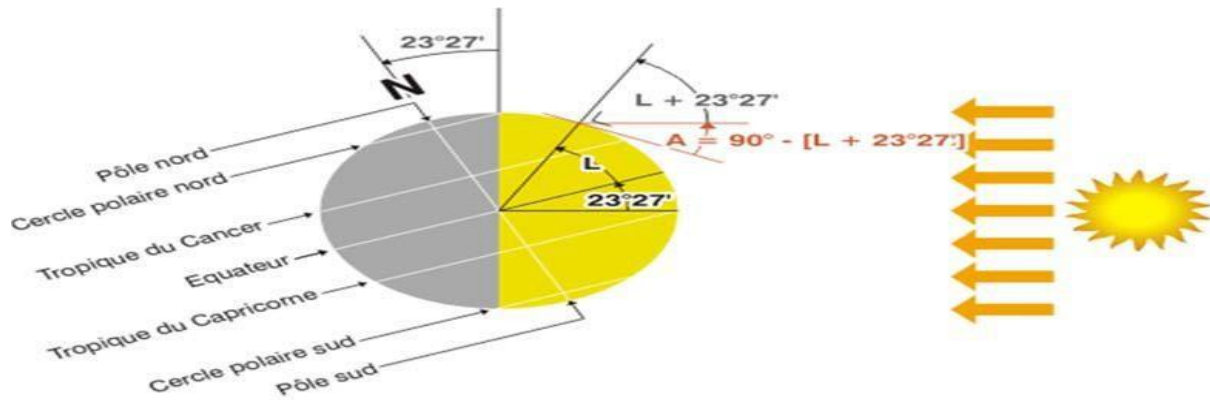


Fig. I.4 : L'angle d'inclinaison, solstice d'hiver [9]

### 1.2.1 Rayonnement solaire à l'extérieur de l'Atmosphère :

Le soleil est une étoile parmi tant d'autres. Il a un diamètre de 1390000 km, soit environ 50 fois celui de la terre. Il est composé à 80% d'hydrogène, 19% d'hélium et 1% d'un mélange de 100 éléments, soit pratiquement tout les éléments chimiques connus depuis que Langevin et Perrin. S'appuyant sur la théorie de la relativité d'Einstein, c'est l'énergie de fusion nucléaire qui fournit au soleil sa puissance, il est aujourd'hui admis que le soleil est une bombe thermonucléaire hydrogène –hélium transformant chaque seconde 564 millions de tonnes d'hydrogène en 560 millions tonnes d'hélium, la réaction se faisant dans son noyau à la température d'environ 25 millions de degrés Celsius [10]. Ainsi, à chaque seconde, le soleil est allégé de 4 millions de tonnes dispersées sous forme de rayonnement [11]. Le rayonnement solaire peut être utilisé pour produire soit directement de l'électricité à l'aide de semi-conducteur photovoltaïque, soit de la chaleur solaire thermique pour le chauffage ou la production électrique [11].

### 1.2.2 Le spectre du rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire est un rayonnement électromagnétique décomposé de grains de lumière appelés " photons "l'énergie de chaque photon est directement liée à la longueur d'onde et donnée selon la formule suivante:

$$E=h\nu=hc/\lambda \quad (1-1)$$

Où :

h : La constante de Planck, égale à  $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ JS}^{-1}$

C : La vitesse de propagation de la lumière à vide, égale à  $3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

$\lambda$  : la longueur d'onde (m)

Il fait remarquer que 98% d'énergie est comprise entre  $\lambda=0.25\mu m$  et  $\lambda=4\mu m$ , le reste représente 1% au-dessus et 1% au –dessous de cet intervalle. Le spectre de rayonnement extraterrestre correspond environ à l'émission d'un corps noir porté à 5800°K. La répartition de l'énergie en fonction de la longueur d'onde est le suivant [10]:

- Pour  $0.25\mu m \leq \lambda \leq 0.4\mu m$ : c'est le domaine de l'ultraviolet (invisible), il représente 7% de l'énergie totale émise par le soleil.
- Pour  $0.4\mu m \leq \lambda \leq 0.8\mu m$  : c'est le domaine du visible, il représente 47.5% de l'énergie totale Émise par le soleil.
- Pour  $0.8\mu m \leq \lambda \leq 4\mu m$  : c'est le domaine de l'infrarouge (invisible), il représente 45.5% de l'énergie totale émise par le soleil.

L'énergie rayonnée par le soleil n'est pas uniformément répartie pour toutes les longueurs d'onde, elle passe par un maximum pour une longueur d'onde donnée par la loi de WIEN :  $\lambda_m T = 2898 \mu m K$  (I-2)

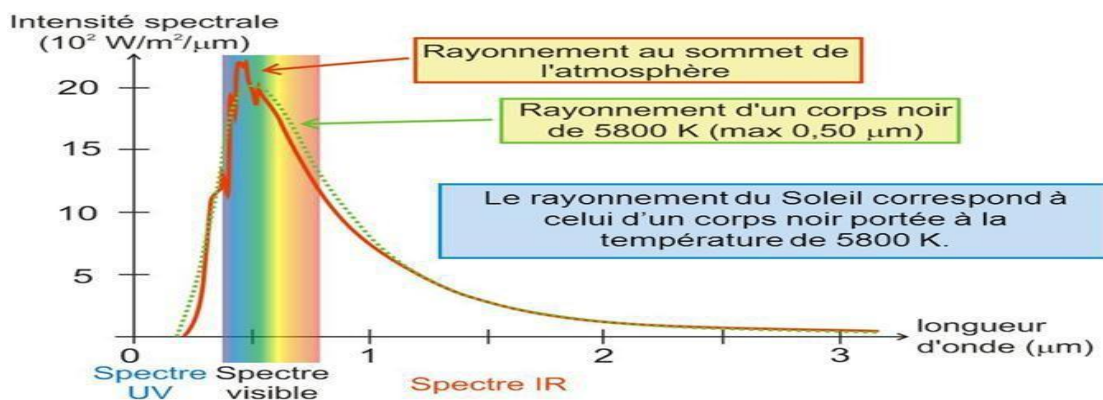


Figure I-5 : Le corps noir à 5800 °K et les spectres des rayonnements solaires [3]

### 1.2.3 La distance terre-soleil :

La terre décrit autour du soleil une trajectoire légèrement elliptique dont le soleil occupe l'un des foyers .sa distance moyenne est de 149 ,6 millions de km, avec une variation de  $\pm 1 ,7\%$ . La terre traverse le grand axe de l'ellipse le 2 janvier (position la plus proche) et le 2 juillet (la plus éloignée du soleil). Depuis la terre, le diamètre apparent du soleil est vu sous un angle de 0,5°. L'axe de rotation de la terre sur elle-même est incliné de 23,27° (23 ,45°) par rapport au plan de l'écliptique (plan de l'orbite terrestre)[5].

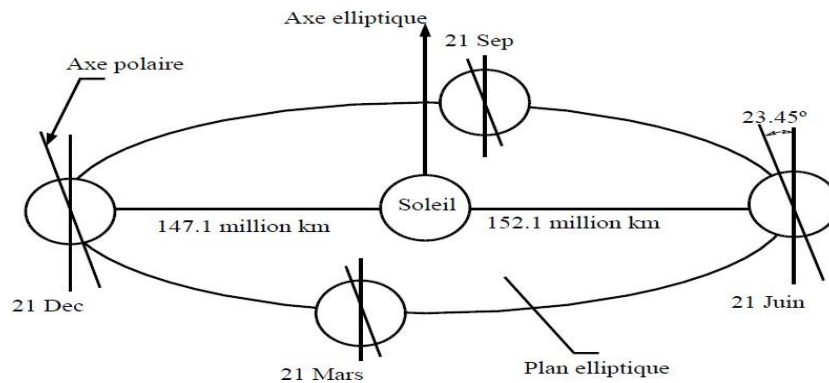


Figure I.6: Distance Terre –Soleil [2].

#### 1.2.4 La constante solaire:

L'échelle des phénomènes mettant en œuvre l'énergie solaire à la surface de la terre, est donne par la constance solaire, la mesure de celle-ci à été effectuée jusqu'à présente à l'aide d'instrument imparfait, les estimations ont évolué entre:

- 1381w.m<sup>-2</sup> en 1950
- 1353 w. m<sup>-2</sup> vers 1960

La valeur la plus probable actuellement retenue est **1367** w. m<sup>-2</sup> ( $\pm 6$ w.m<sup>-2</sup>) souvent arrondie à 1,3 7 KW. m<sup>-2</sup>, c'est la valeur retenue ici, au moins jusqu'à ce que des mesures plus précises et plus sûres aient pu être réalisé à partir de satellites. Bien qu'imparfait, la valeur actuellement admise est tout à fait satisfaisante pour les applications [11].

#### 1.3 Repérage d'un site sur la surface terrestre :

Toute application solaire nécessite la connaissance du mouvement apparent du soleil pour un point donné de la surface terrestre, caractérisé par sa latitude, altitude et sa longitude:

- **La latitude**  $\varphi$  : Elle est l'angle que fait la direction centre de la Terre -lieu avec le plan équatorial. Les latitudes comptent de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$  et la latitude de l'équateur est  $0^\circ$ . Les cercles des lignes de latitude entourant la Terre sont parallèles à l'équateur. ( $\varphi > 0$  pour les latitudes Nord (N) ;  $\varphi < 0$  pour les latitudes sud (S)) (Voir la figure I.7) [7]:



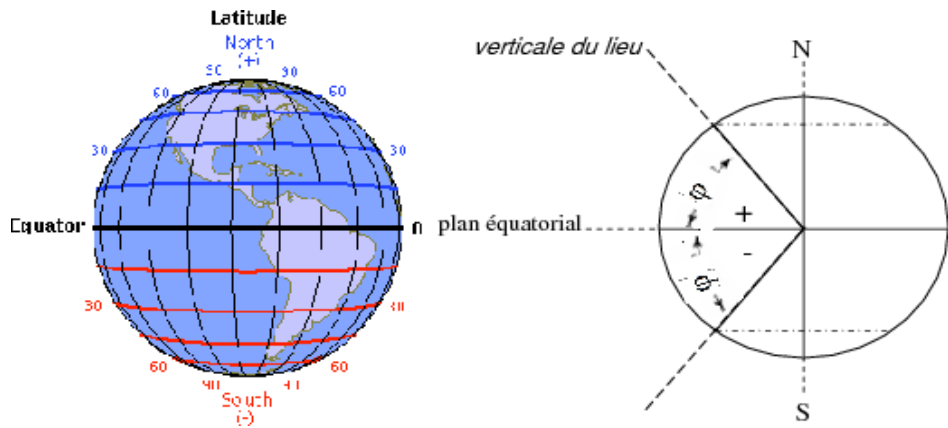


Figure I- 7: schématisation de la latitude [7]

