

MEDDELANDEN FRÅN STATENS METEOROLOGISK-HYDROGRAFISKA ANSTALT. BAND 1. N:o 3.

MESURES DE LA RADIATION SOLAIRE A ABISKO PENDANT L'ÉTÉ 1914

PAR

A. FUNKE

AVEC 1 FIGURE DANS LE TEXTE



NYKÖPING
A.-B. SÖDERMANLANDS LÄNS TIDNINGS TRYCKERI
1921

En 1914, pendant le mois de juillet et la plus grande partie du mois d'août, j'ai exécuté des mesures de la radiation solaire à Abisko, aux frais du comité de la station d'explorations scientifiques du dit endroit. Ces mesures font suite aux observations de l'insolation totale de la place, faites par M. FRITZ HALLBERG au cours de l'été 1913, élaborées et publiées plus tard par M. F. LINDHOLM.¹

Observations. Les mesures de l'intensité de la radiation sont faites avec le pyrhéliomètre de compensation ÅNGSTRÖM N:o 160, dont la constante avait été déterminée à l'Institut de Physique d'Upsal en juin 1914. En le comparant au pyrhéliomètre normal N:o 70, on avait obtenu la valeur 14,79. Pour ce qui concerne la constante de mon instrument, nous renvoyons aussi à la page 5 de l'ouvrage de M. LINDHOLM, cité plus haut.

Pour mesurer l'intensité du courant électrique, on s'est servi d'un ampèremètre de précision SIEMENS ET HALSKE où une unité d'échelle correspond à 0,003 ampère. Comme galvanomètre on a employé un instrument à miroir du type d'ARSONVAL; celui-ci ainsi que la résistance — une résistance à contact glissant — est fourni par la maison ROSE & C:IE, Upsal. Ce galvanomètre à miroir avec la lunette et l'échelle ainsi que l'ampèremètre était installé dans un abri en bois sur la colline où est construite la cage thermométrique.

Les travaux de mesures eurent lieu depuis le premier juillet jusqu'au 22 août 1914. Le tableau à la fin de l'ouvrage indique le résultat des mesures spéciales. Au cours du temps indiqué (52 jours), on n'a pu exécuter de mesures que pendant 28 jours. Pendant 11 de ces 28 jours, il n'a été possible de faire que des observations isolées de l'intensité de la radiation. Quant aux 17 jours restants, le nombre et la répartition en ont permis de tracer des courbes, $Q=f(t)$, pour une grande partie de la journée, située ordinairement entre 8^h et 9^h. Q signifie l'intensité de la radiation en cal. gr. pr. cm² pr. min., t le temps vrai.

Deux des courbes diurnes montrent à midi des dépressions typiques du caractère indiqué par ex. dans Hann, Lehrbuch der Meteorologie, Leipsick 1906, p. 31. — Quatre en présentent un cours irrégulier d'un caractère moins prononcé, tandis que les onze courbes qui restent ont une marche égale et régulière.

Dans le tableau qui suit, j'ai donné un aperçu du caractère des 17 courbes. En outre, on y trouve indiquées les différentes formes de nuages observées au cours de chaque journée

1. LINDHOLM F.: Sur l'insolation dans la Suède septentrionale. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens handlingar. Band 60, N:o 2.

— avec la forme la plus fréquente imprimée en italique — puis la nébulosité et enfin la transparence de l'atmosphère («la visibilité»). Le signe ∞ indique l'espèce de brume légère, généralement connue en Suède sous le nom de »solrök» (fumée de soleil), en France sous le nom de brouillard sec. Les chiffres 0, 1, 2 en désignent les degrés d'intensité: *faible, fort, très fort*.

Tableau 1.

Date	Caractère de la courbe	Nuage	Nébulosité	Visibilité
Juillet 3	Régulière	<i>Ci</i> ; <i>Ci</i> — <i>S</i> ; <i>A</i> — <i>Cu</i> ; <i>A</i> — <i>S</i> .	5	$\infty 0$
4	"	<i>Ci</i> .	1	$\infty 0$
5	" 1	<i>S</i> — <i>Cu</i> ; <i>Ci</i> ; <i>Ci</i> — <i>S</i> .	0	Bonne ²⁾
6	Dépression à midi	<i>S</i> — <i>Cu</i> .	0	$\infty 1$
7	Irrégulière	<i>Ci</i> ; <i>Cu</i> .	3	—
8	Régulière	<i>A</i> — <i>Cu</i> ; <i>Ci</i> — <i>S</i> .	4	$\infty 2$
9	Dépression à midi	<i>Ci</i> — <i>S</i> ; <i>S</i> — <i>Cu</i> .	2	$\infty 1$
12	Irrégulière	<i>Ci</i> ; <i>Ci</i> — <i>S</i> ; <i>A</i> — <i>Cu</i> ; <i>Cu</i> .	5	Bonne
13	Régulière	<i>Cu</i> ; <i>Ci</i> ; <i>Ci</i> — <i>S</i> ; <i>A</i> — <i>Cu</i> ; <i>A</i> — <i>S</i> .	5	"
14	"	<i>Cu</i> ; <i>Ci</i> — <i>S</i> .	1	"
15	Irrégulière	<i>Ci</i> — <i>S</i> ; <i>A</i> — <i>Cu</i> ; <i>A</i> — <i>S</i> .	2	"
18	Régulière	<i>Ci</i> — <i>S</i> ; <i>Ci</i> ; <i>A</i> — <i>Cu</i> ; <i>Cu</i> .	4	"
21	"	<i>S</i> — <i>Cu</i> ; <i>A</i> — <i>S</i> .	4	"
22	Irrégulière	<i>S</i> — <i>Cu</i> ; <i>A</i> — <i>S</i> .	0	"
Août 1	Régulière	<i>S</i> — <i>Cu</i> .	1	"
15	"	<i>S</i> — <i>Cu</i> ; <i>Ci</i> — <i>S</i> ; <i>Ci</i> — <i>Cu</i> .	5	"
16	"	<i>Nb</i> ; <i>S</i> — <i>Cu</i> .	7	"

