

## LE RAYONNEMENT DU SOLEIL ET DU CIEL A LA MER.

---

2811

Par le Docteur Maurice D'HALLUIN,  
Professeur à la Faculté Libre de Médecine de Lille.

---

Le rayonnement solaire règle l'intensité de la vie à la surface du globe. Nous nous contentons en général de profiter de ses bienfaits, sans chercher à utiliser d'une façon rationnelle son énergie, sans même faire l'inventaire d'une richesse qui nous est distribuée avec constance et libéralité.

Du point de vue géographique, climatologique, économique, touristique, hygiénique, thérapeutique, il est cependant utile de connaître la valeur du climat solaire des différentes localités.

Les météorologistes se livrent depuis de longues années à un ensemble d'observations méthodiques des plus précieuses. Pourquoi dans ces recherches, ne voit-on pas figurer la mesure de l'intensité solaire ? Elle comporte à la vérité certaines difficultés. Cependant celles-ci ne sont pas plus grandes que celles résolues pour les études météorologiques courantes. On peut donc s'étonner d'une telle carence, et il faut s'efforcer d'y remédier.

Une étude comparative systématique des différentes régions est actuellement impossible. On possède toutefois des éléments qui permettent une certaine documentation; mais elle montre la nécessité d'une étude plus approfondie.

On connaît assez bien certains climats solaires continentaux. On a mis en évidence les avantages de l'altitude. On s'est préoccupé beaucoup moins du climat solaire des plages, et il nous est difficile de répondre d'une façon directe à une demande de précisions concernant le rayonnement solaire à la mer. Il faudrait en effet envisager le régime solaire de toutes les stations du littoral. Mais il en existe sous toutes les latitudes, d'où la nécessité de préciser le climat solaire de régions s'étendant du pôle à l'équateur et déterminer chaque fois la différence existant entre le bord de mer et l'hinterland d'une même région. C'est un travail de Bénédictin...

Nous sommes donc contraints de rester dans les généralités.

Il est un climat solaire que nous connaissons fort bien : celui de la Côte d'Azur. Malheureusement, même pour cette région, nous n'avons pas les éléments qui nous permettraient d'établir une comparaison entre *la côte et l'arrière-pays*. Cela n'est point étonnant, étant donné la rareté des postes s'occupant d'actinométrie. Même au pays du soleil, cette étude est complètement négligée et ce sont des étrangers à la région : M. Ladislas Gorczynski (1) et nous-mêmes qui avons, dans ces derniers temps, mis à profit les perfectionnements de la science moderne pour des recherches dans ce sens. Il existe, à la vérité, à Nice, une station météorologique possédant un solarigraphe de Gorczynski et l'actinomètre que nous décrivons plus loin. Les stations météorologiques s'occupant d'actinologie sont toutefois extrêmement rares, surtout en France.

Notre rapport sera divisé en *deux parties*.

*Dans la première*, d'ordre général, nous montrerons les différents éléments à étudier pour définir un climat solaire et la manière de les étudier.

Nous distinguerons :

- 1° Les durées d'insolation;
- 2° Les éléments à considérer dans l'étude du rayonnement solaire;
- 3° La mesure de l'intensité de la radiation solaire.
  - a) Généralités;
  - b) Quelques ordres de grandeur;
  - c) Manière d'utiliser notre actinomètre;
  - d) Mesure du refroidissement;
  - e) Dosage de l'ultra-violet.

*Dans la deuxième partie*, nous montrerons les particularités du climat solaire des régions côtières.

- 1° L'intensité du rayonnement direct;
- 2° L'intensité du rayonnement diffusé;
- 3° Celle du rayonnement du sol;
- 4° L'importance du rayonnement réfléchi diffusé et absorbé par la mer;
- 5° Quelques chiffres recueillis sur la Côte d'Azur.

---

(1) On consultera avec profit l'excellent travail de cet auteur : « Climat solaire de Nice et de Côte d'Azur. — Association typographique, Edit., Nice 1934.

## PREMIERE PARTIE.

## I

**Durées d'insolation.**

Jusqu'en ces derniers temps, on s'est attaché surtout à préciser les durées d'insolation et il existe plusieurs types d'instruments, dits « héliographes », donnant cette documentation. Les uns sont basés sur le principe photographique. Le plus courant est constitué par une boule sphérique en verre. Elle concentre les rayons et donne des traces brûlées sur un carton fixé derrière elle. Toutefois dans ce dernier modèle, la trace obtenue ne totalise pas exactement la durée de l'insolation. Pour que le carton soit brûlé, il faut, en effet que l'intensité calorifique du rayonnement soit de l'ordre de 0,3 à 0,4 caloriegramme. Cette valeur n'est pas atteinte au début ni à la

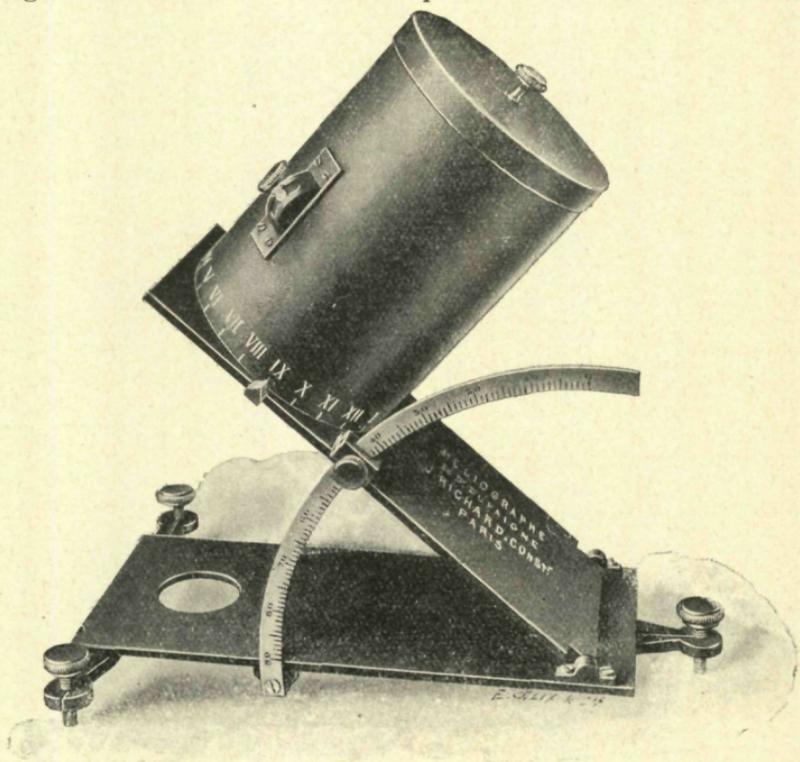


Fig. 1  
Héliographe du Docteur Dupaigne.  
(J. Richard, constructeur, Paris).

fin de l'inscription, ni a certains jours quand le ciel est nuageux. Par ailleurs l'humidité de l'air, la brume, le brouillard peuvent modifier considérablement la longueur du graphique. Le papier humide doit en effet être séché avant d'inscrire la trace du rayonnement solaire.

A ce point de vue, l'héliographe photographique (fig. I) donne des résultats supérieurs, bien qu'il soit d'une complexité un peu plus grande. Comme cette documentation a besoin d'être complétée par la connaissance de l'intensité du rayonnement solaire, il est plus simple d'utiliser un appareil enregistreur dit : « solarigraphe » qui donne à la fois, avec précision, la durée d'insolation et l'intensité du rayonnement (fig. 11).

Voici en heures et dixièmes d'heure, la durée maxima de l'insolation en juin et décembre, pour diverses latitudes :

Latitudes géographiques :

	Equat.	10°N	20°N	30°N	40°N	50°N	60°N	99°N
21 Déc.	12 h. 1	11 h. 5	10 h. 9	10 h. 2	9 h. 3	8 h. 1	5 h. 9	2 h. 5
21 Juin	12 h. 1	12 h. 7	13 h. 3	14 h. 1	15 h. 0	16 h. 4	18 h. 9	24 h. 0

Si la durée d'insolation est variable suivant la latitude du lieu, elle est aussi fonction des accidents du terrain qui peuvent exister soit du côté du levant, soit du côté du couchant. Il y a donc un climat solaire *régional*, constitué par la moyenne des indications recueillies en différentes saisons pour une certaine étendue de pays voisins, mais il y a aussi un *micro-climat solaire* de chaque localité considérée.

La durée astronomique avec maximum d'insolation ne peut excéder 4.500 heures par an; mais la présence de l'atmosphère terrestre habituellement chargée de nuages réduit singulièrement ce chiffre. La somme effective d'insolation est donc pratiquement réduite à 3.600 heures ou 4.000 heures environ. Le continent européen accuse des sommes annuelles variant de 1.500 à 2.000 heures. La région correspondant à la Côte d'Azur est particulièrement favorisée puisque l'on trouve 2.632 heures contre 1.732 heures à Paris.

Voici d'ailleurs un tableau emprunté à Gorczynski, donnant pour diverses stations la moyenne du nombre d'heures de soleil par jour pour les mois représentant habituellement un minimum et un maximum.

	Décembre		Juin		Année	
	Moyenne par jour	Somme totale	Moyenne par jour	Somme totale	Somme totale	Moyenne par jour
Helsingfors (Finlande) . . . . .	0,5	16	6,7	201	1.580	4,3
Varsovie (Pologne) . . . . .	0,8	25	8,0	240	1.650	4,5
Paris-St-Maur . . . . .	1,7	49	7,6	211	1.732	4,8
Trieste (Italie) . . . . .	3,3	96	8,5	256	2.205	6,0
Nice (Côte d'Azur). . . . .	4,5	140	9,6	288	2.645	7,24
Messine (Sicile) . . . . .	3,3	102	9,9	298	2.358	6,5

M. Ventrillon de la station climatologique de l' « O.N.M. » à Rennes a eu l'obligeance de nous envoyer le relevé ci-après donnant les durées d'insolation moyennes de plusieurs stations de Bretagne.

Rennes est à ce point de vue la ville la plus mal partagée : (1.587 h.). Viennent ensuite : Ile de Batz (1.654 h.), Ouessant (1.692 h.).

Les maxima appartiennent à : Belle-Ile (2.196 h.), à la Pointe St-Gildas (2.189 h.), à l'Ile d'Yeu (2.371 h.).