- **La longitude  $L$**  : La longitude est l'angle déterminé par le méridien du lieu et le méridien de Greenwich. La longitude est un angle compris entre 0 et 180°. On précise si cet angle est à l'ouest (+) ou à l'est (-) de Greenwich (voir figure I-8) [7]:

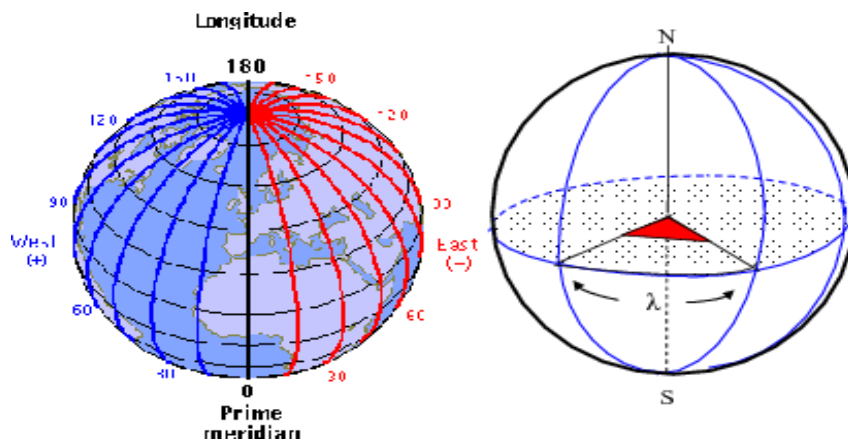


Figure I-8 : schématisation de la longitude [7]

- **L'altitude d'un point  $Z$**  : Correspond à la distance verticale entre ce point et une surface de référence théorique, le géoïde figurant sur le niveau moyen de la mer. On l'exprime, généralement, en mètre et désigné par  $z$  [7].

#### 1.4 position du soleil :

La connaissance de la position du soleil au cours du temps est primordiale [1]. Pour bien définir les coordonnées du soleil, il convient de spécifier un certain nombre de direction de référence, ou elle varie à chaque instant de la journée de deux manières, par deux systèmes de coordonnées différents [10] :

##### 1.4.1 Coordonnées équatoriales :

Les coordonnées équatoriales sont indépendantes de la position de l'observateur sur la terre, mais elles sont liées à l'heure de l'observation. La position du soleil est exprimée par deux angles qui sont:

a) **Déclinaison du soleil  $\delta$**  : la direction du soleil est repérée par rapport au plan équatorial de la terre grâce à un angle  $\delta$  appelée déclinaison du soleil. Le mouvement du soleil se manifeste par une variation de  $\delta$  entre deux valeurs extrêmes  $+\delta$  et  $-\delta$  par rapport à l'équateur terrestre, On prend :

$\delta = 0$  aux Equinoxes (E.P, E.A),  $\delta = 23,45^\circ$  au Solstice été,  $\delta = -23,45^\circ$  au Solstice hiver (S.H) [12]

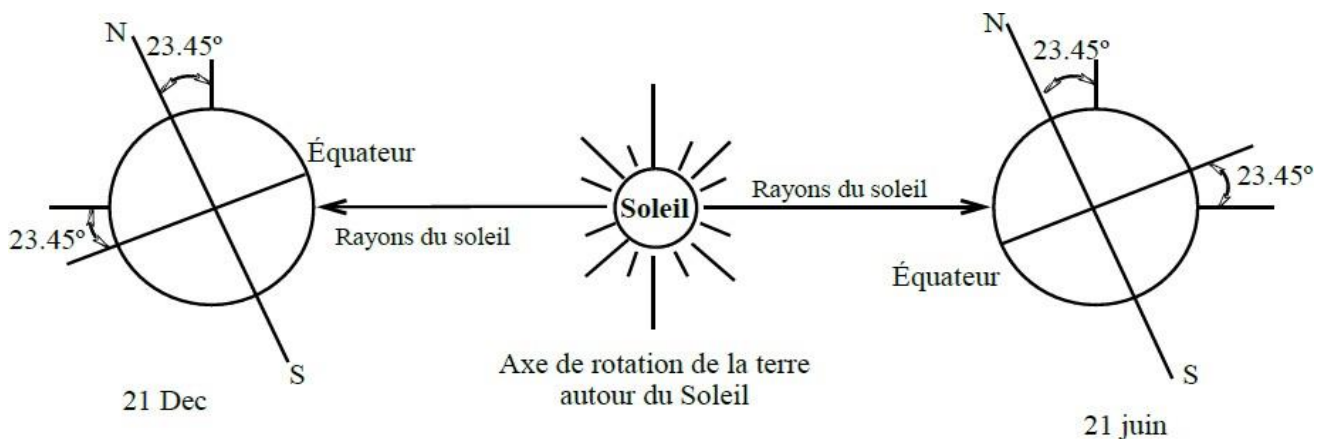


Figure I.7: Déclinaison solaire [2]

- La variation de la déclinaison du soleil est donnée par l'équation de Cooper (1969):

$$\delta = 23.45 \sin \left( 360 \frac{284+n}{365} \right) \text{ (I-6) en degrés,}$$

Avec  $n$  est le nombre de jours écoulés depuis le 1<sup>er</sup> Janvier. La déclinaison étant une fonction sinusoïdale, varie rapidement au voisinage des équinoxes (0.4 degré /jour) et pratiquement stationnaire durant les périodes qui encadrent les solstices [2].

b) **L'angle horaire du soleil (H)** : C'est l'angle que fait la projection de la direction du soleil avec la direction du méridien du Lieu passant par le sud. Il mesure la course du soleil dans le ciel. L'angle horaire du soleil varie à chaque instant de la journée selon la relation suivante:

$$H = 15(TSV - 12) \quad \text{(I-7)}$$

Avec : TSV : temps repéré de façon que le soleil se trouve au zénith à midi. H varie entre  $-180^\circ$  et  $+180^\circ$  [10]. On prend [13]:  $H > 0$  après midi,  $H < 0$  le matin,  $H = 0$  à midi TSV.

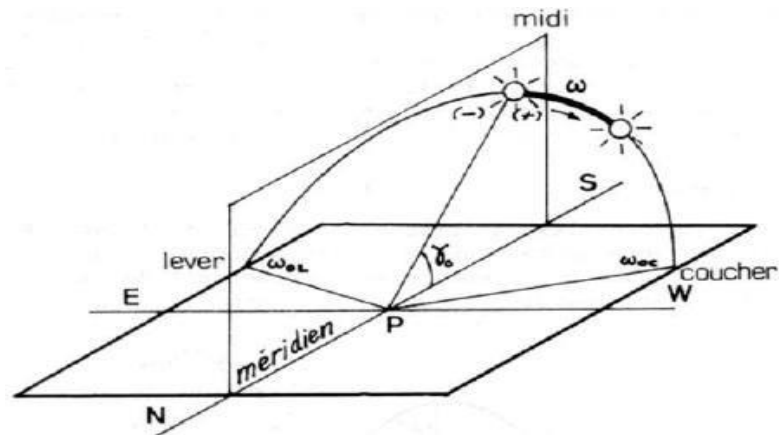


Figure I.9 : Angle horaire du soleil [2]

#### 1.2.4 Coordonnées horizontales :

Le soleil est repéré par les grandeurs suivantes :

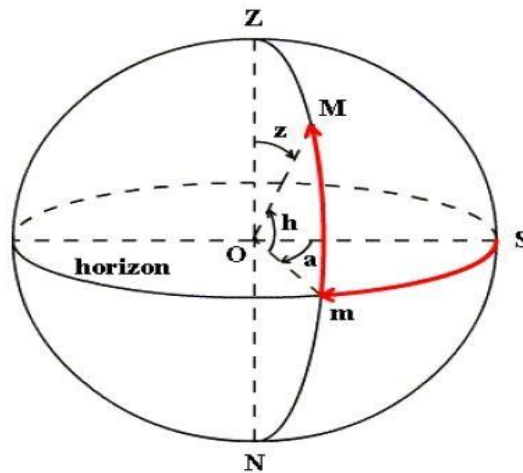


Figure I.10 : les coordonnées horizontales [2].

**A. La hauteur du soleil (h) :** C'est l'angle que fait la direction du soleil avec sa projection sur le plan horizontal. La hauteur du soleil varie à chaque instant de la journée et de l'année selon la relation suivante [10]:

$$\sin h = \cos H \cos \delta \cos \varphi + \sin \delta \sin \varphi \quad (I-8)$$

- h varie entre  $+90^\circ$  et  $-90^\circ$ , On prend [12]:  $h > 0$  le jour,  $h < 0$  la nuit,  $h = 0$  aux lever et coucher du soleil

**B. Azimut du soleil(a) :** C'est l'angle que fait la projection de la direction du soleil avec la direction du sud. L'azimut soleil varie à chaque instant de la journée selon la relation suivante [10]:

$$\sin a = \frac{\cos \delta \sin H}{\cos h} \quad (I-9)$$

- $a$ : varie entre  $-180^\circ$  et  $+180^\circ$ , On prend [12] :  $a > 0$  vers l'ouest,  $a < 0$  vers l'est,  $a = 0$  direction du su

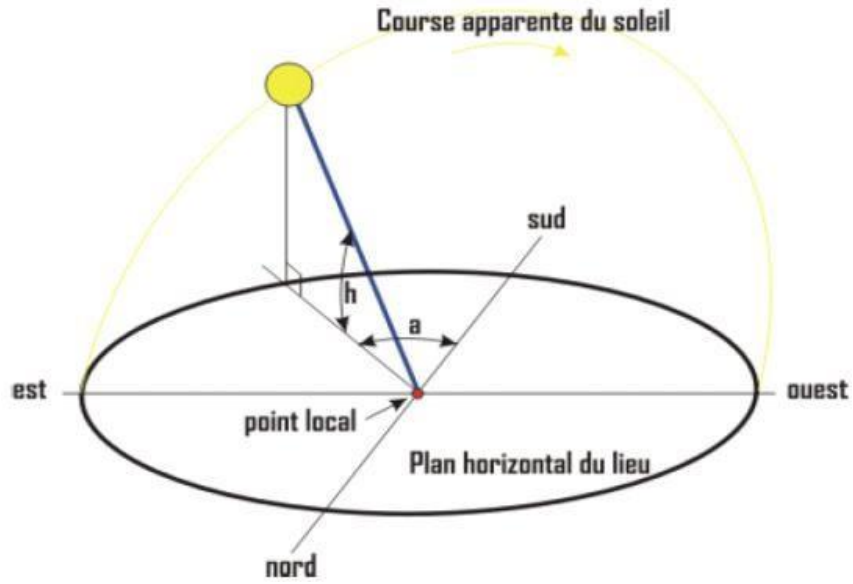


Figure I.11: Hauteur (h) ; azimut(a) du soleil [2]

