

## Logiciel de calcul des paramètres astronomiques à l'usage des installations solaires

R. Yaiche \*

Centre de Développement des Energies renouvelables  
B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger

### 1. INTRODUCTION

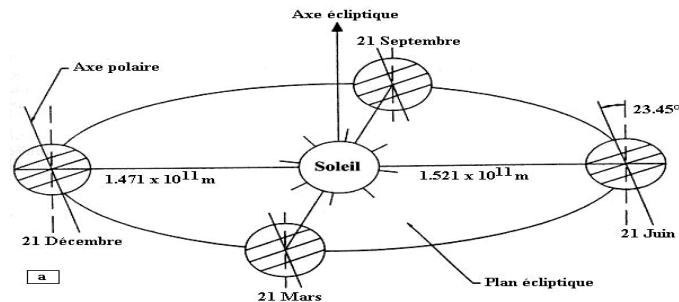
Toute personne travaillant dans le domaine des énergies renouvelables a besoin des données d'irradiation solaire, mensuelles, journalières et horaires, de la position du soleil, du temps solaire vrai, de la durée d'ensoleillement, etc...

Chacun s'attelle à élaborer de son côté, un outil d'aide qui peut être un simple programme de calcul ou un logiciel, lui permettant de calculer une partie de ces données, afin de les intégrer dans la procédure de calcul de dimensionnement des systèmes énergétiques.

Il a été conçu un logiciel (sous forme de feuille de calcul Excel), permettant de faciliter l'obtention des paramètres astronomiques nécessaires et indispensables à chaque solariste.

### 2. CONSIDERATION GEOMETRIQUE

La terre suit une révolution elliptique autour du soleil (en réalité, elle est légèrement circulaire). La période de révolution est définie à une année. L'angle entre l'axe de rotation de la terre et le plan elliptique est de  $66.55^\circ$ , ce qui donne un angle de  $23.45^\circ$  entre l'équateur et le plan elliptique.



### 3. DECLINAISON SOLAIRE

L'angle entre le vecteur Terre-Soleil et le plan équatorial est désigné la déclinaison solaire  $\delta$  calculé par la formule:

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{360}{365} (N + 284)\right)$$

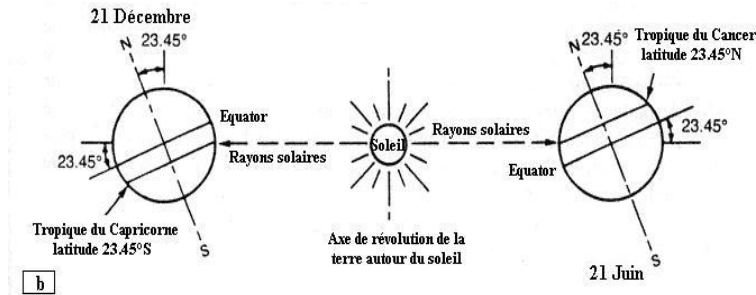
N est le nombre de jours de l'année ( N = 1 pour le 1<sup>er</sup> Janvier).

### 4. ROTATION DE LA TERRE. TEMPS SOLAIRE

La rotation de la terre autour de son axe cause le cycle jour-nuit et donne l'impression que le soleil se déplace dans le ciel chaque jour de l'Est à l'Ouest. Ce cycle est à la base du temps

\* Redha94@hotmail.com

solaire. Un 'jour solaire' est défini : à partir du moment où le soleil traverse le méridien local jusqu'au prochain moment où il traverse le même méridien.



### Equation du temps

Le jour solaire varie en longueur dans l'année à cause:

1. l'axe de la terre est incliné par rapport au plan elliptique
2. l'angle du vecteur terre soleil durant une période fixe dépend de la position de la terre dans son orbite elliptique.

De plus, le midi solaire, le moment où le soleil est au méridien local dépend de la longitude.

Par conséquent, le temps solaire et le temps local diffèrent. Cette différence est appelé 'équation du temps', elle varie en fonction du jour et de la longitude.

$$E = [9.87 \sin(2\beta) - 7.53 \cos(\beta) - 1.5 \sin(\beta)] \quad \text{en minutes}$$

L'angle  $\beta$  est défini en fonction du jour de l'année  $N$ .

$$\beta = 360 \frac{(N - 81)}{365} \quad \text{en degrés } ^\circ$$

Cette expression est utilisée pour convertir du temps standard local au temps solaire vrai TSV:

$$\text{TSV} = T_{\text{st}} + \frac{1}{60} E + \frac{1}{15} (L_{\text{st}} - L) \quad \text{en heures}$$

$T_{\text{st}}$  est le temps standard ou officiel, duquel on retranche une heure, si l'heure avancée d'été (HAE) est en vigueur.

$$L_{\text{st}} = 15 F H_{\text{loc}}$$

où:

$F H_{\text{loc}}$  : Fuseau horaire du lieu considéré,

$L$  : Longitude du lieu,

$L_{\text{st}}$  : Longitude méridienne standard.