L'examen de ces chiffres montre de grandes différences entre les stations et fait regretter l'absence de documentation sur les variations de l'intensité de l'énergie solaire.

**OFFICE NATIONAL  
MÉTÉOROLOGIQUE  
S. D. E./Clim.**

Durée d'insolation moyenne (en heures)  
dans les postes de Bretagne

POSTES	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
<b>MANCHE</b>													
Iles Chausey. . . . .	64	82	154	180	208	226	237	217	154	122	62	56	1.762
<b>COTES DU NORD</b>													
Cap Fréhel . . . . .	59	79	150	160	203	231	268	208	150	113	60	51	1.732
<b>FINISTÈRE</b>													
Ile de Batz . . . . .	48	59	146	168	193	221	242	212	162	113	54	36	1.654
Ouessant . . . . .	56	74	154	168	202	216	237	207	161	116	60	41	1.692
Brest (St-Mathieu). . . . .	66	90	168	175	203	216	242	222	169	125	65	50	1.791
Penmarch . . . . .	65	94	165	180	220	224	259	233	184	117	63	47	1.851
<b>MORBIHAN</b>													
Lorient (Gâvre). . . . .	76	102	187	196	225	252	288	241	199	133	77	73	2.049
Bec Melen (Groix). . . . .	73	111	187	204	233	253	288	246	199	130	72	65	2.061
Er. Hastellic (Belle-Ile) . . . . .	85	123	202	216	252	261	292	258	214	137	83	73	2.196
<b>ILE-ET-VILAINE</b>													
Rennes . . . . .	68	88	144	133	173	201	213	193	151	110	60	53	1.587
<b>LOIRE-INFÉR.</b>													
Nantes . . . . .	82	111	193	200	226	250	277	259	201	147	78	64	2.088
Pte-St-Gildas . . . . .	87	123	191	216	252	251	301	258	210	144	83	73	2.189
<b>VENDÉE</b>													
Ile d'Yeu. . . . .	96	132	206	240	278	274	315	279	229	154	89	79	2.371

Voici une documentation complémentaire empruntée à Vallot :

NOMBRE d'HEURES de SOLEIL par mois

	Janv. Févr.	Mars Avril	Mai Juin	Juill. Août	Sept. Oct.	Nov. Déc.	Année
Région intérieure, 12 stations . . . . .	89	159	208	234	164	71	1.850
Manche 4 stations . . . . .	79	155	187	202	152	77	1.704
Océan 4 stations . . . . .	84	148	175	211	154	71	1.686
Méditerranée 5 stations . . . . .	145	180	224	258	181	120	2.216
Côte d'Azur 2 stations . . . . .	164	216	278	340	215	142	2.710
Pau . . . . .	143	168	187	257	206	110	2.136
Biarritz . . . . .	100	133	146	217	163	79	1.691
Alger . . . . .	152	195	284	324	208	148	2.575

II

**Éléments à considérer dans l'étude du rayonnement solaire.**

Avant de parler de la technique à suivre pour la détermination de l'intensité du rayonnement solaire, il faut considérer les éléments à mesurer (1).

On étudie d'abord le rayonnement *direct* à l'incidence normale. On l'isole de tout autre avec un tube dit « pyréliométrique » dirigé vers le soleil (fig. 8).

On considère en outre le rayonnement *global*, c'est-à-dire celui venant du soleil et celui diffusé par le ciel. On l'étudie soit à l'incidence normale (fig. 6), soit en disposant le récepteur horizontalement ou verticalement (fig. 4).

En se débarrassant du rayonnement direct par l'interposition d'un disque cache soleil (2), on peut étudier le rayonnement *diffusé* par le ciel (fig. 5 et 7). Dans certains cas on considère celui renvoyé par l'eau, le sol ou les obstacles environnants.

Il faut enfin étudier l'intensité des diverses zones spectrales. Le problème est ici plus complexe. Les méthodes spec-

(1) Les figures publiées plus loin feront mieux comprendre ce rapide exposé.

(2) On peut aussi obtenir le diffusé en soustrayant de la valeur du rayonnement global à l'incidence normale le chiffre trouvé pour la détermination du rayonnement direct.

trographiques difficiles à utiliser sont les plus recommandables. Mais moyennant certains artifices on peut obtenir un résultat semblant pratiquement satisfaisant.

Le degré de pureté du ciel se traduit par une augmentation de l'intensité du rayonnement. Les actinologistes ont coutume de préciser le degré de transparence de l'atmosphère. L'unité est constituée par une masse atmosphérique égale à 1 ; on considère dans ces conditions la traversée atmosphérique d'un rayonnement parti du zénith. La masse atmosphérique augmente quand la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon diminue. Mais toute chose égale d'ailleurs pour un même angle, elle augmente en proportion des impuretés atmosphériques.

Linke avec son assistant Oswald a réalisé une échelle constituée par une série de teintes bleues. On les compare à la tonalité du ciel et l'on précise ainsi son degré de pureté. Le bleu est d'autant plus vif qu'il y a moins d'impuretés. Quand il y a des poussières, des fumées, des vapeurs, il est plus ou moins lavé de blanc.

### III

#### Comment mesurer l'intensité de la radiation ?

##### a) Généralités.

Beaucoup de gens s'imaginent pouvoir juger de l'intensité de la radiation d'après les indications d'un thermomètre exposé au soleil ! C'est une erreur grossière, car suivant sa constitution (réservoir contenant du mercure ou de l'alcool plus ou moins coloré) l'absorption des radiations par la cuvette est extrêmement variable. Seules les radiations absorbées font monter la colonne liquide. Celles qui sont réfléchies n'influencent pas l'appareil. Pour cette raison, un thermomètre à mercure marquera toujours moins qu'un thermomètre à alcool coloré en rouge, par exemple. Mais, dira-t-on, ne suffit-il pas de noircir la cuvette du thermomètre ? Grâce à cet artifice l'intensité calorifique est certainement absorbée d'une façon satisfaisante par la cuvette. Mais si cet appareil est exposé en plein air, le vent agit pour le refroidir et les indications du thermomètre sont une résultante, conditionnée par

le rapport qui s'établit entre les calories absorbées et celles enlevées par la turbulence de l'air. C'est ce qu'on obtient avec l'héliothermomètre de Vallot, ancêtre de l'héliothermographe personnel que nous avons décrit dans diverses publications (1).

Pour mesurer approximativement l'énergie calorique, on peut utiliser une cuvette noircie dans laquelle on met par exemple 1 cm. d'eau. Dans ces conditions, chaque élévation de température de 1° de la masse liquide, dans un temps donné, correspondra à l'absorption d'une calorie-gramme. Mais il faut éviter les erreurs dues à l'évaporation et au refroidissement par le vent. On peut y obvier. En recouvrant l'eau d'une pellicule d'huile de paraffine, on empêche l'évaporation. En plaçant sur la cuvette une plaque de verre, on protège l'eau contre le refroidissement dû à l'agitation de l'air. Mais le résultat obtenu n'en reste pas moins grossier et pour avoir des précisions, il faut recourir à des méthodes plus scientifiques. Nous ne les décrirons pas, elles sont surtout du domaine des laboratoires spécialisés.

Mais certains appareils simples sont à éviter ou à recommander pour la pratique courante, nous allons en signaler quelques-uns :

Le *Lucimètre de Bellani* est un appareil à distillation. Le liquide contenu dans une boule de verre blanc ou bleu est vaporisé grâce à l'action du rayonnement solaire. Les vapeurs se condensent sur les parois froides de l'appareil et viennent s'écouler dans un éprouvette graduée qui permet de totaliser la quantité de liquide volatilisé au cours de la journée. Il est facile de traduire en calories les indications de l'échelle. Cet appareil est séduisant par sa simplicité. Il donne hélas des résultats inexacts variant du simple au double suivant certaines circonstances. Bien des auteurs se sont efforcés d'y remédier mais jusqu'à ce jour aucun résultat satisfaisant n'a été obtenu.

Les appareils paraissant donner le maximum de précisions pour la *pratique courante* sont constitués par des piles thermo-électriques. Un des modèles les plus connus est celui de Gorczynski (fig. 2 et 3), constitué par une pile de Moll en relation avec un millivoltmètre qui peut être soit enregistreur,

---

(1) Voir Traité d'Hélio et d'Actinologie publié sous la direction de Ch. Brody, t. I, p. 458 et suiv. (Maloine, édit., Paris, 1938.)

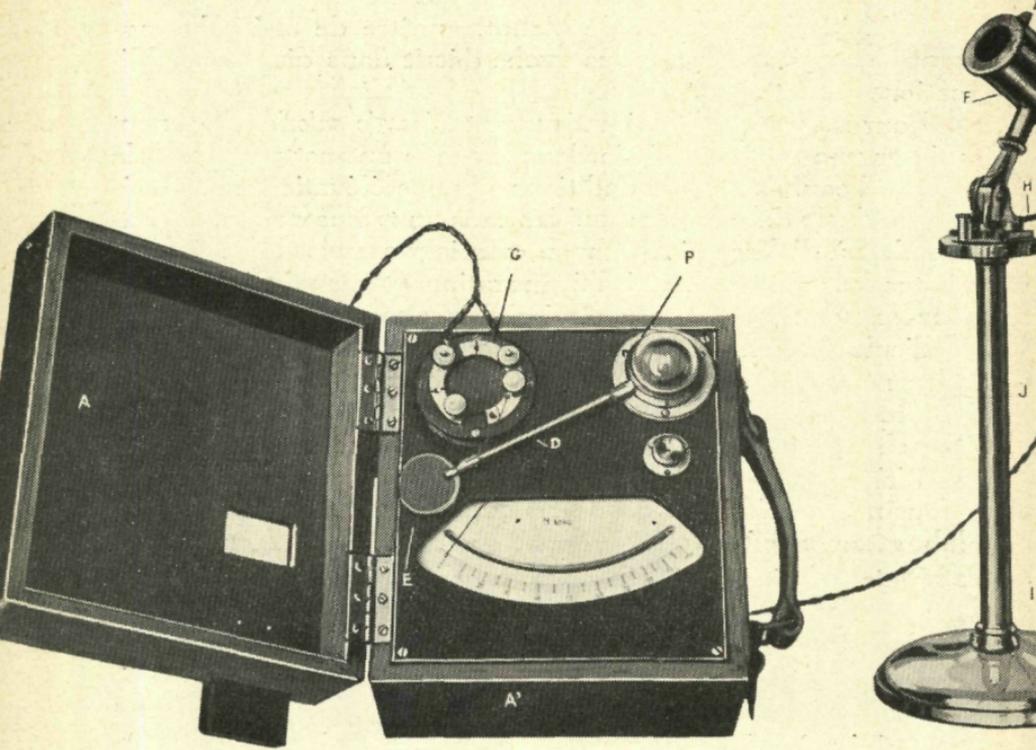


Fig. 2.