**1.5. Equation du temps :**

C'est l'écart entre le temps solaire moyen TSM et le temps solaire vrai TSV selon le jour de l'année considérée. Elle est donnée par :  $ET = TSV - TSM$  (I-10) [1], Avec:

- TSV : Temps Solaire Vrai c'est le temps repéré de façon que le soleil se trouve au zénith à midi est donnée par :

$$TSV = 12 + \frac{W}{15} \quad (I-11)$$

- Si :  $\omega = 0$ , TSV = 12h.00 (midi),  $\omega < 0$  la matinée,  $\omega > 0$ , l'après-midi.
- TSM : Temps Solaire Moyen c'est le temps qui " s'écoule " à vitesse constante de la terre sur son orbite au cours de l'année (celui mesuré par les horloges) [1] il est donnée par :

$$TSM = TSV - ET \quad (I-12), \text{ Avec :}$$

- $ET = 9,87 \sin[\omega_0](2N) - 7,53 \cos[\omega_0](N) - 1,5 \sin[\omega_0](N)$  (I-13),
- Ou:  $N = (nj - 81) \frac{360}{365}$  (I-14), Et nj : est le numéro du jour dans l'année [13].

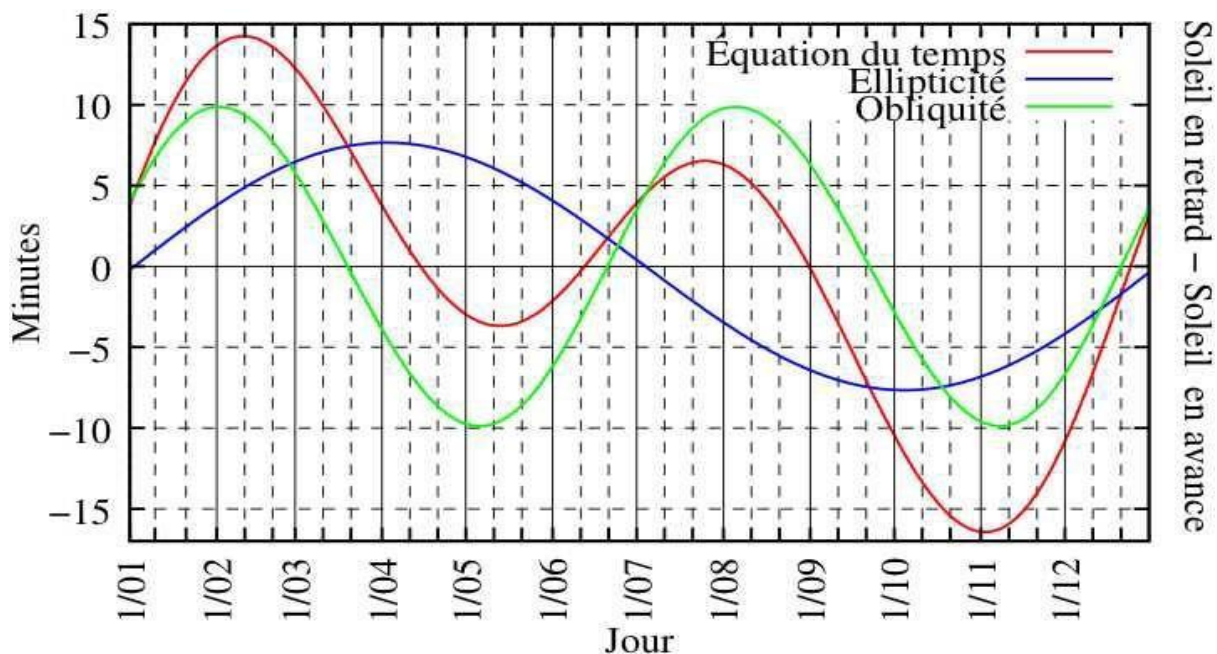


Figure I-12 : Graphe des variations annuelles de l'équation du temps[8]

### 1.6 Composition du rayonnement solaire:

En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire est absorbé et diffusé au sol, on distingue plusieurs composantes :

- **Rayonnement direct** : On appelle rayonnement solaire direct celui qui arrive au sol sans avoir subi de diffusion. Il se diffère de façon notable du rayonnement atteignant la limite supérieure de l'atmosphère, en particulier du fait de l'absorption par les constituants gazeux de l'atmosphère. Sa mesure s'effectue à l'aide d'un pyrhéliomètre figure (II-2), appareil dont la surface sensible est toujours disposée perpendiculairement aux rayons solaires [4].

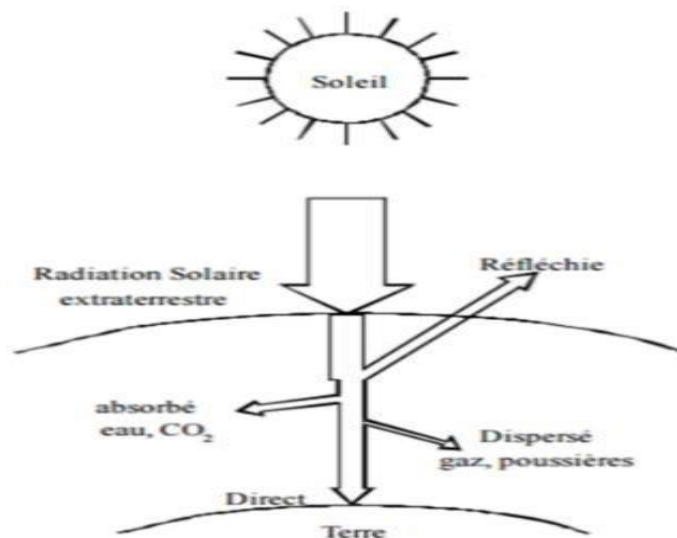


Figure I.13 : Rayonnement Direct [2]

- **Rayonnement diffus** : Le rayonnement diffus est le rayonnement en provenance de la voûte céleste, à l'exception du disque solaire. C'est-à-dire la part du rayonnement solaire diffusé par les particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère. Sa mesure est effectuée avec un pyranomètre muni d'une bande pare-soleil (anneau métallique cachant le disque solaire) [4]. On en distingue :
  - Le rayonnement diffus isentropique provenant de toute la voûte céleste.
  - Le rayonnement diffus circonférence provenant de la couronne solaire.
  - Le rayonnement diffus horizon provient d'une mince bande d'horizon due à une accumulation d'aérosols dans les basses altitudes [2].
- **Albédo au sol**: L'albédo pour le rayonnement solaire est défini comme le rapport du rayonnement

diffusé ou réfléchi par le sol au rayonnement global. Il est mesuré par un Albédo- mètre, deux pyranomètre montés en opposition, l'un regardant vers le sol et l'autre vers le ciel [4].

$$\text{Albedo} = \frac{\text{rayonnement refléchi}}{\text{rayonnement recu}} \quad (\text{I-15})$$

Il y a quelques valeurs de l'albédo selon la surface du sol

Surface du sol	Albédo
Surface d'eau	0.03à 0.1
Forêt	0.05à0.2
Sol cultivé	0.07à 0.14
Pierres et rochers	0.15 à 0.25
Champs et prairies	0.1à 0.3
Sol nu	0.15 à 0.4
Neige ancienne	0.5à0.7
Neige fraîche	0.8 à 0.95

**Tableau I.1** : Les valeurs de l'albédo selon la surface du sol [2]

- **Rayonnement global :**

Le rayonnement global est le rayonnement reçu sur une surface horizontale provenant du soleil et de la totalité de la voûte céleste. On la mesure avec un pyranomètre figure. Il est défini aussi comme la somme du rayonnement direct et diffus.

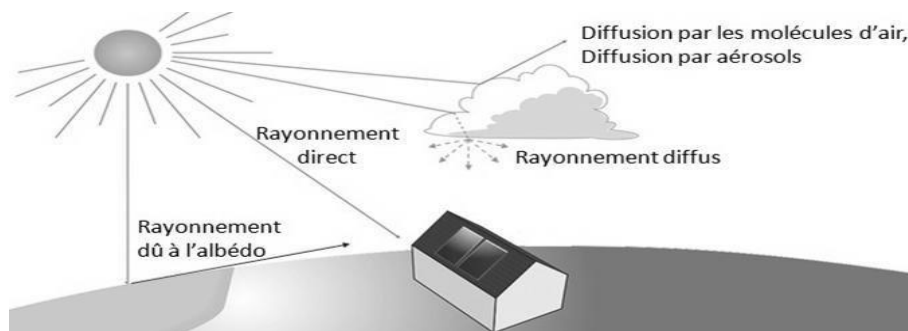


Figure I-15 : le rayonnement global(les trois composantes de rayonnement solaire) [14]

### **1.7 Conclusion :**

Nous avons présenté dans ce chapitre les différentes notions d'astronomie et de gisement solaire. Remarquons que le rayonnement solaire est comme la ressource principale qui est très considérable à l'échelle planétaire pour production de l'électricité. Le meilleur moyen pour identifier le potentiel solaire sur un site donné est de disposer d'une bonne série de mesures de différents paramètres de rayonnement au sol. La région d'Adrar donc est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel solaire de toute l'Algérie. Pour évaluer les différentes composantes du rayonnement solaire reçu dans un endroit sur terre, nous utilisons un appareil spécifique, capable et compétant pour les biens évaluer. Notre objectif principal dans le prochain chapitre est la présentation et la connaissance détaillée des notions de l'albedo et de l'albedomètre, le dispositif nécessaire pour réaliser les mesures sur l'albédo du rayonnement solaire dans un endroit sur terre, nous détaillerons toutes la chaine de mesure avec des résultats et interprétations.