Le dernier terme de l'équation du temps solaire vrai est un ajustement de la latitude en heure ( $360^\circ \rightarrow 24 \text{ h}$  soit  $1 \text{ h} \rightarrow 15^\circ$ ).

## 5. ANGLE HORAIRE

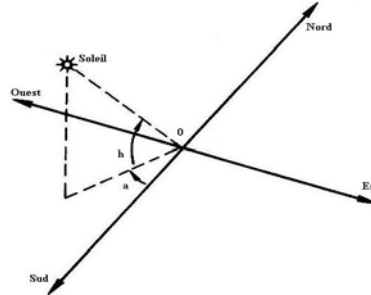
A chaque moment, il est plus pratique de calculer le temps en degrés qu'en heures. L'unité de mesure est l'angle horaire (24 h représente  $360^\circ$  horaires).

L'angle horaire se mesure à partir de midi solaire, il est positif s'il est avant midi et il est négatif s'il est après midi.

$$\omega = 15 (12 - \text{TSV})$$

### 6. POSITION DU SOLEIL

La position du soleil est exprimée en fonction de l'angle azimut solaire  $a$ , angle que fait la projection de la direction du soleil avec la direction du sud. Cet angle est mesuré positivement vers l'Ouest, et l'angle de l'altitude solaire  $h$ , angle que fait la direction du soleil avec sa projection, le complément de  $h$  ou l'angle que fait la direction du soleil avec la verticale est appelé angle zénithal ( $\theta_z$ ).



Les expressions pour estimer les deux grandeurs sont données ci-après:

$$\sin (h) = \sin (\lambda) \sin (\delta) + \cos (\lambda) \cos (\delta) \cos (\omega)$$

aussi:  $h = 90 - (\lambda - \delta)$  où avec  $\lambda$  est la latitude locale.

$$\sin (a) = \frac{\cos (\delta) \sin (\omega)}{\cos (h)}$$

La formule complète pour estimer l'angle azimutal,  $a$ , est:

$$a = \begin{cases} \sin^{-1} \left( \frac{\cos (\delta) \sin (\omega)}{\cos (h)} \right) & \text{si } \cos (h) > \frac{\tan (\delta)}{\tan (L t_{loc})} \\ 180^\circ - \sin^{-1} \left( \frac{\cos (\delta) \sin (\omega)}{\cos (h)} \right) & \text{si } \cos (h) < \frac{\tan (\delta)}{\tan (L t_{loc})} \end{cases}$$

### 7. INTERFACE GRAPHIQUE DU PROGRAMME

Le programme permet, à partir de seulement le numéro du jour dans l'année (N compris entre 1 à 365) et les coordonnées du lieu (latitude, longitude et altitude), d'effectuer les calculs des grandeurs suivantes, à savoir: la déclinaison du soleil, l'équation du temps, le temps solaire vrai 'TSV', la hauteur du soleil  $h$ , l'azimut  $a$ , la durée d'insolation, l'heure locale du lever et du coucher du soleil.

Le programme a une interface graphique simple et conviviale, permettant d'obtenir le numéro du jour dans l'année à partir de la date. Une page contenant les coordonnées de 40 sites algériens a été ajoutée.

L'utilisateur introduit le numéro du jour de l'année et les coordonnées du site choisi. Le programme permet de visualiser le site, selon l'heure locale la position du soleil est indiquée de manière interactive.

Coordonnées des sites			
Latitude :	Longitude :	Altitude :	Sites :
36.71	3.25	25	Alger
36.80	3.00	345	Bouzaréah
36.83	7.81	4	Annaba
35.63	-0.61	99	Oran
34.93	-1.31	810	Tlemcen
36.28	6.61	687	Constantine
36.86	6.95	9	Skikda
36.75	5.06	2	Béjaïa
32.38	3.81	450	Ghardaïa
31.87	5.40	141	Ouargla
31.63	-2.25	806	Béchar
30.56	2.90	398	El Goléa
29.25	0.23	248	Timimoun
28.63	9.63	562	Ain Aménas
27.66	-8.13	402	Tindouf
27.88	-0.28	264	Adrar
27.20	2.46	243	Ain Salah
24.55	9.46	1057	Djanet
22.78	5.51	1378	Tamanrasset
21.20	0.56	397	B.B.Mokhtar
19.51	5.68	418	Ain Gazem
36.31	2.23	750	Miliana

N.Jour/Ann.	Temps Local	18 juil	Temps Universel	Temps Solaire Vrai
199	10:38		9:38	9:44

Latitude :	Longitude :	Altitude :	Site :
36.80	3.00	345	Bouzaréah

Durée d'insolation (SS0)	Corrim	Et (mm)	Corr (mm)	Decl (°)
14	15		5.15	6

Lever du Soleil (TL)	Concher du Soleil (TL)	Azmut	Hauteur	Durée du jour en TL
5	47		21.6	56.6

Definitions	Hauteur soleil (°)
Azmut	
Hauteur	
Declinaison	
T.S.V	
D.Insolation	

Formules	Azmut	Hauteur	Declinaison	T.S.V	D.Insolation

Appuyer sur F9 Pour Actualiser l'heure.