A. A' représentent une boîte renfermant outre le milli-voltmètre dont la graduation apparaît en E, une pile thermoélectrique horizontale P, un cache soleil D, un commutateur C permettant de relier l'appareil de mesure à la pile solarimétrique P ou à celle située à l'extrémité du tube pyréliométrique F et supportée par un pied I, orientable en tous sens grâce au système H. L'incidence est vérifiée par l'usage du trou sténopscique G formant en G' son image lumineuse. Le fil « J » réunit la pile au milli-voltmètre.

soit à lecture directe. Les divisions du voltmètre correspondent à une fraction donnée de calorie reçue par  $\text{cm}^2$  et minute. La pile thermo-électrique est généralement montée sur un pied susceptible de prendre diverses orientations et le dispositif peut recevoir les accessoires nécessaires pour étudier isolément soit le rayonnement direct, soit le rayonnement diffusé (voir plus loin).

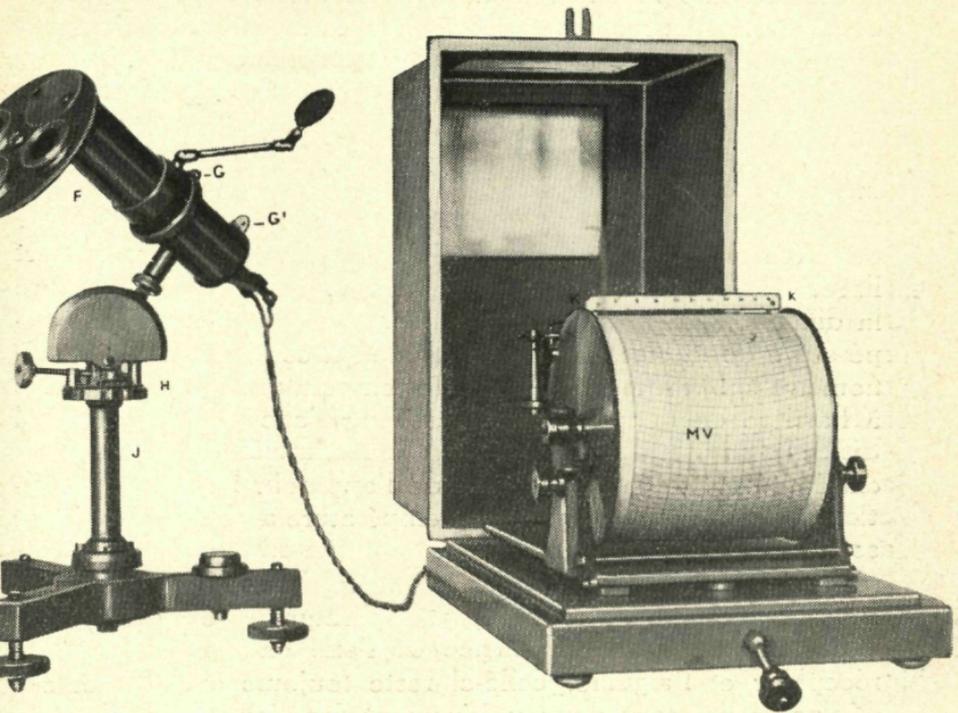


Fig. 3.

Les lettres correspondent en partie avec celles de la figure 2. Mais « V » indique un disque muni de filtres variés pour l'étude des zones spectrales.

MV représente le tambour enregistreur. Mais l'aiguille qui passe normalement sous le frappeur « KK' » n'est pas visible.

Voir plus loin, fig. 11 un graphique obtenu avec cet appareil.

On pourrait être tenté d'utiliser pour la mesure de l'intensité du rayonnement solaire les piles *photo-électriques*. C'est une mauvaise solution, car cette pile est un réactif dit sélectif. Elle est en effet impressionnée inégalement par les différentes qualités de radiations. Les piles thermo-électriques au contraire absorbent l'énergie calorifique de toute radiation, d'où leur supériorité. Les dispositifs à pile thermo-électriques sont cependant d'un prix de revient assez élevé.

Pour faciliter les recherches actinométriques, nous avons réalisé un actinomètre simple et relativement peu onéreux. Il

utilise le principe de la dilatation des métaux (1) et permet d'exécuter assez facilement les différentes mesures dont on peut avoir besoin. Il a extérieurement l'aspect d'une grosse montre. A la place habituelle du cadran se trouve une surface noircie protégée du refroidissement par deux calottes de verre. Audessous de cette surface noircie, on a disposé un *spiral bimétallique* calé sur un axe d'une certaine longueur, monté entre deux rubis. Nous verrons tout à l'heure la raison d'être de cette mobilité de l'axe. L'autre extrémité du spiral est libre. Celle-ci se déplaçant devant une graduation mesure la dilatation du spiral influencé par les augmentations de température de la surface noircie. Réduit à cet élément, cet actinomètre subirait les variations de température ambiante. Mais à l'arrière de l'appareil on a calé sur l'axe mobile un spiral dit compensateur identique au premier, mais dont la seconde extrémité est fixée à la masse de l'appareil. Dans ces conditions quand les variations de la température ambiante modifient son déroulement, il agit sur l'axe mobile supportant le spiral récepteur. Il le déplace de façon à corriger la déviation que subirait l'aiguille du fait de la température extérieure. Grâce à cette rotation compensatrice de l'axe entraînant le spiral récepteur et l'aiguille, celle-ci reste toujours au zéro et ses déplacements sont donc uniquement fonction du nombre de calories tombant sur la surface noircie. Les divisions de l'appareil peuvent être établies en fractions de calorie-gramme reçues par  $\text{cm}^2$  et minute. Cet appareil n'est pas un appareil absolu. Il faut donc le graduer par comparaison.

On procède d'ailleurs de même avec l'appareil à pile thermo-électriques de Gorczynski. Cependant Volochine a réalisé récemment un appareil à pile absolue qui rivalise avec l'appareil d'Angström (2).

### b) Quelques ordres de grandeur.

Nous allons maintenant donner quelques exemples qui permettent de juger les variations des valeurs obtenues suivant les techniques envisagées.

---

(1) Ce principe a déjà été adopté par Arago-Davy, Michelson et Robitzsch.

(2) Celui-ci est le plus ancien et le plus simple des appareils absolus. Il utilise deux couples thermo-électriques montés en opposition. L'un est exposé au soleil, l'autre est chauffé par un courant électrique d'intensité suffisante pour compenser la déviation provoquée par le couple exposé au soleil.

Il est intéressant de retenir les *valeurs maxima* constatées pour le rayonnement direct à l'incidence normale en différents lieux. Celles-ci sont ramenées à la hauteur du soleil ( $H = 42^\circ$ ) et à la distance moyenne de la terre au soleil.

Régions océaniques intertropicales. . . . .	1.24 cal.
Zone maritime tempérée (Nord-Atlantique) . . . . .	1.35 cal.
Plaines européennes. . . . .	1.42 cal.
Oasis sahariennes . . . . .	1.52 cal.
Hautes montagnes . . . . .	1.64 cal. (3 km.) 1.66 cal. (5 km.)
Haute atmosphère . . . . .	1.73 cal. (5,5 km.) 1.74 cal. (7,5 km.)

Aux valeurs corrigées, il est bon de comparer les valeurs réelles :

### *Régions continentales basses*

11 avril 1926 : Helsingfors, (Finlande)	(Lat. $60^\circ. 2/N$ ): Max. $Q=1.37$ cal.h=37°
10 mars 1928 : Varsovie	(Lat. $52^\circ. 2/N$ ): Max. $Q=1.43$ cal.h=42°
22 avril 1929 : Paris-Saint-Maur	(Lat. $48^\circ. 8/N$ ): Max. $Q=1.43$ cal.h=53°

### *Régions méditerranéennes et désertiques*

21 mars 1933 : Nice	(Lat. $43^\circ. 7/N$ ): Max. $Q=1.51$ cal.h=42°
18 avril 1931 : Thorenc, alt. 1,2 km.	(Lat. $43^\circ. 8/N$ ): Max. $Q=1.62$ cal.h=40°
22 févr. 1926 : Ouargla oasis saharienne	(Lat. $32^\circ. 0/N$ ): Max. $Q=1.59$ cal.h=48°

Il faut se rendre compte aussi de l'importance de l'orientation de la surface réceptrice par rapport à la direction du rayonnement.

Voici, par exemple, des mesures de rayonnement global, relevées à Nice avec une pile thermo-électrique (27 octobre, 11 heures 32 min. heure légale).

Incidence normale	1 cgr. 02	par	minute	et	cm <sup>2</sup>
Pile verticale	0 cgr. 82	»	»	»	»
Pile horizontale	0 cgr. 48	»	»	»	»

donc, on a régulièrement le maximum à l'incidence normale, mais il peut y avoir des variations de l'ordre du simple au double entre la position verticale ou horizontale du récepteur. Dans cet exemple, soleil relativement bas au-dessus de l'horizon, une surface verticale est nettement favorisée, mais durant l'été, on fait une constatation inverse.

*Exemple:* Nice 30 août, 12 heures 30.

Incidence normale .....	1 c. 29
Pile verticale .....	0 c. 57
Pile horizontale .....	1 c. 17

Pour le rayonnement diffusé, on trouve également des variations suivant la position du récepteur par rapport à l'une ou l'autre portion du ciel.