## Chapitre II : Généralité sur l'albédo et ses variations

### 2.1 Introduction :

Le terme albédo se réfère à un rapport entre la radiation réfléchi et la radiation solaire incidente. Les termes réflectivité et réflectance font référence à une longueur d'onde ou une étroite bande spectrale donnée. L'albédo est une grandeur sans dimension, comparable à réflectance, mais d'application plus spécifique utilisé notamment en astronomie, climatologie et géologie [12]. L'albédo au sol fait partie intégrante et influence d'une manière significative sur le milieu urbain, spécialement à l'intérieur de la rue (canyon), là où les matériaux de construction sont caractérisés par leur couleur et leur rugosité, et donc leur pourcentage de réflectivité pour le rayonnement solaire, ce qui fait ou bien rafraîchir, ou bien réchauffer cet espace[12]. Nous allons présenter dans ce chapitre un bref rappel sur l'albédo au sol et en parlera sur quelques méthodes pour bien mesurer et évaluer l'albédo. Nous présenterons aussi l'ensemble des instruments utilisés pour quantifier les composantes du radiatives du rayonnement solaire, en précisant l'instrument pour mesurer la composante réfléchi du rayonnement sur un obstacle (albédo du sol), l'albédo- mètre.

### 2.2. Définition:

L'albedo est un nom masculin originaire du bas latin "**albédo**", blancheur; c'est la fraction d'un rayonnement incident diffusée ou réfléchi par un obstacle. Ce terme étant généralement réservé au sol ou aux nuages, c'est une valeur moyenne de leur réflectance pour le rayonnement considéré et pour tous les angles d'incidences possibles [8]. La valeur de l'albédo comprise toujours entre 0 et 1 (car c'est un pourcentage). Plus une surface réfléchissante, plus son albédo est élevée. Par définition, le corps noir possède un albédo nul [8]. Il a été introduit au 19eme siècle par l'astronome américain George Philips Bond (1825/1865) dans l'étude des planètes. L'albédo a été donné à la fraction du rayonnement solaire incident qui est renvoyée par réflexion et diffusion [15]. voir la Figure II-1 suivante:

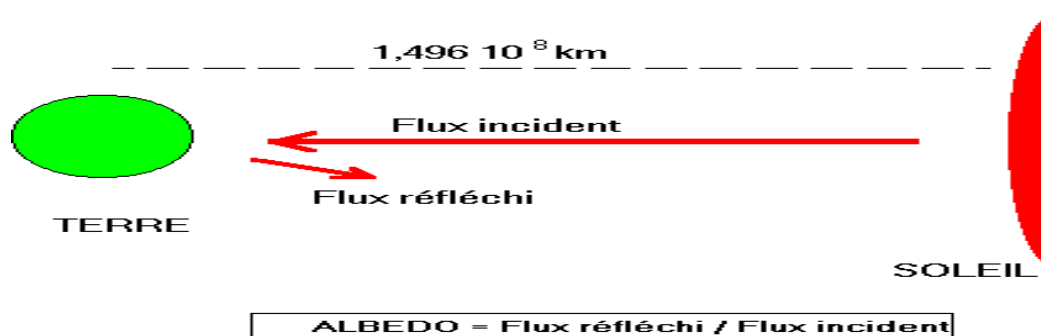


Figure II-1: Flux solaire et albédo [15].

### 2.3. Variation de l'albédo :

La valeur de l'albédo du sol habituellement retenue est de 0,2 pour les sols cultivés, 0,3 à 0,4 pour le sable, 0,6 à 0,8 pour la neige. L'influence de l'albédo du sol est notable, par ciel clair, dans le cas de surfaces réceptrices inclinées, et surtout verticales. La réflectance d'un toit, d'une rue, d'un champ, d'une paroi, etc.... doit être déterminée et précisée dans chaque cas particulier. La valeur de l'albédo est également sensible, surtout par ciel couvert, pour l'appréciation du rayonnement diffus du ciel. A l'échelle des estimations dans un rayon de plusieurs kilomètres, c'est-à-dire au plan des climats locaux, des évaluations raisonnables doivent pouvoir être effectuées statistiquement [16]. Des variations de l'albédo entre 0,15 et 0,30 peuvent en général être négligées. C'est dans ce sens que, en régions tempérées, de même que sur mer ou dans les déserts, les variations d'albédo liées à l'évolution saisonnière de la couverture végétale ou à la hauteur du Soleil ne sont que grossièrement évaluées. Par contre, et ceci surtout pour les hautes latitudes ou en montagne, la couverture neigeuse du sol peut entraîner un albédo moyen de l'ordre de 0,6 (neige ancienne, glaciers) à 0,8 (neige fraîche), qui influe sensiblement sur le rayonnement diffus du ciel, surtout par ciel couvert [15]. Le tableau suivant (Tab II -1) présente les valeurs d'albédo en (%) pour les différents types de couvertures de surfaces :

Surface	Réflectivité (% d'énergie solaire réfléchie)
Nuages	50 à 55
Forêt	5 à 10
Route asphaltée	5 à 10
Béton	17 à 27
Sable blanc	30 à 60
Terre noire	5 à 15
Neige fraîche	80 à 90
Prairie	5 à 25

**Tab II-1:** Réflectivité ou "albédo" pour différentes surfaces [16].

#### 2.4. L'effet de l'albédo :

L'effet de serre est un processus naturel de réchauffement de la température qui intervient dans le bilan radiatif de la Terre. Il est dû aux gaz à effet de serre (GES) contenus dans l'atmosphère, à savoir principalement la vapeur d'eau H<sub>2</sub>O (qui contribue le plus à l'effet de serre), le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, le méthane CH<sub>4</sub>, le monoxyde d'azote N<sub>2</sub>O et l'ozone O<sub>3</sub>. Cet effet a été nommé ainsi par analogie avec la pratique en culture et jardinerie de construire des serres, espaces clos dont une ou plusieurs faces sont

transparentes, laissant passer la chaleur du soleil et la retenant prisonnière à l'intérieur afin de permettre aux plantes de bénéficier d'un microclimat artificiel [16].

### **2.5. Méthodes pour mesurer l'albédo :**

Plusieurs méthodes permettent d'obtenir des valeurs d'albédo : des mesures avec un pyranomètre sur le terrain et des données satellitaires dans les longueurs d'ondes du visible (VIS) et du proche infrarouge (PIR). La mesure au sol est généralement faite par deux pyranomètres (Figure II- 2) qui observent presque tout le spectre solaire (idéalement entre 250-3000 nm). Par exemple, le pyranomètre CMP 11 ou 21 de Kipp & Zonen (utilisé comme référence en météorologie, <http://www.kippzonen.com>) mesure le rayonnement entre 285-2800 nm. Pour la mesure de l'albédo, un pyranomètre est orienté vers le haut, le second est orienté vers le bas et l'albédo est obtenu par le rapport du rayonnement solaire réfléchi (bas) sur le rayonnement incident (haut). L'albédo mesuré in situ peut être très précis (précision sur le rayonnement < 5-10 W/m<sup>2</sup> selon l'angle d'incidence), mais les valeurs seront erronées (surestimation) si la neige s'accumule sur le pyranomètre pointé vers le ciel (dénominateur presque nul) . Les valeurs d'albédo (>0.85 en zone de gazon, ou >0.5 en zone de conifères) peuvent être dues à une neige fraîchement tombée ou à un biais causé par une précipitation neigeuse sur le capteur [15].

### **2.6. Détermination de surface de l'albédo :**

La surface de l'albédo est le rapport de l'incident de rayonnement solaire à la surface de la Terre au rayonnement solaire réfléchi par la surface. Il est nécessaire de cartographier le rayonnement solaire à partir des données satellitaires en raison de son impact significatif sur les radiations détectées par les capteurs satellitaires. Il s'agit d'une base des données pour calculer le rayonnement solaire à un niveau incliné. En général, la surface de l'albédo dépend des types de surface de la terre. Par exemple, la neige a une surface plus élevée que les prairies et les forêts. Pour la surface de la terre couverte par les plantes, la surface de l'albédo change généralement avec les espèces végétales et les stades des plantes. En principe, la surface du pêsô peut être mesurée à l'aide d'une échelle d'albédo. Ce compteur se compose de deux mesures de pyranomètre positionnées horizontalement, l'une face vers le haut et l'autre orientée vers le bas. L'échelle d'albédo peut être utilisée en pratique pour mesurer la surface de la balle dans une petite zone [17].

### **2.7. Variation de l'albédo à différentes types de surfaces :**

L'albédo est très variable selon la nature et l'état de la surface (et selon la longueur d'onde incidente et la hauteur du Soleil, Les éléments qui contribuent le plus à l'albédo de la Terre sont : les nuages, les surfaces de neige et de glace et les aérosols à cause de la grande réfléchissante de cette type du sol, par exemple :

- L'albédo des nuages varie typiquement de 0,4 à 0,9 (40% à 90%) selon leur nature, leur épaisseur, la hauteur du Soleil, etc. les nuages jouant un rôle de milieu diffusant additionnel, ils absorbent en outre une fraction du rayonnement solaire, mais celle-ci reste assez faible et ne dépasse pas 10 % de l'énergie incidente pour les nuages les plus épais.
- **Les aérosols** ont en général des dimensions semblables à la longueur d'onde de la lumière. Ce peuvent être des poussières, des cendres, des microcristaux, des microgouttelettes, des fumées de pollution industrielle dont la taille varie de 0.5 à 10  $\mu\text{m}$ . L'albédo des aérosols est compris entre 0,3 à 0,4 [18]
- l'albédo de la neige fraîche est de **0,87**, ce qui signifie que **87 %** de l'énergie solaire est réfléchi par ce type de neige. et le neige ancienne 0,5 c' à d : 50% [15]

On peut citer quelques valeurs moyennes typiques pour différentes sortes de sols ou d'états de surface (tableau II-2) :

type de sol	valeur de l'albedo	pourcentages
neige fraîche	0,8 a 0,9	80% a 90%
neige ancienne	0,5 a 0,7	50% a 70%
sol rocheux	0,15 0,25	15% a 25%
sol cultivée	0,07 0,14	7% a 14%
foret	0,06 a 0,20	6% a 20%
étendue 'eau	0,05	5%
aérosols	0,3 a 0,4	3%

Tableau II-2 : albédo typiques des différents types de surfaces [19]

### 2.8. Instruments de mesure:

Il existe des différents instruments pour mesurer la quantité de rayonnement solaire sont :

- **Le pyranomètre** : le pyranomètre (fig. II-2) est un appareil mesure le rayonnement globale, qui collecte le rayonnement arrivant sur une surface horizontale ou inclinée, en provenance d'un angle solide de  $2\pi$  stéradians. Le domaine spectral couvert s'étend de 0,3 à  $3\mu\text{m}$ , il doit être régulièrement étalonné et entretenu (poussière, condensation) [3].