Bouzaréah

h = 74.4 Degres

YAIICHE REDHA

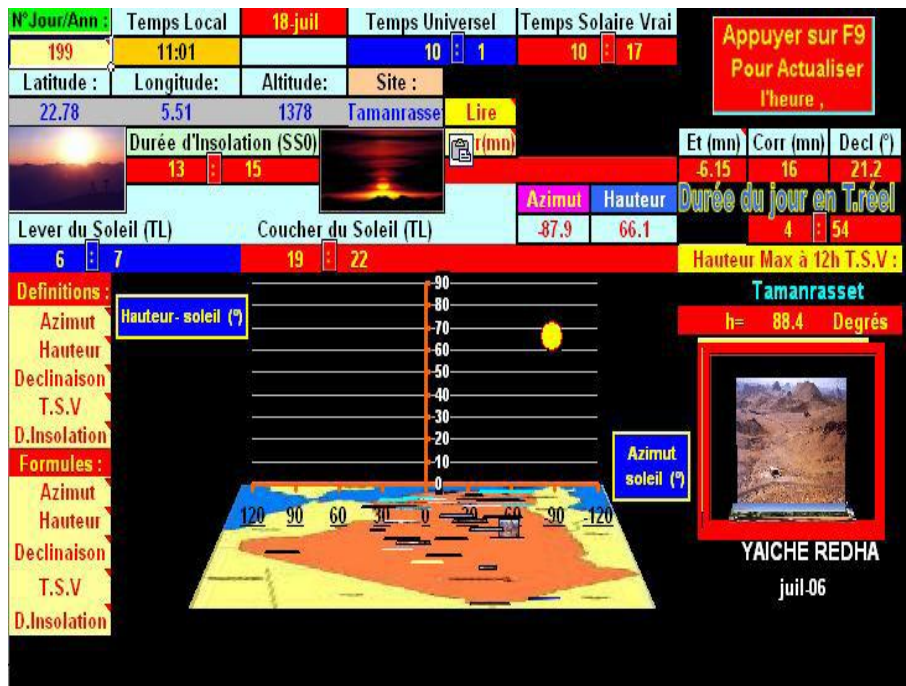
juil 06

Coordonnées des sites			
Latitude :	Longitude :	Altitude :	Sites :
36.71	3.25	25	Alger
36.80	3.00	345	Bouzaréah
36.83	7.81	4	Annaba
35.63	-0.61	99	Oran
34.93	-1.31	810	Tlemcen
36.28	6.61	687	Constantine
36.86	6.95	9	Skikda
36.75	5.06	2	Béjaïa
32.38	3.81	450	Ghardaïa
31.87	5.40	141	Ouargla
31.63	-2.25	806	Béchar
30.56	2.90	398	El Goléa
29.25	0.23	248	Timimoun
28.63	9.63	562	Ain Aménas
27.66	-8.13	402	Tindouf
27.88	-0.28	264	Adrar
27.20	2.46	243	Ain Salah
24.55	9.46	1057	Djanet
22.78	5.51	1378	Tamanrasset
21.20	0.56	397	B.B.Mokhtar
19.51	5.68	418	Ain Gazem
36.31	2.23	750	Miliana

N° Jour/Ann:	Temps Local	18 juil	Temps Universel	Temps Solaire Vrai	Appuyer sur F9 Pour Actualiser l'heure,	
199	10:38		9 : 38	9 : 44		
Latitude :	Longitude:	Altitude:	Site :			
36.80	3.00	345	Bouzaréah	Lire		
	Durée d'Insolation (SS0)		Corr(mn)	Et (mn)	Corr (mn)	Decl (°)
	14 : 15			-6.15	6	21.2
Lever du Soleil (TL)	Coucher du Soleil (TL)	Azimut	Hauteur	Durée du jour en T.réel		
5 : 47	20 : 2	-71.6	56.6	4 : 51		
Definitions :	Hauteur - soleil (°)					Hauteur Max à 12h T.S.V :
Azimut	Azimut soleil (°)					Bouzaréah
Hauteur	h= 74.4 Degrés					
Declinaison						YAICHE REDHA
T.S.V						juil-06
D.Insolation						
Formules :						
Azimut						
Hauteur						
Declinaison						
T.S.V						
D.Insolation						

Exemple pour le site de Bouzareah (Alger)

N° J mois	Numero du jour dans l'année											
	Jan	Feb	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358



Exemple pour le site de Tamanrasset

## 8. CONCLUSION

Le logiciel conçu permet d'obtenir les différents paramètres astronomiques en temps réel, nécessaires à tout concepteur d'installation solaire.

Le logiciel est simple d'utilisation, il contient une base de données de 40 sites algériens. Aussi les définitions de chaque paramètre ont été introduites.

C'est un outil indispensable, aussi, il permet d'expliquer à toute personne non-initiée les principes de base du calcul astronomique.