Voici, par exemple, quelques chiffres (Nice, avril) :

	RAYONNEMENT GLOBAL	RAYONNEMENT DIFFUSÉ
Pile normale . . . . .	1 c 51	0. c 22 Cal. cm <sup>2</sup> min.
Pile horizontale . . . . .	0 c 72	0. c 11 » » »
Pile verticale . . . . .	1 c 23	0. c 24 » » »

Plaçons maintenant la pile verticalement vers le soleil. Etudions le diffusé en arrêtant le direct par un cache-soleil. Puis tournons l'appareil vers l'est, vers l'ouest, vers le nord, on trouve, par exemple :

	NICE	
	18 OCTOBRE	30 OCTOBRE
Pile verticale face au soleil . . . . .	0 c 18	0.21 Cal. cm <sup>2</sup> min.
» à 90° vers l'est . . . . .	0 c 12	0.17 » » »
» à 90° vers l'ouest . . . . .	0 c 12	0.12 » » »
» vers le nord . . . . .	0 c 14	0.12 » » »

Si nous considérons maintenant l'ultra-violet diffusé, mesuré en unités arbitraires, avec le « Hammer » muni d'une cellule au sodium recouvert d'un verre de Wood, nous trouvons (Nice, 31 mars 1933, à 15 heures) :

Cellule verticale, face au soleil	= 100 (unités arbitraires)		
» » vers l'est, puis l'ouest	58	»	»
» » vers le nord	43,38	»	»
» horizontale	97,7	»	»

L'étude du rayonnement diffusé est importante à considérer car on lui attribue une valeur de 40 % dans la somme totale d'énergie rayonnante, reçue au cours de l'année.

Nous n'avons pas encore parlé de la totalisation des mesures, horaires ou quotidiennes, mais c'est là un calcul important. L'étude d'un climat solaire nécessite la connaissance de la quantité d'énergie solaire effectivement reçue au cours d'une

journee, d'un mois, d'un trimestre, d'une année. Les moyennes n'ont guère d'intérêt, ce qui importe le plus, c'est la quantité d'énergie reçue par journée ensoleillée. Totaliser l'énergie reçue en un mois et diviser par 30 pour avoir une énergie journalière moyenne, ne signifie pas grand chose. Ce qui importe, c'est la quantité d'énergie dont on dispose effectivement, les jours où le soleil n'est pas masqué par les nuages.

Terminons cet aperçu général, en donnant en caloriegr. cm<sup>2</sup> minute la quantité d'énergie calorifique fournie par les différentes zones spectrales (d'après Gorczynski).

Longueurs d'onde	Infra- rouge	Spectre visible				Ultra- violet	Totalisa- tion des valeurs d'une mêmeligne hori- zontale.
	depuis 3.000 $\mu\mu$ à 760 p. 100	760 $\mu\mu$ à 630 rouge p. 100	630 $\mu\mu$ à 560 jaune p. 100	560 $\mu\mu$ à 470 vert p. 100	470 $\mu\mu$ à 409 violet p. 100	400 à 290 $\mu\mu$ p. 100	
15décemb.	48,4	17,1	10,8	14,8	8,7	0,2	100
15 mars	43,7	17,9	11,7	16,1	10,0	0,6	100
15 juin	41,3	17,7	11,9	16,7	11,4	1,0	100
15 sept.	42,9	17,9	11,8	16,4	10,2	0,8	100

c) *Utilisation de notre actinomètre bi-métallique compensé pour la mesure de l'intensité de la radiation.*

Notre actinomètre bi-métallique compensé, se trouve monté sur un pied muni de vis micrométriques qui permettent de l'orienter dans toutes les directions. On peut disposer le récepteur horizontalement ou verticalement ou lui donner toutes positions intermédiaires (fig. 4 à 10).

Pour l'orienter normalement dans la direction du rayonnement solaire, on utilise un indicateur d'incidence. Il est constitué par un trou sténopéique fixé à l'appareil. Son image lumineuse doit se projeter au centre d'une plaque arrière destinée à la recevoir quand l'incidence normale est obtenue.

Un tube pyrhéliométrique vissé sur l'actinomètre permet d'étudier le rayonnement direct. Un cache-soleil fixé latéralement est utilisé pour l'étude du rayonnement diffusé.

Cet appareil est à lecture directe. On le mobilise à la main pour réaliser l'incidence normale. Il a une certaine inertie, mais celle-ci ne paraît pas gênante puisque les indications sont exactes à 3 % près, au bout de trois minutes d'exposition.

On voit dans les figures 5 à 10 plus ou moins bien suivant les orientations l'actinomètre avec son récepteur noir, les cupules de protection, le cache soleil, la graduation, le tube pyréliométrique. Le pied support avec les vis micrométriques permettent son orientation en tous sens.

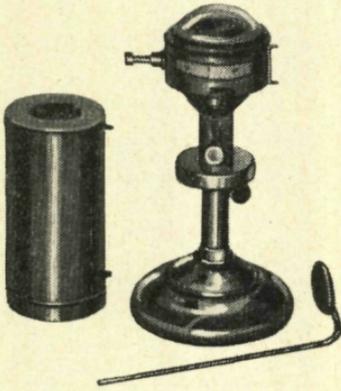


Fig. 4.

Actinomètre horizontal reçoit le direct et le diffusé.

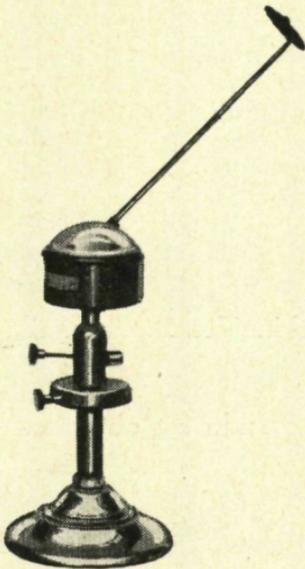


Fig. 5.

Actinomètre horizontal avec cache soleil arrêtant le direct. Le récepteur reçoit seulement le diffusé.

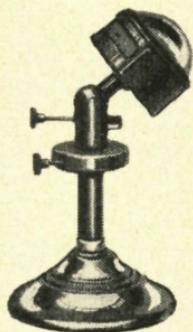


Fig. 6.

Actinomètre recevant le rayonnement direct à l'incidence normale + le rayonnement diffusé, c'est-à-dire le rayonnement global.

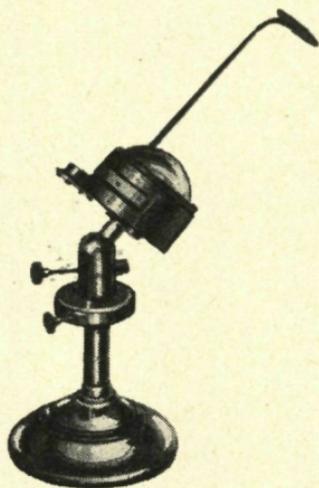


Fig. 7.

Actinomètre orienté à l'incidence normale; reçoit seulement, à cause du cache soleil, le diffusé de la zone proche du soleil.

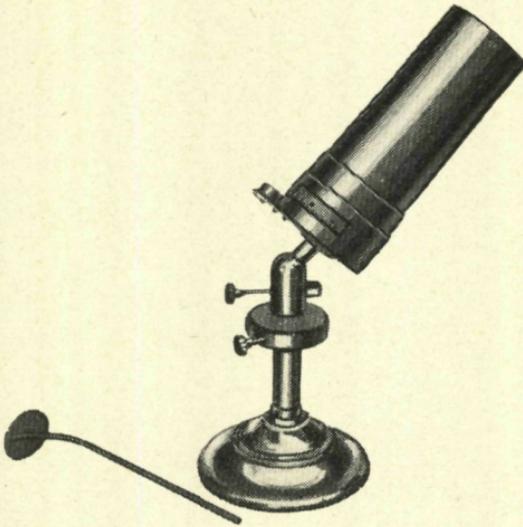


Fig. 8.

Actinomètre muni du tube pyrhéliométrique pour recevoir le direct à l'incidence normale.

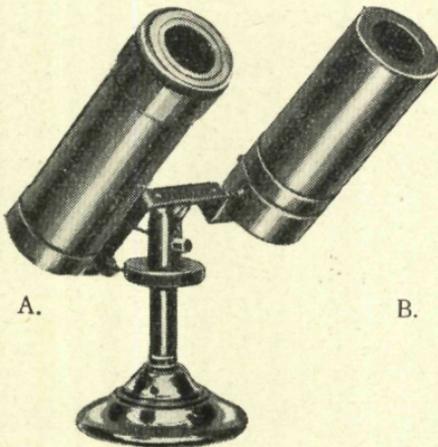


Fig. 9.

Deux actinomètres sur une même monture. L'un A reçoit le direct seul à l'incidence normale. L'autre B est monté sur un tube qui le porte au niveau de l'extrémité du tube pyrhéliométrique de l'autre appareil. Il reçoit, lui, le global: diffusé + direct à l'incidence normale.

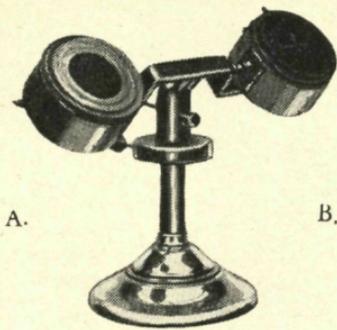


Fig. 10.

On voit ici un actinomètre A avec ses calottes protectrices et un autre B orienté comme lui pour recevoir le global à l'incidence normale mais sans calotte protectrice.

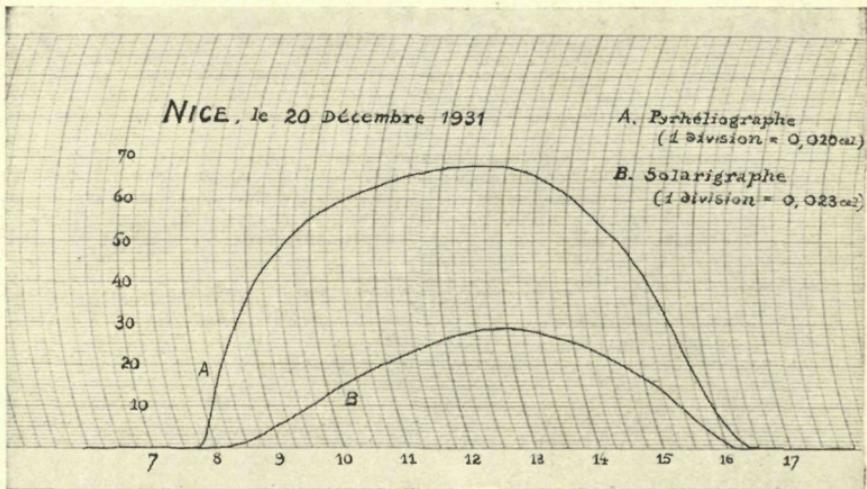


Fig. 11.