Fig. II.2: le pyranomètre [2]

- **Le pyréliomètre :** C'est un appareil (fig. II-3) mesure le rayonnement direct dont la surface sensible est toujours disposée perpendiculairement aux rayons solaires. Cet instrument est en permanence orienté vers le Soleil de façon à ce qu'il ne mesure que le rayonnement provenant du seul disque solaire. Il comporte une ouverture réduite et une surface réceptrice qui doit être maintenue normale aux rayons du soleil grâce à un système automatique conçu à cette finalité [3].



Fig. II-3 : l'instrument pyréliomètre [2]

- **L'albédo mètre :** C'est un instrument (fig. II-4) composé de deux pyranomètre montés en opposition, l'un captant le rayonnement solaire incident total et l'autre le rayonnement solaire réfléchi par la surface. On supposant que la parcelle de surface vue par le second capteur est suffisamment homogène et que le signal mesuré est équivalent à l'intégrale du flux réfléchi dans toutes les directions. Cet instrument doit être placé à grande distance du sol [3].



Fig. II-4 l'instrument de l'albédo- mètre [2]

Cet albédo- mètre est composé de deux pyranomètre identiques opposés disposés horizontalement, l'un dirigé vers le ciel pour mesuré le rayonnement incident et l'autre vers le sol a pour but de mesuré le rayonnement réfléchi. L'étendue spectrale de ces deux capteurs est limitée, comprise entre 400 et 1 100  $\mu\text{m}$ .

### 2.9. Les installations de mesure des radiations :

Différentes méthodes de mesure seront expliquées dans les prochains paragraphes. On parle spécifiquement sur l'installation de l'albédo-mètre pour évaluer l'albédo (but de thème de cette étude) [20]:

- **Mesure du rayonnement global:** le rayonnement global est mesuré par un pyranomètre. Idéalement, le site du pyranomètre doit être libre de toute obstruction au-dessus du plan de l'élément sensible, et en même temps le pyranomètre doit être facilement accessible pour nettoyer le dôme extérieur et inspecter le dessiccateur. Si cela n'est pas possible, le site doit être choisi de telle manière que toute obstruction au-dessus de la plage d'azimut entre le premier lever du soleil et le dernier coucher de soleil doit avoir une altitude ne dépassant pas  $5^\circ$  (Le soleil apparent diamètre est de  $0,5^\circ$ ).

Ceci est important pour une mesure précise de la radiation solaire. Le rayonnement diffus (solaire) est moins influencé par les obstructions près de l'horizon. Il est évident que le pyranomètre doit être situé de telle manière qu'aucune ombre ne sera projetée dessus à aucun moment (par exemple, par des mâts ou tuyaux). Notez que les gaz d'échappement chauds (plus de 100 degrés centigrades) produisent un rayonnement dans la gamme spectrale du pyranomètre CM 11[20].

- **Mesure du rayonnement réfléchi :** En position inversée, le pyranomètre mesure le rayonnement global réfléchi. Selon l'OMM (l'Organisation météorologique mondiale), la hauteur doit être de 1 à 2 m au-dessus d'une surface couverte par l'herbe coupée courte. Le dispositif de montage ne doit pas trop interférer avec le champ de vision de l'instrument. Une construction comme celle de la figure 11 convient. L'écran supérieur empêche un échauffement excessif du corps du pyranomètre par le rayonnement solaire et, s'il est assez grand, il garde l'écran inférieur exempt de précipitation. L'écran inférieur empêche l'éclairage direct des dômes en le soleil au lever et au coucher du soleil [20].

- **Mesure du rayonnement diffus :** Pour mesurer le rayonnement du ciel, le rayonnement solaire direct est mieux intercepté par un petit disque ou sphère. L'ombre

de le disque doit recouvrir le pyranomètre dômes complètement. Cependant, pour suivre le mouvement apparent du soleil, le dispositif de suivi motorisé est nécessaire. Cela peut être fait avec le 2AP tracker, conçu pour suivre le soleil dans toutes les conditions météorologiques. Alternativement, l'utilisation d'un anneau d'ombre est possible, mais moins précis. L'anneau d'ombre intercepte le rayonnement solaire direct quelques jours sans réajustement, mais aussi une proportion du rayonnement diffus du ciel. Par conséquent des corrections pour cela aux données enregistrées sont nécessaires. Kipp & Zone fournit un anneau d'ombre universel CM 121 pour toutes les latitudes. dans Le manuel du CM 121, les instructions d'installation et les facteurs de correction sont fournis [20].

### **2.10. L'albédo –mètre:**

Pour le concept théorique de mesurer l'albédo est simple. Le capteur de rayonnement (pyranomètre) est dirigé vers le haut pour mesurer le rayonnement de l'accident, puis rapidement renversé vers le bas pour mesurer le rayonnement réfléchi. Pour dériver le bitu, la quantité de rayonnement réfléchi doit être divisée en un seul pour l'accident de rayonnement. En fait, la mesure réelle de la surface de l'albédo sous un état naturel assez complexe. Le problème est triple. Tout d'abord, l'accident de rayonnement ne provient pas seulement de la source de rayonnement directement, mais aussi de la lumière qui se propage d'autres directions. Deuxièmement, les surfaces de l'onduleur ne se reflètent pas uniformément dans toutes les directions, et troisièmement, les capteurs ne recueillent la lumière qu'à partir d'un petit ensemble d'angles. Ainsi, nos mesures de réflexion ne sont que des échantillons de la fonction de distribution des onduleurs bidirectionnels (BRDF). Albédo est souvent défini comme un facteur de réflexion moyen général pour l'objet. Plus précisément les termes de l'albédo spectrale et total sont différenciés .l'albédo spectrale fait référence à la réflectance dans une longueur d'onde tandis que l'albédo est calculé comme une intégrale de la réflectivité spectrale multipliée par le rayonnement sur tout les longueurs d'onde du spectrales visible .Une bonne estimation de l'albédo de surface peut être effectuée à l'aide de meures par ciel clair par satellite [17].

### 2.11. Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre l'albédo et l'instrument nécessaire pour mesurer la réflectivité (l'albédo-mètre). La réflectivité ou "albédo" est une notion liée directement au rayonnement solaire, c'est le rayonnement (énergétique ou lumineux) réfléchi par une surface au rayonnement incident. L'albédo fait partie des composantes du bilan radiatif qui est l'équilibre entre l'énergie solaire arrivant sur la terre, et celle réémise par la planète. Cette énergie peut être directement renvoyée vers l'espace, essentiellement par les nuages et la surface terrestre, ou bien elle peut être absorbée puis réémise sous la forme de chaleur. Pour quantifier l'albédo du rayonnement solaire dans le milieu saharien (Adrar), nous allons faire une série d'expérience dans le prochain chapitre, qui demande d'utiliser certains appareils avec certaine précision.



**Chapiter III : Quantification de l'albédo dans la region d'adrar**

**3.1. Introduction :**

Nous présentons dans ce chapitre la démarche et les résultats obtenues lors de notre étude expérimentale, qui a été faite dans la région d'Adrar, pour quantifier l'albédo dans ce milieu désertique. Nous analyserons et interpréterons les différents résultats obtenus pendant les mesures relevées dans les jours de l'installation de l'albédo – mètre dans l'endroit de l'expérience (unité de recherche des énergies renouvelables dans les milieux sahariens URERMS). L'ensoleillement direct et réfléchi qui sont mesurés en fonction du temps pendant les journées par les différents objets de couleurs différents seront présentées graphiquement en le comparant. Les courbes de l'albédo associées montreront l'importance ou la négligence de cette énergie dans les milieux désertiques.

**3.2. Présentation du banc d'essai installé dans l'URERMS:**

L'étude expérimentale a pour but de déterminer et présenter l'ensoleillement (direct et réfléchi) mesuré en fonction du temps et pour quantifier l'albédo dans le milieu désertique. Pour cela, nous installons dans l'URERMS (région d'Adrar) un banc d'essai qui constitue généralement d'un pyranomètre (albédo – mètre) pour quantifier l'albédo des journées, et nous changeons le type du sol chaque fois à l'aide des objets colories, pour bien évaluer l'albédo des différentes type de zone (matière et couleur).

**3.3. Caractéristiques géographiques et météorologiques de la région d'Adrar :**

Site	Longitude (°)	Latitude (°)	Altitude (m)	Situation topographique
Adrar	27° 49' N	00° 17' W	263	Sahara

Tableau III-1: Données géographiques du site d'Adrar

**3.4. Description de l'albédo –mètre:**

Il existe différent types d'albédo-mètre, mais chaque type est caractérisé par des caractéristiques différentes à l'autre:

<b>CM11</b>	
Impédance (ohm)	700 à 1500 ohm
Gamme spectral	310 - 2800 nm (50% points) ou 340-2200 nm (95% points)
Sensibilité	entre 4 et 6 $\mu\text{V} / \text{W m}^{-2}$
Poids	830 G
Longueur de câble	10 m

<b>CM14</b>	
Impédance	Dépend de la connexion
Poids	1,9 KG
Longueur de câble	10 m
Sensibilité	Egaux

Tableau III-2 : Caractéristique d'un albédo –mètre

### 3.5 Prototype du banc d'essai:

Le schéma ci-dessous présente le banc d'essai utilisé :

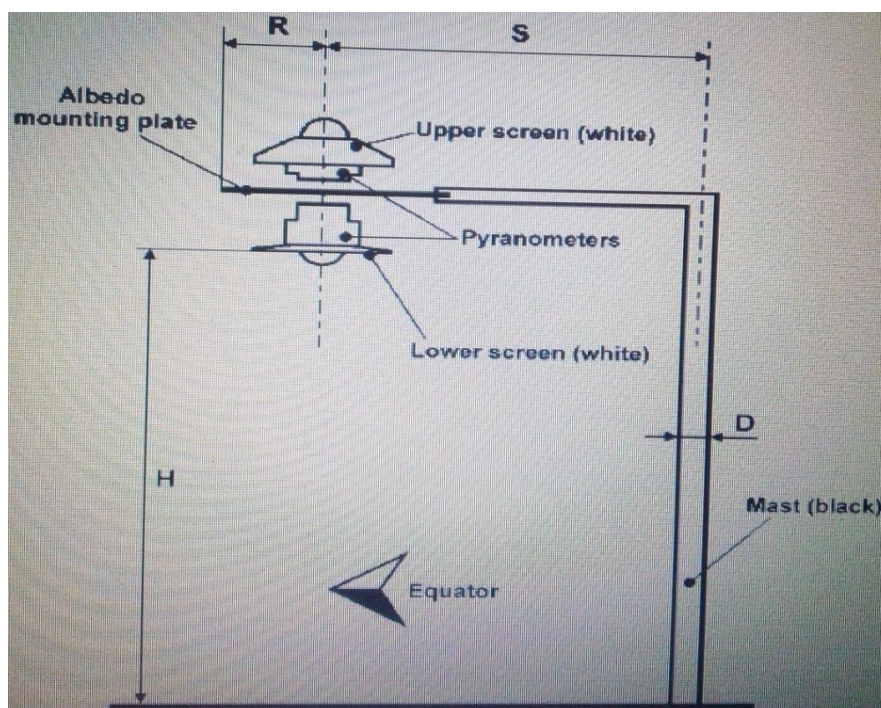


Figure III-1 : photos du prototype de l'installation de l'albédo – mètre [26]

### 3.6. Description des composantes de prototype du banc d'essai :

- **Le pyranomètre (l'albédo - mètre):** On installe l'albédo-mètre vers le sud à hauteur de 1,5 mètre au dessus du sol, qui constitue à deux pyranomètre, l'un vers le bas et l'autre vers l'haute qui mesure la fraction de rayonnement réfléchi par rapport de rayonnement incident (albédo).
- **Lower screen (white):** qui sépare le pyranomètre d'haute à le pyranomètre de bas.
- **Mast (black) :** qui permet de fixé l'albédo mètre pendant les mesures des journées.



**3.7. Description des zones :**

Nous avons utilisé deux types des zones, détaillons comme suit :

**3.7.1. L'albédo des surfaces enneigées sans végétation :**

En zone sans végétation comme sable et matière blanc, L'albédo de surface augmente considérablement à la suite de la première neige. À l'est du Canada, l'albédo de la neige est de grande importance, puisque le sol peut être enneigé de 4-6 mois selon les zones étudiées (OURANOS 2014). Pour illustrer l'effet de la neige sur une surface de tourbe, Robinson & Kukla (1984) mesurent une augmentation de l'albédo de surface de l'ordre de 0.72. Cependant, l'albédo de la neige est variable selon les propriétés géophysiques du couvert nival tels que: la taille des grains, la densité, l'humidité, l'épaisseur et la structure verticale de la neige et les caractéristiques des impuretés dans le couvert nival. Par exemple, les conditions suivantes vont contribuer à augmenter l'albédo de la neige [20].

**3.7.2. L'albédo des surfaces enneigées en zone végétalistes:**

En zone végétaliste comme les forêts, Sturm et al. (2005) précisent que l'albédo de surface connaît une grande hétérogénéité spatiale et temporelle. L'albédo en zone végétaliste varie selon la densité et la taille de la végétation ainsi que la capacité de rétention de la neige dans les branches en plus des caractéristiques de la neige (au sol ou interceptée) mentionnées plus tôt (Marsh et al. 2010; Sturm et al. 2005) [20]. Dans cette étude, le type de végétation étudié consiste en des forêts (plante) et le type de Sol sans végétation est la matière blanche (terrain plâtré) et le sable (terrain nu) avant la quantifier de l'albédo en préparer le sol (la zone de mesure) et nettoyer bien et on placer l'objet calories nécessaire. Et en lace l'albédo – mètre de mesure pendant trois (3) jours pour bien évaluer l'albédo.

**3.8. Résultats et discussions:**

- **Variation de l'albédo :**

Le tableau III-2 présenter Les mesures de l'albédo – mètre pour la matière blanche pendant neuf (9) jours donné des valeurs de l'albédo montré dans le tableau ci-dessus :

Jour	Mois	Années	Heure	R. incident	R. réfléchi	Albédo
6	3	2020	11:37	846,35	303,947	0,35912684
10	3	2020	13:30	836,834	375,036	0,45498773

### Chapitre III : Quantification de l'albedo dans la région d'Adrar

13	3	2020	12:00	781,978	471,874	0,60343641
15	3	2020	10:40	526,17	319,62	0,60744626
17	3	2020	15:30	696,336	436,049	0,62620488
20	3	2020	17:15	286,035	194,235	0,66187989
23	3	2020	09:54	652,115	380,074	0,58283278
26	3	2020	16:49	446,125	278,198	0,62358756
27	3	2020	14:20	846,91	503,22	0,59418356

Tableaux III-2: les mesures de l'albedo pendant 9 jours

- ✓ Les figures montrent l'allure du l'ensoleillement direct, réfléchi et diffus pour le terrain nu et terrain plâtré et terrain plâtré + peinturé en blanche pendant les journées du 06/03/2020 au 27/03/2020:

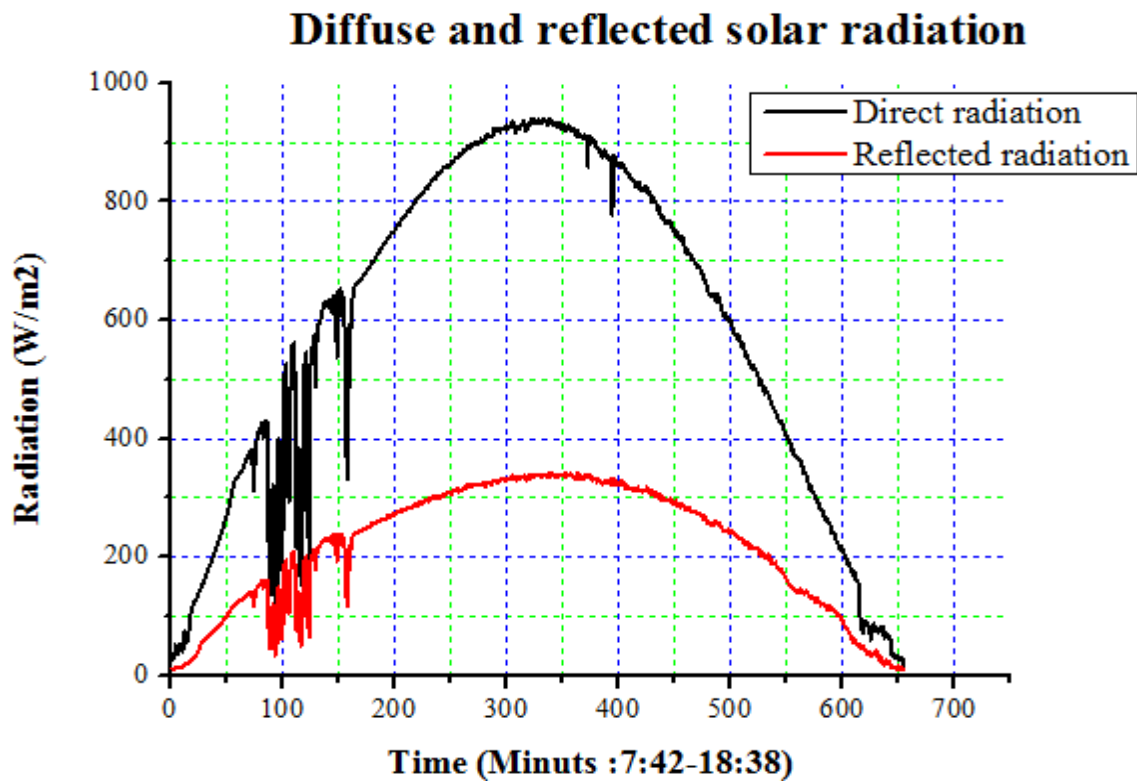


Figure III-2: Le jour 06/03/2020 (terrain nu)

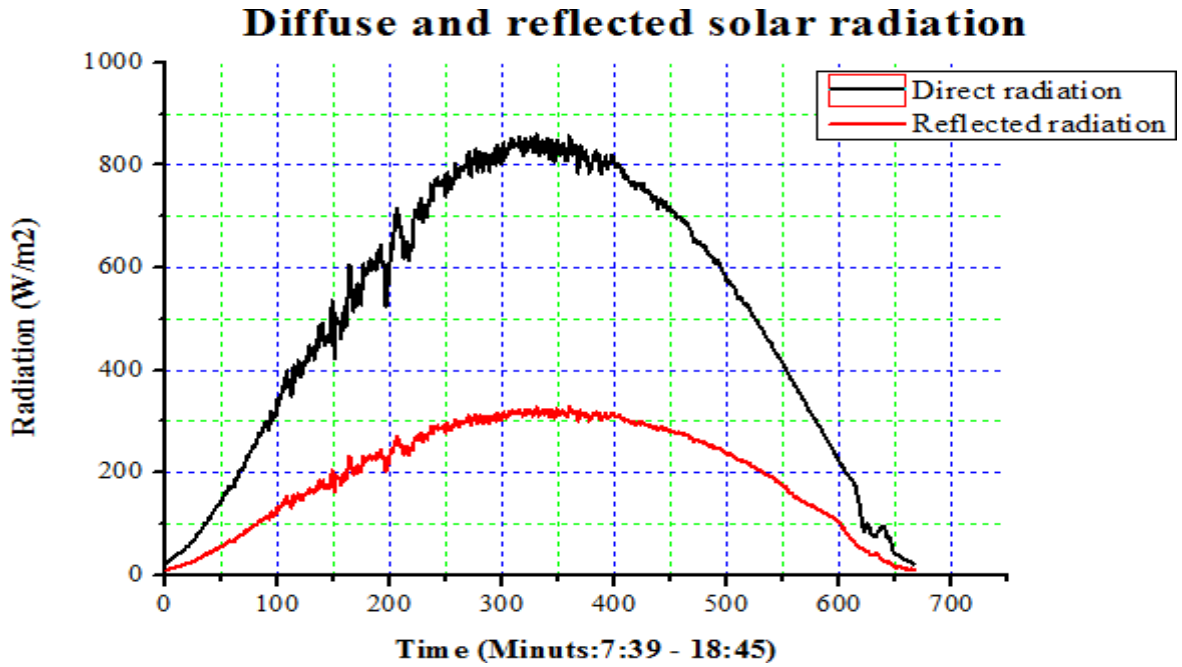


Figure III-3 : Le 07/03/2020 (terrain nu)