Courbe de l'intensité solaire obtenue avec l'enregistreur de Gorzynski. On voit d'une part la courbe (A) obtenue avec le Pyrhéliographe, d'autre part celle obtenue avec le Solarigraphe (B).

Les chiffres de l'échelle sont des divisions arbitraires qui doivent être multipliés pour chaque appareil, par le coefficient indiqué sur le graphique. On peut ainsi connaître à tout moment l'intensité de la radiation, totaliser les sommes d'énergie reçues par heure ou fraction d'heure et au cours de la journée entière. On a en même temps la durée de l'insolation.

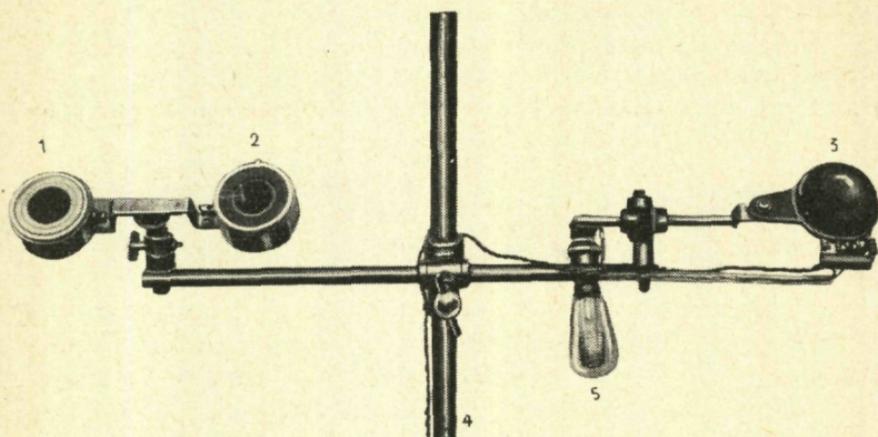


Fig. 12.

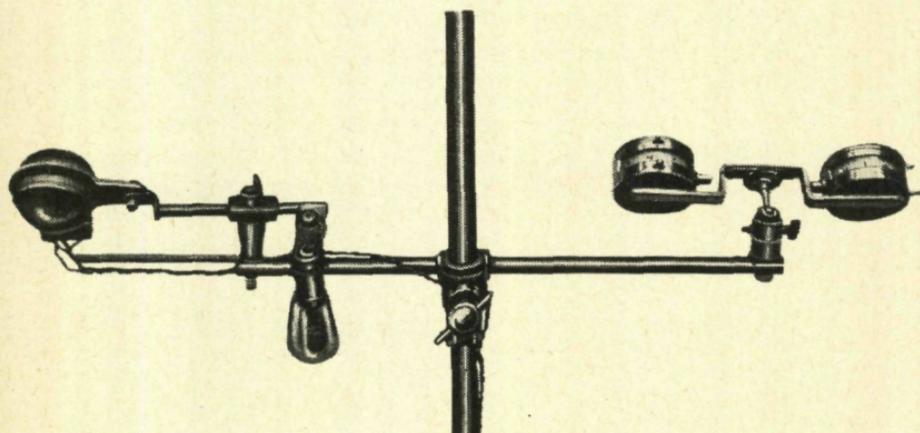


Fig. 13.

Sur un même support on a groupé un actinomètre protégé 1 ;  
 un actinomètre nu 2 ;  
 un cryomètre 3. Ce cryomètre est constitué par une boule  
 noircie chauffée par le courant électrique du secteur et l'on voit  
 en 4 fil amenant le courant. La lampe 5 est un témoin permet-  
 tant de surveiller le bon fonctionnement de l'appareil.

La vue 12 est prise de face et montre les appareils recevant normale-  
 ment le rayonnement solaire.

La vue 13 est prise en arrière de l'ensemble de façon à montrer les  
 échelles des appareils.

La tige TT' qui supporte les appareils tourne autour d'un axe horizon-  
 tal et d'un autre vertical.

Notre actinomètre peut être facilement rendu enregistreur, à condition de l'utiliser uniquement en position horizontale (1).

Nous avons prévu cet actinomètre pour étudier surtout l'intensité du rayonnement global, tel celui qui atteint les sujets exposés au soleil. On peut donner à l'appareil et au sujet exposé au soleil la même orientation.

Si le malade est au lit, on met l'appareil horizontal. Si le malade est installé sur un lit mobile orienté normalement vers le soleil, l'actinomètre est placé dans une position similaire.

Les figures ci-jointes nous dispensent de plus amples détails et illustrent par ailleurs d'autres parties de notre texte.

Si on veut étudier certaines zones spectrales, il est facile de munir notre actinomètre d'écrans de verre qui isolent différentes zones spectrales (2). Par exemple, un verre rouge, puis un verre jaune. Cependant dans ces cas il faut monter sur le même pied au moins 3 actinomètres (3).

Le premier actinomètre muni de verre rouge donne le *rouge* et l'*infra-rouge*.

Le deuxième, muni d'un verre jaune donne l'*infra-rouge*, le *rouge* et le *jaune* et en soustrayant le chiffre obtenu dans ces conditions de celui obtenu avec le premier appareil, on obtient l'intensité correspondant à la zone spectrale voisine du jaune.

(1) En connaissant la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, on peut aisément déterminer la valeur du rayonnement direct à l'incidence normale. On enregistre avec un autre appareil le rayonnement diffusé. En partant du rayonnement global, on obtient par soustraction (global-diffusé) la valeur du rayonnement direct sur une surface horizontale.

Il suffit d'appliquer ensuite la formule « sinus h ». Appelons Q l'intensité de la radiation, H = la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon. Voici les diverses relations utiles à connaître :

$$\begin{array}{l} q \text{ horizontal} = q \\ q \text{ global} = q \\ q \text{ diffusé} = q \end{array} \left\{ \begin{array}{l} (\text{normal} \times \sinus h) \\ (\text{horizontal} + q \text{ diffusé}) \\ (\text{global} - q \text{ normal} \times \sin. h) \end{array} \right.$$

(2) C'est une méthode classique en actinologie.

(3) La multiplicité des appareils est nécessaire. A cause de leur inertie il faut en effet faire des lectures simultanées, car il ne serait pas pratique de varier les conditions d'observation et d'attendre l'établissement de l'équilibre. D'ailleurs même avec les piles thermo-électriques, dont la réponse est pratiquement instantanée, les mesures successives exposent à des erreurs car elles demandent un certain délai pendant lequel le rayonnement peut varier.

Le troisième appareil est un actinomètre ordinaire. Il donne, lui, l'intensité du rayonnement global et en soustrayant du chiffre indiqué, celui obtenu avec l'actinomètre N° 2, on obtient l'intensité calorifique de la zone comprise entre le jaune et l'ultra-violet. Il n'est pas possible avec cet appareil, pas plus qu'avec les piles thermo-électriques de préciser l'intensité de la zone ultra-violette. Pour cette détermination, il faut recourir à une autre méthode (voir plus loin).

Une étude complète exigerait un quatrième actinomètre muni d'un cache-soleil et orienté à l'incidence normale comme les précédents; il donnerait le rayonnement diffusé.

Tous ces appareils peuvent être disposés sur un pied équatorial (1) muni ou non d'un mouvement d'horlogerie. Cet ensemble ne répond plus au besoin d'économie que nous avons envisagé en construisant notre actinomètre, mais il permet tout de même d'obtenir à bas prix une documentation complète. On peut d'ailleurs procéder par étapes et acquérir suivant les besoins l'un ou l'autre appareil.

#### *d) Mesure de refroidissement.*

A l'étude physique du rayonnement solaire, nous croyons indispensable d'ajouter l'étude du refroidissement.

Aux actinomètres précédents, nous proposons d'en ajouter un autre identique à celui donnant le global à l'incidence normale. Mais celui-ci est alors démuné de caottes protectrices (fig. 12 et 13). Il reçoit donc des calories solaires, mais il en perd également en fonction de la turbulence de l'air. Ceci nous paraît une combinaison intéressante pour des recherches d'ordre thérapeutiques, car l'absorption d'un trop grand nombre de calories solaires par un sujet peut avoir pour lui de sérieux inconvénients. Il est souhaitable que dans la plupart des cas cet excès de recette soit combattu par un refroidissement dû à

---

(1) Un support vertical est parfaitement utilisable car un mouvement d'ensemble de la tige horizontale permet de rétablir la position normale suivant les variations de hauteur du soleil au-dessus de l'horizon. Avec un support incliné suivant la latitude du lieu, on est affranchi de cette petite manipulation et il suffit de suivre le mouvement latéral du soleil. La monture équatoriale avec mouvement d'horlogerie est certainement la meilleure solution; grâce à elle on peut sans perte de temps faire à tout moment la lecture des appareils.

l'agitation de l'air (1). Ce phénomène vient au secours de l'organisme qui dans ces conditions a un effort moins grand à faire pour maintenir sa température constante malgré la somme d'énergie solaire qu'il reçoit. On peut critiquer cette manière de faire. Cet appareil non protégé contre le refroidissement n'est pas un appareil absolu, mais soumis aux mêmes conditions atmosphériques que le malade, il nous paraît cependant un précieux élément d'information, si on compare ses indications avec celles de l'actinomètre protégé.

Pour établir un bilan calorifique plus précis, nous avons eu recours à un appareil complémentaire dit *cryomètre*. Il est constitué par une boule centrale contenant une résistance chauffante; un thermostat maintient à 37° cette boule métallique massive.

Celle-ci est supportée au niveau de son équateur par un disque en matière isolante qui permet de fixer l'appareil à un pied (fig. 12 et 13).

La boule centrale est recouverte de 2 calottes de cuivre minces et noircies. Elles prennent point d'appui sur le support isolant et se trouvent séparées de la boule centrale par 1 cm. d'air. A chaque pôle supérieur des dites calottes on a placé un spiral bi-métallique dont une extrémité est fixe et dont l'autre extrémité se déplace devant une graduation indiquant les variations de température de la calotte. Cette calotte est soumise par sa face intérieure au rayonnement de la boule maintenue à 37°. Sa surface extérieure est influencée par la température ambiante et refroidie par le vent. La résultante est évidemment fonction des différences qui existent entre l'influence intérieure « constante » et les influences extérieures « variables » qu'il faut préciser. La graduation peut être établie en degrés, mais à chaque degré correspond une certaine quantité de calories perdues par cm<sup>2</sup> et minute. Cet appareil devient donc un appareil à lecture directe qui permet de mesurer le refroidissement des deux calottes qui peuvent être soumises à deux régimes différents. Ainsi une calotte peut être exposée au soleil et une autre à l'ombre.

---

(1) Ceci nous paraît particulièrement important à la mer où le vent est assez fréquent. Il ne faut pas d'ailleurs penser uniquement à l'excès de calories, mais savoir aussi que dans certains cas l'apport peut devenir insuffisant. Il faut éviter le refroidissement autant et plus peut-être que le réchauffement, tant que celui-ci n'est pas exagéré.

Nous ne pouvons insister plus longuement dans ce rapport sur cet appareil. Nous le signalons toutefois, car si du point de vue biologique, il nous paraît indispensable de connaître l'intensité de l'énergie solaire, il nous semble non moins utile de préciser la valeur des pertes. Le résultat biologique est certainement fonction de l'action spécifique des radiations, mais il est influencé aussi par l'action thermique du rayonnement plus ou moins neutralisé par les influences extérieures.

e) *Technique à suivre pour la mesure de l'ultra-violet solaire.*

La mesure de l'ultra-violet solaire est difficile en pratique courante. On peut sans doute absorber son énergie et la transformer en chaleur, mais cette technique ingénieusement mise à profit par Coblentz est assez délicate.

Dorno et Mörikofer emploient une cellule au cadmium. Mais c'est encore une méthode complexe. Nous avons utilisé le Hammer (1) muni d'une cellule au potassium recouverte d'un verre de Wood. Cette technique paraît facile. Elle serait intéressante si les constructeurs voulaient s'intéresser à ce problème un peu particulier et en faciliter l'exécution. Le prix de revient est malheureusement encore fort élevé.

La zone mesurée par cet appareil est *celle transmise* par le verre de Wood. Elle varie suivant la nature du filtre (2).

Elle se rattache à l'ultra-violet *proche* du spectre solaire. Mais on pourrait aussi utiliser avec le dosimètre une cellule au cadmium qui donnerait alors la mesure de la zone voisine de 3.000 « A ». Pour la détermination de cette zone, l'appareil le plus simple est toutefois le dosimètre de la « Farben-Industrie » (fig. 14).

Il est constitué par un tube de verre transparent aux « U.-V. ». Il contient une solution incolore de leucocyanide de teinture de triphénylamine. Il vire au rouge sous l'influence des ultra-violet de  $\lambda$  inférieur à 3.150 « A ». Un colori-

---

(1) Cet appareil est couramment employé en radiologie pour mesurer l'intensité des rayons X. Dans ce cas la cellule est remplacée par une chambre dite d'ionisation.

(2) Les verres sont à base d'oxyde de nickel. Leur coloration est noire. Ils laissent passer un peu d'infra-rouge, mais leur caractéristique est de laisser passer une notable partie de l'ultra-violet comprise entre 2750 A et 4000 A. On a une courbe en cloche avec maximum de transmission dans la zone proche de 3400 A.

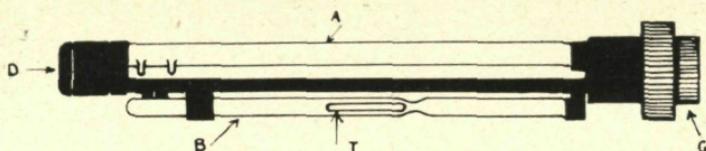


Fig. 14.

A tube contenant le réactif. Le virage est mesuré en dirigeant vers un fond blanc l'extrémité D de l'appareil et en le regardant à travers la lunette C. Celle-ci contient une série de disques numérotés et colorés en vert. La saturation de chacun d'eux est progressivement croissante. Quand la tonalité du colorimètre a une saturation correspondante à celle du réactif vue en enfilade on a une plage grise dont on retient la numérotation pour consulter une table qui donne la richesse correspondante en UV. Mais comme le virage varie suivant la température il faut parfois faire une correction. Le tube B contient de l'eau et un thermomètre T qui indique dans quel sens faire la correction.

mètre permet de déterminer l'intensité du virage. Une table donne la correspondance établie avec l'intensité de l'ultra-violet. Moyennant certaines précautions prises durant la manipulation, ce dispositif donne des résultats intéressants.

## DEUXIEME PARTIE.

### Particularités du rayonnement étudié au voisinage de la mer.

Ces questions de technique étaient indispensables; mais il nous faut parler maintenant des particularités du rayonnement solaire à la mer. Nous distinguons successivement l'intensité du *rayonnement direct*, celle du *diffusé* et la manière dont se comporte *l'eau et le sol*, frappé par le rayonnement solaire.

#### 1° Intensité du rayonnement direct.

L'intensité du rayonnement direct (rayonnement du soleil seul) est nécessairement étudiée à *l'incidence normale*. Un tube dit pyréliométrique (1) est dirigé vers le soleil de façon à éviter tout rayonnement diffusé quelle que soit son origine (fig. 8).

L'intensité de la radiation est d'autant plus grande que la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon est plus élevée. Ceci est élémentaire. La couche atmosphérique mesure environ

(1) Muni du diaphragme il embrasse un angle de 5° (valeur conventionnelle), donc il reçoit le rayonnement du soleil mais aussi celui de la portion du ciel proche du soleil.

10 km. d'épaisseur si on la considère à la température normale et à la pression normale. Mais elle a pratiquement pour le rayonnement solaire une épaisseur variable, suivant l'obliquité avec laquelle celui-ci la parcourt. Ainsi quand le soleil est à  $10^\circ$  au-dessus de l'horizon, la traversée atmosphérique est de l'ordre de 48 km. Quand il est à  $40^\circ$  au-dessus de l'horizon la traversée atmosphérique est de l'ordre d'environ 12 km. 500. Or l'intensité et la qualité du rayonnement solaire sont d'autant *plus modifiés* que la traversée est plus longue. Ceci nous explique les variations horaires, saisonnières et celles dues à la latitude du lieu. Quand on se rapproche de l'équateur, la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon au point culminant de sa course augmente d'une façon progressive.

A l'altitude 0, qui est celle du niveau de la mer, le soleil doit donc traverser l'intégralité de la couche atmosphérique. A la montagne, au contraire, il n'a pas à traverser toute cette masse atmosphérique. Par conséquent, le rayonnement direct est *en principe* relativement réduit au voisinage de la mer.

Voici un tableau représentant les maxima absolus du mois en 1930-31 pour la radiation *directe* à l'*incidence normale* et diverses localités; ce sont des ordres de grandeur destinés à fixer les idées :

Maxima absolus du mois (radiation *directe* incidence normale)  
en 1930-31 (d'après Gorczynski).

Paris	25 m.	(altitude)	0,96 calgr.)	} décembre	1,41 calgr.)	} mars
Nice	20 m.	»	1,40 »		1,48 »	
Thorence	1200 m.	»	1,51 »		1,60 »	
Davos	1600 m.	»	1,42 »		1,61 »	
Zugspitze	3000 m.	»	1,51 »		1,68 »	

Mais indépendamment de la réduction quantitative du rayonnement direct, il faut tenir compte des modifications *qualitatives*. Elles sont déterminées par la composition de l'atmosphère. L'ozone coupe l'ultra-violet à la longueur d'onde 2.900 « A ». Mais la couche d'ozone se trouvant habituellement au voisinage de 30 km. d'altitude, la réduction (1) est

(1) La limitation du spectre UV solaire varie toutefois suivant la hauteur du soleil. La coupure à 2900 représente la longueur maxima du spectre ultra-violet solaire qu'on puisse obtenir.

la même pour le rayonnement direct au niveau de la mer et à la montagne. Au voisinage des villes, il faut tenir compte de la vase atmosphérique qui diminue la transmission de l'ultra-violet.

Il y a lieu de considérer aussi les variations de l'infra-rouge. Celui-ci est énergiquement absorbé par l'humidité atmosphérique. C'est là un facteur très important. Il peut expliquer de grosses différences suivant les localités. Ainsi on peut s'étonner que l'intensité du rayonnement direct à l'incidence normale soit pour une même hauteur du soleil au-dessus de l'horizon plus faible dans les régions équatoriales que sous les climats tempérés. Mais ce résultat s'explique justement par l'augmentation de l'humidité atmosphérique dans ces régions. L'on admet généralement que les variations de l'humidité atmosphérique entraînent des variations importantes.

D'autre part, si nous avons parlé de réduction, il faut tenir compte de l'absence de poussières au voisinage de la mer et ceci peut être une compensation qui n'est pas négligeable. Mais, en principe, il faut retenir des modifications quantitatives. Elles sont fonction de la longueur de la traversée atmosphérique. Il y a aussi des modifications qualitatives portant surtout sur l'infra-rouge. Elles sont dues à l'humidité atmosphérique.

### *2° Le rayonnement diffusé par le ciel.*

Le rapport du rayonnement diffusé vis-à-vis du rayonnement direct est fonction de la masse atmosphérique traversée. En principe, le rayonnement diffusé est plus abondant à la mer qu'à la montagne. Dans ce dernier cas, la traversée atmosphérique étant plus courte, la diffusion est moins intense, parce qu'elle est fonction du nombre de molécules rencontrées dans le parcours.

Le rayonnement diffusé est en rapport avec la nébulosité et quand, par un jour de plein soleil, de gros nuages blancs fortement réfléchissants flottent dans l'atmosphère, il y a une augmentation du diffusé tellement abondante que l'on arrive en mesurant le rayonnement global, à avoir une intensité presque égale à celle de la constante solaire (1).

---

(1) On appelle ainsi l'intensité de la radiation à la limite de l'atmosphère. Malgré son épithète, elle n'est pas rigoureusement fixe. Mais on retient le chiffre moyen fixé par Abbot, soit 1,94 calorie-gramme  $\text{cm}^2/\text{minute}$ .

Mais au bord de la mer, il faut tenir compte en outre de la quantité de radiations réfléchies soit par le sol plus ou moins blanc de nos plages, soit par la mer et ce sont là des facteurs dont nous allons parler.

### 3° *Le rayonnement diffusé par le sol.*

La mesure du rayonnement diffusé par le sol constitue ce que les météorologistes appellent : la mesure de l'*Albédo*, c'est-à-dire le pourcentage de radiation réfléchi par le sol par rapport à la valeur du rayonnement global qu'il reçoit.