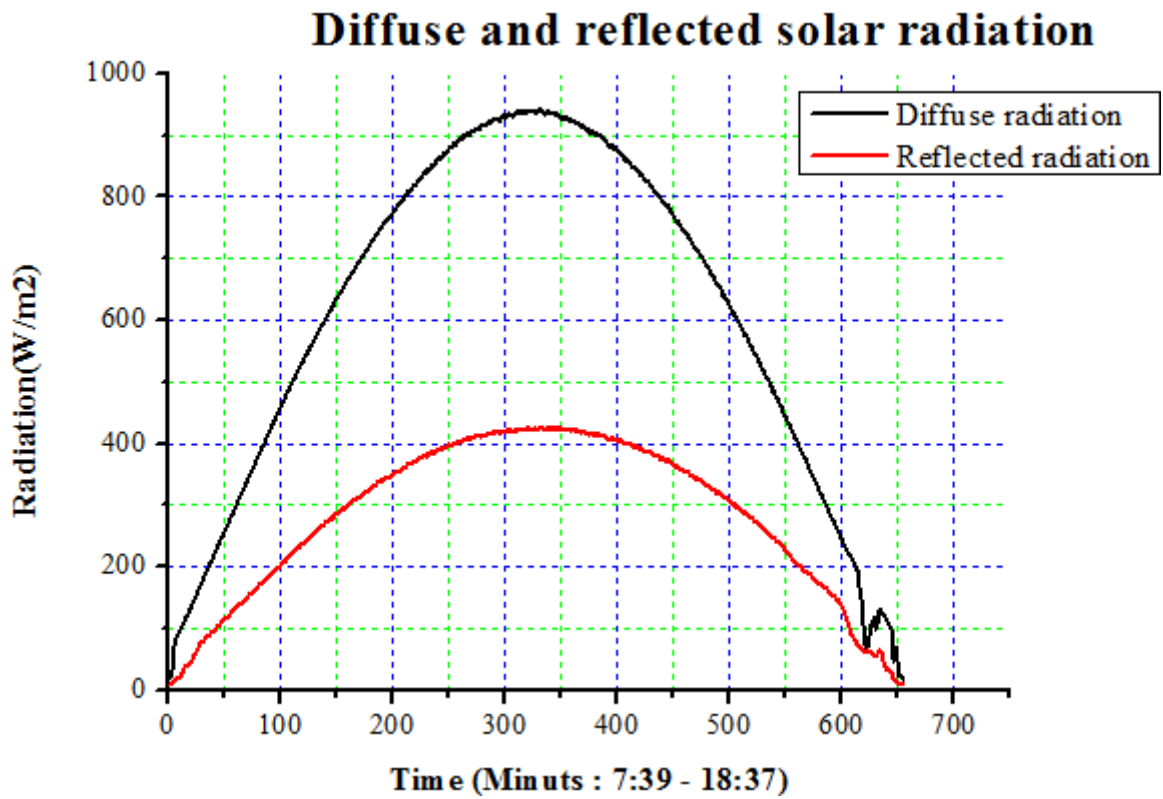


Figure III-4 : Le 09/03/2020 (terrain plâtré)

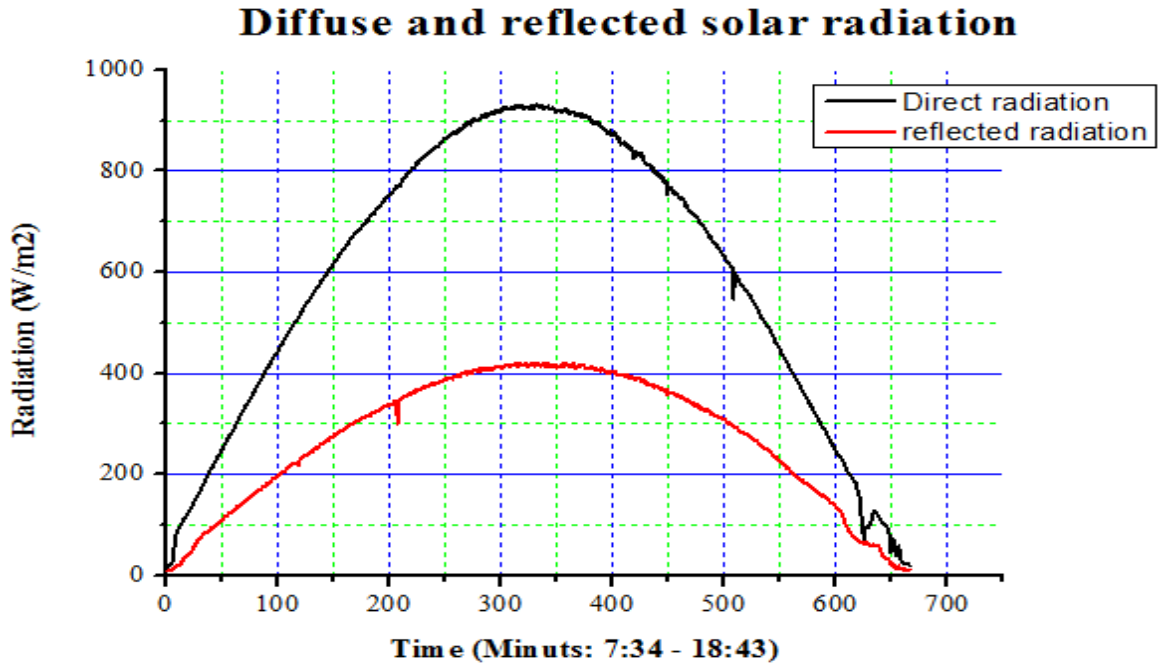


Figure III-5: Le 10/03/2020 (terrain plâtré)

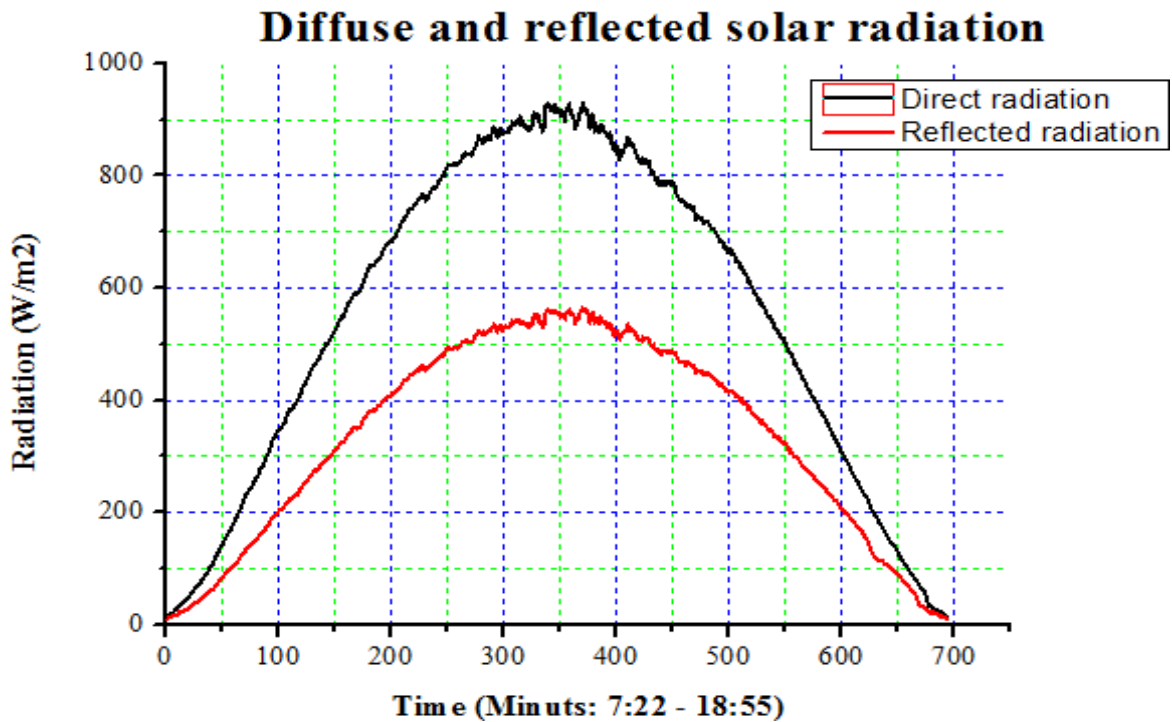


Figure III-6: Le 17/03/2020 (terrain plâtré + peinturé en blanche)

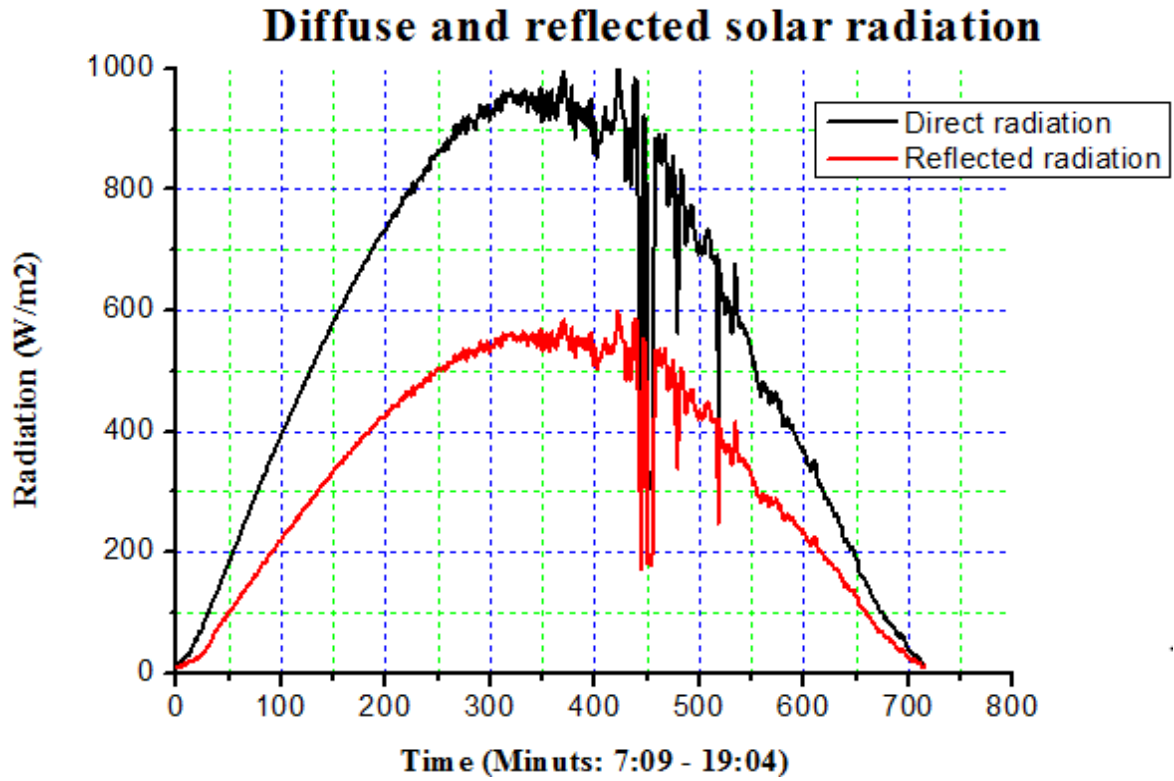


Figure III-7: Le 27/03/2020 (terrain plâtré + peinturé en blanche)