Pour faire cette mesure, on utilise un appareil type solari-mètre, très sensible et recouvert d'une cupule de verre qui arrête le rayonnement obscur de grande longueur d'onde émis par le sol échauffé. La surface réceptrice est tournée vers le sol et à un mètre de lui.

D'après les travaux de Kalitine, Kimball et Napier Shaw, voici quelques chiffres donnant des ordres de grandeur en % de la radiation incidente :

Neige fraîche .....	70 à 80 %
Grès blancs .....	24 %
Sable gris .....	20 %
Terre végétale .....	9 à 8 %
Herbe verte .....	18 à 33 %
Mer, au large .....	17,6 %

La détermination de l'albédo permet de savoir la quantité de chaleur absorbée par le sol. Celui-ci devient à son tour, une source de radiations infra-rouges dont la longueur d'onde est fonction de sa température. Cette émission se produit évidemment pendant le jour, mais elle est surtout marquée la nuit et constitue le rayonnement nocturne.

### 4° *Le rayonnement réfléchi et absorbé par les eaux.*

Tous ceux qui ont habité un appartement situé à proximité de la mer ont bien certainement remarqué la réflexion du rayonnement se manifestant sur les plafonds par des plages lumineuses mouvantes.

Il s'agit là d'une réflexion comparable à celle obtenue par un miroir et de ce fait la luminosité de la pièce est notablement augmentée.

A la suite des travaux de Dufour, de Lunelund, d'Angström, on admet les chiffres suivants :

Pour une hauteur de soleil de	40°	,	la réflexion =	5 %
» » » » »	20°	,	» » =	15 %
» » » » »	10°	,	» » =	50 %
» » » » »	5°	,	» » =	75 %

C'est à l'importance de ce phénomène que les rives Nord de certains lacs doivent, telle la baie de Montreux, la douceur de leur température, car la radiation réfléchie leur apporte un supplément de calories qui n'est pas négligeable, surtout aux premières heures du jour.

Le même phénomène doit se passer pour les stations côtières suivant leur orientation. Il serait intéressant de constater que les côtes d'Angleterre dans les régions où elles ont une orientation Est-Ouest sont plus favorisées que les côtes de France ayant une orientation semblable.

La mobilité des vagues complique souvent le phénomène et le rend moins régulier qu'au niveau de la surface d'un lac. Mais son importance ne diminue pas pour cela et si nous considérons un baigneur prenant son bain, ou un promeneur cheminant sur la grève, ils reçoivent bien souvent au cours de la journée un supplément de radiations arrivant de bas en haut, supplément variable suivant la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon.

Et si le soleil montant à l'horizon envoie vers le ciel une quantité de plus en plus grande de radiations réfléchies par les eaux, ces radiations nous reviennent, car elles contribuent à augmenter l'intensité du *rayonnement diffusé*. Ce phénomène se traduit d'ailleurs par une plus grande luminosité du ciel.

Enfin la terre chauffée par le rayonnement solaire émet de l'infra-rouge; l'eau se comporte de même, mais étant donné la chaleur spécifique de la mer, elle emmagasine une grande proportion d'énergie calorifique reçue au cours de la journée et ce vaste réservoir thermique adoucit, on le sait, d'une façon appréciable, le climat des zones côtières. Certaines d'entre elles subissent en outre l'influence des courants marins, mais ceci est une autre affaire et il s'agit en fait alors d'une importation de calories solaires emmagasinées dans une région éloignée. Contentons-nous d'attirer l'attention sur l'importance

de la réserve de chaleur constituée par l'absorption du rayonnement d'une masse d'eau considérable (1).

Ce fait constitue une des particularités du climat solaire des plages. Bien qu'il s'agisse de faits indirects, celui-ci a une importance toute particulière, car étant donné les différentes chaleurs spécifiques de la terre et de l'eau, il y a pour ce motif une grosse différence entre le régime thermique des plages et celui des continents.

### 5° *Quelques chiffres.*

L'étude de ces différentes catégories de rayonnement nécessite une technique spéciale. Voici toutefois des résultats en parties recueillis à Nice en cherchant à préciser l'importance du rayonnement diffusé par la mer. Opérant sur la terrasse du Palais de la Méditerranée, nous avons pu facilement faire nos déterminations tantôt de façon à recevoir le rayonnement de la mer, tantôt en l'évitant.

Avec une pile thermo-électrique, nous avons constaté au voisinage de la mer, des augmentations de l'ordre de 7 % dans les mesures du rayonnement global.

En étudiant l'ultra-violet, nous avons enregistré des augmentations de l'ordre de 10 à 21 % avec le Hammer pour l'ultra-violet proche. Des augmentations de l'ordre de 40 % pour l'ultra-violet lointain mesuré avec le dosimètre de la « Farben-Industrie ».

Si nous avions eu à tenir compte du rayonnement réfléchi par de grandes étendues de sable blanc, nous aurions eu bien probablement des majorations plus fortes.

Par conséquent, ceux qui fréquentent les plages doivent savoir qu'ils sont exposés à recevoir une quantité de radiations notablement plus forte qu'en maints endroits et ceci explique, d'ailleurs, la fréquence et l'intensité des coups de soleil. Ce phénomène se manifeste d'autant plus que le rayonnement diffusé est plus riche en ultra-violets de courte longueur d'onde.

---

(1) Georges Claude, on le sait, a proposé d'utiliser l'énergie thermique des mers tropicales en mettant à profit la différence de température existant entre les couches superficielles et les couches profondes.

### Conclusions.

Le climat solaire des plages possède sans conteste une physiologie propre. Oh sans doute le soleil luit, en principe, pour tout le monde ! Mais les variations terrestres de son intensité sont soumises à des lois générales et nous les avons exposées. Les plages constituent le plus souvent des espaces découverts favorisant la durée de l'insolation, quand elle n'est pas entravée par un régime de nébulosité particulier. La valeur réfléchissante ou diffusante du sol et de la surface liquide, contribue à augmenter le taux de radiations s'ajoutant à la somme d'énergie fournie par le rayonnement direct et celui du ciel. Il atteint, ne l'oublions pas, les baigneurs qui fréquentent les plages. La somme de radiations qu'ils reçoivent dépend de la hauteur du soleil, de la position verticale ou horizontale du sujet, mais elle est *toujours augmentée* sauf conditions exceptionnelles.

Une variation de même ordre se rencontre, on le comprend sans peine, au voisinage des neiges et des glaciers. Mais il faut considérer ici l'influence de l'altitude; du fait de la diminution de la masse atmosphérique, on constate une augmentation du rayonnement direct et une réduction du pourcentage de rayonnement diffusé par le ciel.

Il est banal d'insister sur la capacité absorbante de la mer pour l'énergie thermique solaire. Si ce fait ne modifie pas la somme de radiations effectives reçues par les baigneurs, il n'en conserve pas moins une grande importance. Il constitue, en effet, un des éléments importants du climat dit « marin ».

Il faut, néanmoins, mettre de la précision dans la documentation indispensable pour établir une comparaison entre les diverses régions. La mesure de l'intensité du rayonnement solaire n'est pas un problème nouveau. Sa technique est difficile quand on réclame une grande précision. Les appareils pouvant être considérés comme utilisables en pratique courante, méritent des critiques, même le pyréliomètre d'Angström. Notre objectif étant de répondre aux besoins biologiques et médicaux, nous avons surtout étudié notre appareil pour l'étude du rayonnement global sous diverses incidences. Nous espérons avoir atteint notre but grâce à l'ingéniosité des constructeurs qui nous ont apporté leur précieux concours (1).

Les études actinométriques sont encore peu répandues en

---

(1) Etabl. Lampyris, 1, rue Balzac, Nice.

France. Elles le sont davantage à l'étranger et nous entendons habilement vanter la valeur du climat solaire de régions beaucoup moins favorisées qu'une grande partie de notre pays.

Les actinomètres mériteraient de prendre place à côté des appareils de météorologie courants. Le public curieux de suivre les courbes des baromètres, des thermomètres, des hygromètres n'est point encore familiarisé avec la notion calorie-gramme par minute et centimètre carré. Mais c'est affaire d'éducation et quand on veut réfléchir et se donner la peine de considérer l'intérêt de ces indications, on comprend très vite la valeur de cette documentation.

---

### BIBLIOGRAPHIE.

- A. Boutaric. — Le rayonnement solaire; les progrès récents dans la mesure de son intensité. — *La Nature*, p. 340-345, Paris, 15 oct. 1929, t. II.
- Recherches actinométriques récentes en U. R. S. S. — *La Nature*, p. 444-447, 1933, t. II.
- Progrès récents des méthodes de mesure relative à la durée d'insolation. — *La Nature*, 1934, t. II, p. 312-317.
- F. Bœuf. — Station actinométrique du Service Botanique. — *Annales du Service Botanique*, T. V., fasc. 2, Tunis, 1928.
- Georges Bruhat. — Le soleil. — Félix Alcan, 1931, édit.
- Ch. Maurain et C.-E. Brazier. — Sur l'enregistrement de la radiation solaire à l'Observatoire du Parc St-Maur. Station d'étalonnage des actinomètres. — *Comptes rendus du Congrès des Sociétés Savantes*, 1926.
- C.-E. Brazier. — Résumé des observations météorologiques faites à l'Observatoire du Parc St-Maur en 1925.
- Observations et travaux actinométriques effectués à l'Observatoire du Parc St-Maur pendant l'année 1926.
- C.-E. Brazier. — Observations actinométriques faites à l'Observatoire du Parc St-Maur pendant l'année 1927.
- Essai de détermination de la quantité de chaleur diffusée par le ciel sur la surface du sol sous le climat de Paris. — *La Météorologie*, n° 42 (sept. 1928), p. 407-411.
- L'enregistrement de la radiation globale et la mesure du rayonnement diffusé par le ciel. — *Communication faite à la Société Météorologique*, le 8 nov. 1927. Voir *La Météorologie*, janv. 1928, p. 38.

- Trois années d'enregistrement de la radiation globale. Idem 1931.
- Etudes actinométriques d'après les documents recueillis à l'Observatoire du Parc St-Maur. — Annales de l'Institut de Physique du Globe, t. IX, Paris, 1931.
- A. Crova. — Etude de l'intensité calorifique de la radiation solaire au moyen de l'actinomètre enregistreur. — Ann. Chim. et Phys., 6<sup>e</sup> série, t. XIV, août 1888.
- Brody. — Traité d'Hélio- et d'Actinothérapie. — II vol. Maloine, édit., Paris 1938.
- Lad. Gorczyński. — Solarimètres à lecture directe et enregistreurs. — La Météorologie, n<sup>o</sup> 30 (sept. 1927), p. 402-409.
- Sur un pyréliomètre thermo-électrique à lecture directe ou enregistreur. — Comptes rendus à l'Académie des Sciences. T. 178. Séance du 31 mars 1924, Paris, 1924.
- Sur un instrument thermo-électrique simple pour enregistrer l'intensité du rayonnement solaire. — Revue d'Optique théorique et instrumentale, t. 3, p. 473-487, Paris 1924.
- Mesures de l'intensité totale et partielle du rayonnement solaire, effectuées en 1924 en Afrique Française du Nord et spécialement à l'oasis saharienne de Touggourt. — Annales du Service Botanique de Tunisie, p. 1-59, Tunis 1925.
- Comment mesurer l'intensité du rayonnement solaire. — Annales de l'Institut d'Actinologie, p. 282-287, Paris, déc. 1926.
- Solarimètres à lecture directe et enregistreurs. — Extrait de La Météorologie (n<sup>o</sup> 30), p. 402-409, Paris, sept. 1927.
- Sur les instruments solarimétriques et spectropyréliométriques pour les mesures totales, normales et partielles du rayonnement solaire. — Annales du Service Botanique de Tunisie, p. 1-32, t. V, fasc. 2. Tunis, 1928.
- Quelques traits caractéristiques du climat solaire réel du littoral tunisien d'après les enregistrements des pyréliographes thermo-électriques du Service Botanique de Tunisie pendant les années 1924-1927. — Idem, p. 65-97.
- Quelques résultats de mesures de l'intensité du rayonnement solaire obtenues au Sahara en 1924-1926 avec les pyréliomètres et les solarimètres. — La Météorologie, p. 13, janv. à mars 1929.
- Sur les valeurs élevées et les pertes d'énergie du rayonnement solaire, observées dans les régions désertiques et les montagnes tropicales. — Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres, p. 410-433. Cracovie, 1929.
- Mesures actinométriques effectuées à bord de navires dans les

- océans Atlantique et Indien. — Archives des Sciences Physiques et Naturelles, 5<sup>e</sup> période, vol. 13, p. 19-51. Genève 1931.
- Quelques mesures de rayonnement solaire diffusé par la voûte céleste obtenues par les solarimètres dans les Alpes Maritimes. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Tome 192, p. 1119-1122. Séance du 4 mai 1931, Paris.
- Maxima de l'intensité du rayonnement solaire observés à Nice et à Thorence dans les Alpes Maritimes. — Idem, t. 193, p. 1108-1111. Séance du 30 nov. 1931, Paris.
- Sur les éléments caractéristiques du climat solaire avec quelques exemples pour la Côte d'Azur. — « Annales de l'Institut d'Actinologie, p. 1-15, mai 1931, Paris.
- Tube pyréliométrique employé comme solarimètre. — Revue d'Optique théorique et instrumentale, t. II, p. 22-28, Paris, 1932.
- Comment mesurer l'intensité des rayons violets et ultra-violetts. — Annales de l'Institut d'Actinologie, t. VI, n<sup>o</sup> 2, p. 49-57, Paris 1932.
- Quelques résultats de mesures du rayonnement solaire effectuées à Nice de décembre 1928 à février 1932. — Riviera Scientifique (Bulletin de l'Association des Naturalistes de Nice et des Alpes Maritimes), 18<sup>e</sup> année, n<sup>o</sup> 2, p. 1-24. Nice, 1932.
- Sur la part du rayonnement solaire diffusé par la voûte céleste dans les sommes d'insolation. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 196, p. 801-803. Séance du 13 mars 1933, Paris.
- Climat solaire de Nice et de la Côte d'Azur. — 208 p. Association typographique, édit., Nice 1934.
- Franz Linke. — La radiation du soleil et du ciel. — P. 679-707, Traité direction Brody, loc. cit.
- Mörikofer. — Chapitre: La radiation du soleil et du ciel, t. I, p. 126-204. Traité publié sous la direction de Piery. (Bibliographie à consulter.)
- Maurain. — Etude pratique des rayonnements solaires, atmosphériques et terrestres. — Gauthier Villars, Paris, 1937.
- Piery. — Traité de climatologie biologique et médicale. — 3 vol. Maloine, édit.
- Axel Reyn. — Traité publié sous la direction de Brody, loc. cit.
- Dr .R. Knepple. — Ueber Messungen der erythembildenden UV. Strahlung mit dem neuen « Klimatologischen Dosimeter » und dessen Verwendungsfähigkeit. Mit 7 Bildern. (Aus dem Institut für Klimaforschung Oberstdorf i. A. — Leiter: Dr. v. Philipsborn)
- Vallot. — Climatologie comparée des régions côtières de la France

au point de vue météorologique. — Congrès d'Hygiène et de Climatologie de Monaco, 1920.

Travaux publiés sur l'action physique et biologique du rayonnement solaire, par le Docteur Maurice d'Halluin, professeur à la Faculté Libre de Médecine de Lille.

- 1° A props des radiations solaires, du connu à l'inconnu. — *Journal des Sciences Médicales de Lille*, n° 31, août 1923, p. 91-98.
- 2° Réflexions à propos de l'utilisation thérapeutique des radiations infra-rouges, solaires et ultra-violettes. — *Bulletin de la Société de Médecine et de Climatologie de Nice*, mars 1926, p. 24-29.
- 3° Radiations et rayons. — *Comptes rendus des séances de la Société de Médecine et de Climatologie de Nice*, n° 3, mai-juin 1928.
- 4° Recherches expérimentales sur la photosensibilisation. — *Bulletin de la Société Française de Radiologie*, juin 1928, p. 173-180.
- 5° Le problème de la photosensibilisation. — *Journal des Sciences Médicales de Lille*, mai-juin 1930, p. 1 à 39.
- 6° Contribution expérimentale à l'étude des phénomènes de photosensibilisation. — *Archives de l'Institut d'actinologie*, mars-avril 1930, p. 1-115.
- 7° Les réactions déterminées par le soleil sur le rat blanc. — *Comptes rendus de la Société Médicale du Littoral Méditerranéen publiés dans L'Art Médical*, juin 1930, n° 98.
- 8° Les phénomènes de la photosensibilisation. — Congrès d'actinologie de Paris, 1929.
- 9° Accidents de la photosensibilisation. — *Revue des Sciences Médicales*, fév. 1931.
- 10° Facteurs à déterminer dans la cure solaire. — *Semaine des Hôpitaux de Paris*, 29 fév., 15 mars 1932.
- 11° A propos de l'action biologique du rayonnement solaire. — *Bulletin de l'Association des Naturalistes de Nice*, n° 4, 1932, p. 43-50.
- 12° Pourquoi il ne faut pas parler de température prise au soleil. — *Journal des Sciences Médicales de Lille*, 31 juillet 1932, p. 116-121.
- 13° Importance biologique des différences existant dans les conditions accessoires accompagnant la cure solaire et l'utilisation des sources artificielles. — Communication au Congrès pour l'avancement des Sciences, XIII<sup>e</sup> section Bruxelles 1932.
- 14° A propos de l'utilisation thérapeutique du soleil et des sources artificielles. — *Medicina Argentina*, D. 1932, n° 127, p. 1649-1662.
- 15° De la nécessité d'étudier méthodiquement le rayonnement solaire. — *Riviera Scientifique*, 1933, n° 1.
- 16° A propos des accidents aigus provoqués par l'insolation. — *Bulletin de l'Académie de Médecine*, séance du 24 juillet 1934. Voir *Presse Thermale et Climatique*, 15 août 1934.

- 17° Avantages matériels du climat de la Côte d'Azur. — Congrès organisé à Monaco, nov. 1935. *Art Médical*, 15 sept. 1937, p. 12-20.
- 18° A propos du facteur thermique dans la cure solaire. — Congrès de Zurich 1935.
- 19° Le régime de l'ultra-violet sur la Côte d'Azur. — Séance du 19 nov. 1936. *Bulletin et mémoire de la Société de Médecine et de Climatologie de Nice*, 1937, p. 18-34.
- 20° Comment étudier le refroidissement en climatologie. — Contribution à la détermination du refroidissement vespéral. *Bulletin et mémoire de la Société de Médecine et de Climatologie de Nice* 1936, p. 56 à 69.
- 21° Actinomètre et Cryomètre à lecture directe. — Journées de Météorologie Médicale et de Biométéorologie, 4 juillet 1937. *Le Mouvement Sanitaire*, n° 162, oct. 1937.
- 22° Le facteur thermique dans l'héliothérapie. — *Radiologica I Band Heft*, 4.6. seite 176 bis 181, 1937.
- 23° De l'action cancérigène du rayonnement solaire et de ses composants. — Extrait du *Bulletin des Biologistes Pharmaciens*, année 1937, n° 38, 3<sup>e</sup> trim., 22 p.
- 24° Comment étudier le refroidissement. — Congrès des Sociétés Savantes, Nice 1938.
- 25° Appareil simplifié pour l'étude du rayonnement solaire. — Congrès des Sociétés Savantes, Nice 1938.
- 26° Un actinomètre nouveau répondant aux besoins de l'héliothérapie. — *Journal des Sciences Médicales*, 1938. 22 octobre 1938, n° 43bis.
- 27° L'Actinométrie solaire à la portée de tous. — *La Nature*, 16 janv. 1939, p. 40-42.
- 28° Un nouvel actinomètre. — Journées françaises de Photobiologie et d'Héliothérapie, Hyères, 19 fév. 1939.
- 29° Cryomètre destiné à la mesure du refroidissement. — Communications aux Journées de Photobiologie et d'Héliothérapie d'Hyères, 19 fév. 1939.

#### COLLABORATIONS.

Partie physique et biologique du traité d'hélio et d'actinologie publié sous la direction du Dr. Brody (Maloine éditeur, Paris 1938, 396 pages.)

Collaboration au *Traité de climatologie biologique et médicale* de M. Piery, t. II, p. 934-944. La radiation du soleil et du ciel à la mer.

*Encyclopédie Médico-chirurgicale*. - Article Héliothérapie (sous presse).