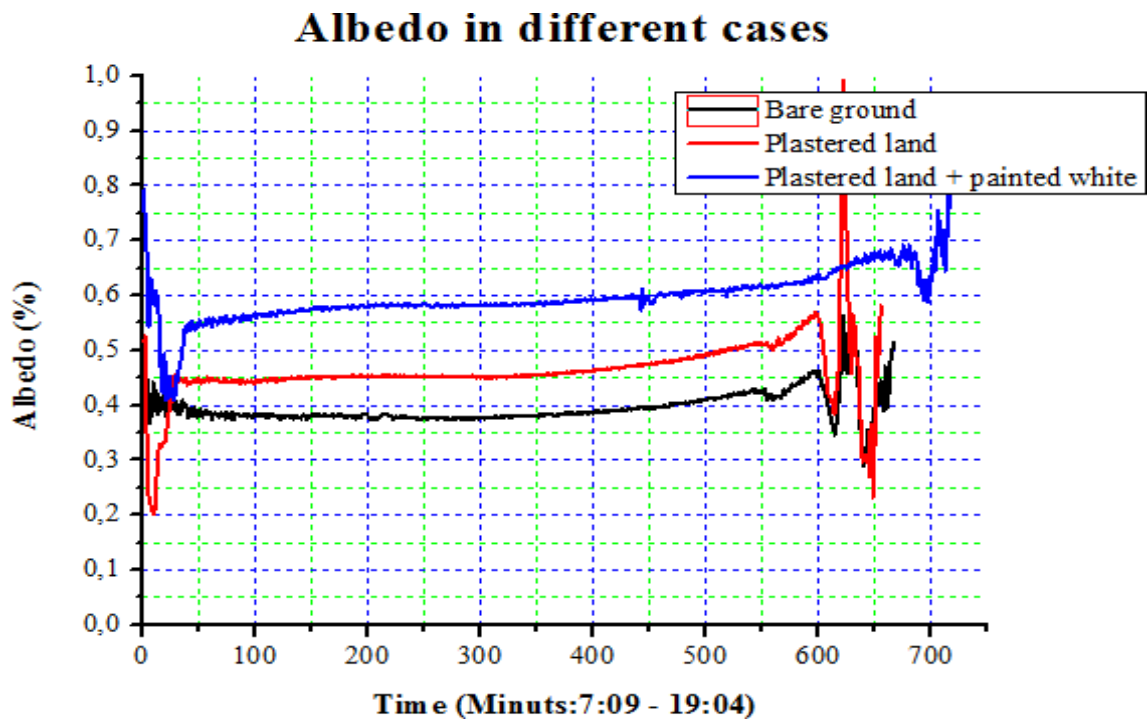




Figure III-8: albédos en différents cas

- On remarque que l'éclairement direct dépasse le 800 ( $W/m^2$ ) pour tous les types de sol.
- L'éclairement réfléchi dépasse 300 ( $W/m^2$ ) au terrain nu, pour le terrain plâtré l'éclairement réfléchi dépasse 400 ( $W/m^2$ ) à cause de réflectivité de plâtré, alors pour le terrain blanche l'éclairement réfléchi dépasse 500 ( $W/m^2$ ) car la matière blanche est toujours caractérisée par une grand réflectivité par rapport aux autres colleurs.
- l'albédo des différents types des objets colories est presque stable pendant toute la journée. Elle est de l'ordre de 60% pour un terrain plâtré blanche. la valeur maximale atteinte de l'albédo est de l'ordre de 0,75.
- On constate que l'éclairement direct est toujours plus élevé par rapport à l'éclairement réfléchi ce qui fait que l'albédo du sol est toujours moins de 1. Le cas ou L'albédo est le plus important c'est est du terrain (plâtré + peinturé en blanche), ce qui montre la dépendance directe de l'albédo par la matière et le colleur du sol qui reçu la lumière.

### 3.9. Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons étudié expérimentalement la variation journalière du flux énergétique du rayonnement solaire dans le milieu saharien d'Adrar. Les mesures exécutées sur les deux types du rayonnement reçu (direct et réfléchi) montrent plus ou moins la stabilité de la fraction entre les deux quantités (c.à.d. l'albedo). Les matières de couleur blanche représentent la grande valeur de l'albédo qui est de l'ordre de 60% dans ce milieu désertique.

## **Conclusion Générale**

Dans ce mémoire nous avons étudié l'albédo (la fraction énergétique du rayonnement solaire direct par rapport au rayonnement solaire réfléchi) dans un milieu saharien (on a choisi la région d'Adrar – sud-ouest de l'Algérie). On a réalisé un prototype expérimental dans l'unité de recherche des énergies renouvelables dans un milieu saharien (URER-MS-Adrar), à fin de l'utiliser pour évaluer la variation journalière de l'albédo dans ce milieu désertique. Les résultats obtenus montrent que l'albédo des différents types des objets colories est presque stable pendant toute la journée. Elle est de l'ordre de 60% pour un terrain plâtré blanche. La valeur maximale atteinte de l'albédo est de l'ordre de 0,75. L'éclairement direct est toujours plus élevé par rapport à l'éclairement réfléchi ce qui fait que l'albédo du sol est toujours moins de 1. Le cas ou L'albédo est le plus important c'est est du terrain (plâtré + peinturé en blanche), ce qui montre la dépendance directe de l'albédo par la matière et le colleur du sol qui reçu la lumière. Rien a dire que quelque soit l'effort dépensé, une étude n'est jamais a terme, pas mal de point reste a traiter, pas mal de précision a apporter dans les futures travaux et ceux en cours .Ils s'agit d'un domaine multidisciplinaire ce qui rend son étude passionnante et relativement complexe au même titre. On conclusion, on peut dire que l'effet de l'albédo montre la dépendance directe de l'albédo par la matière et le colleur du sol.

## Références bibliographiques :

- [1]. Ferrah Billel, étude d'un système hybride photovoltaïque- éolienne, mémoire de master, Université Badji Mokhtar, Annaba, 2015.
- [2]. Errahmani Aziza, Ben Othmane Nora, Amélioration de l'efficacité des panneaux photovoltaïque par l'installation d'un système de refroidissement par l'eau des modules PV, mémoire de mastère, université d'Ahmed Draia, Adrar, 2019.
- [3]. Agroui K, Etude du Comportement Thermique de Modules Photovoltaïques de Technologie Mono verre et Bi verre au Silicium Cristallin. Energie Renouvelable, Valorisation 1999:7–11.
- [4]. Boussaid M, Belghachi A, Agroui K, et al. (2016) Solar cell degradation under open circuit condition in out-doors-in desert region. Results Phys. 6: 837–842.
- [5]. Bouchouicha Kada, modélisation multi spectrale des images satellitaire – Application Quantification du bilan d'énergie Sol-Atmosphère, thèse de doctorat, université Mohammed Boudiaf, Oran, Algérie, 2017.
- [6]. A. Ricaud, Gisement solaire et transfert énergétiques, Mémoire de Master, Université de Cergy-Pontoise, Janvier 2011.
- [7]. Boussaid M, (2017) Modèles Mathématiques du Phénomène de Vieillessement et de Dégradation des Cellules et Modules Photovoltaïques, Thèse de doctorat, université Ahmed Draia, Adrar, Algérie.
- [8]. Djelloul Benatallah, Etude et simulation de flux solaire avec intégration d'un système d'information géographique (S.I.G) pour la wilaya d'Adrar, mémoire de magister, université Ahmed Daria, Adrar, Algérie, 2014.
- [9]. Perrin et Vouge, Réalisation d'un mini laboratoire interactif de calcul du gisement solaire sous Matlab (logiciel GUI), mémoire de master, université Ahmed Daria Adrar, 2017.
- [10]. Audrey Simon, l'utilisation de la modélisation en sciences de la terre, mémoire de master, Métiers de l'Enseignement, de l'Education et de la Formation, 2015.
- [11]. Ben Guehza Mohammed Lahkdar, impact de l'espace entre les deux vitrages sur le rendement d'un capteur solaire, mémoire de magister, université de Kasdi Merbah, Ouargla 2010.
- [12]. Laloui Abdelhak, l'énergie solaire pour des besoins d'habitation, mémoire de master, université de Badji Mokhtar, Annaba, 2018.
- [13]. Hassininée Belghitri Houda, Modélisation, simulation et optimisation d'un système hybride éolien photovoltaïque, Mémoire de Magister, Université Abou Baker Belkaïd, Tlemcen, 2011
- [14]. Perrin et Vouge, le gisement solaire, évaluation de la ressource énergétique, 2017.
- [15]. Naim Houcine, Etude de gestion d'une mini-centrale solaire et mise au point d'un dispositif automatique de mesure, contrôles et régulation de l'énergie électrique, Thèse de doctorat, université Mohammed Boudiaf, Oran, 2016.

- [16]. Abbab Imane, Simulation de l'effet des paramètres climatiques (température, poussière et éclairage) sur le rendement d'une cellule solaire, mémoire de master, Université Larbi Ben M'Hidi, Oum El Bouaghi, 2018.
- [17]. Alain Royer, Analyse de sensibilité et amélioration des simulations d'albédo de surfaces enneigées dans les zones subarctiques et continentales humides à l'est du Canada avec le schéma de surface CLASS, 2015.
- [18]. Mansouri Ouarda, l'influence de la réflectivité des matériaux (albédo) sur la modification du microclimat et le confort thermique extérieur dans un canyon urbain, mémoire de magister, université Mentouri, Constantine, 2009.
- [19]. Serm Janjai, the Determination of Surface Albedo of Thailand Using Satellite Data, University of Thailand, 2006.
- [20]. Pierre Bessemoulin et Jean Oliviéri, gisement solaire, Maroc, kippzonen manu al, pyranomètre albédo-mètre  
CM11ETCM14.