Pendant l'une de ces journées, le 8 juillet, ce brouillard était particulièrement fort. La courbe de ce jour présente une marche régulière et, en même temps, des valeurs de radiation considérablement plus basses que toutes les autres courbes régulières. Pourtant, aussi le 3 juillet, l'affaiblissement de la radiation était frappant.

La radiation observée comme fonction du temps.

Après l'élimination des courbes du 3 et du 8 juillet qu'il a fallu faire pour obtenir un matériel plus homogène, nous avons calculé des 9 courbes $Q = f(t)$ régulières la variation horaire $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ de l'intensité.

Tableau 2.

Q cal. gr. pr. cm ² pr. min.				$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$	Temps vrai.		
12^h-11^h et 12^h-13^h	11^h-10^h et 13^h-14^h	10^h-9^h et 14^h-15^h	9^h-8^h et 15^h-16^h		16^h-17^h	17^h-18^h	18^h-19^h 19^h-20^h
—0,007	—0,020	—0,036	—0,057		—0,077	—0,113	—0,145 —0,191
(15)	(15)	(10)	(9)		(8)	(7)	(6) (4)

1) Quelque dépression à midi.

2) $\infty 1$ vers le soleil.

Les chiffres en parenthèse à la 3:e ligne indiquent de combien de valeurs est calculée chacune de ces moyennes.

A l'aide de ces $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$, les valeurs qui manquent pour le temps 8^h à 20^h des courbes régulières mentionnées ci-dessus, ont été extrapolées. Pour 9 jours on obtient alors des valeurs de radiation qui montrent la marche régulière de l'intensité de la radiation depuis 8^h jusqu'à 20^h. Voici les moyennes obtenues sur Q à de différents moments du jour:

Temps vrai	8 ^h	9 ^h	10 ^h	11 ^h	12 ^h	13 ^h	14 ^h	15 ^h	16 ^h	17 ^h	18 ^h	19 ^h	20 ^h
Q	1,130	1,187	1,223	1,245	1,284	1,249	1,231	1,197	1,139	1,060	0,945	0,800	0,611

On voit que, d'une façon générale, la radiation a été plus forte après midi qu'avant midi, ce qui s'explique sans doute par la variation opposée de la tension de vapeur d'eau pendant les 9 jours qui nous occupent:

Heure, temps moy. de l'Europe centrale	8 ^h	9 ^h	10 ^h	11 ^h	12 ^h	13 ^h	14 ^h	15 ^h	16 ^h
Tension moy. de vapeur d'eau en mm Hg	7,16	7,40	7,21	7,20	6,96	6,80	6,86	6,86	6,75

La radiation du soleil comme fonction de la hauteur du soleil.

Pour les mêmes 9 jours sont tracées des courbes, $Q = f(h)$, des hauteurs solaires apparentes h de 9° à 45°.

Ce n'est pourtant pas dans tous les cas qu'on a pu employer en même temps les valeurs Q d'avant-midi et celles d'après-midi pour la construction de ces courbes. Dans certains cas les valeurs d'avant-midi et celles d'après-midi embrassent des intervalles inégaux. Dans ces cas, on n'a employé que la série de demi-journée qui appartient au plus grand intervalle. Celle-ci montre aussi partout une plus haute intensité de radiation que la série rejetée. Il s'ensuit de là que les valeurs moyennes indiquées ci-dessous ne sont pas tout à fait comparables à celles qui viennent d'être citées pour les différentes heures de la journée.

Tableau 3.

$$Q = f(h)$$

Cal. gr. pr. cm² pr. min. Valeurs moyennes de neuf jours

h	9°	12°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Q	0,613	0,752	0,864	0,996	1,086	1,158	1,213	1,252	1,278

Pour comparaison, voici encore les moyennes obtenues des courbes du 21 juillet et du 1 août, jours qui ont donné les plus hautes valeurs de radiation. Nous n'y communiquons que les valeurs interpolées:

h	12°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
Q	0,873	0,943	1,069	1,148	1,216	1,266	1,305

La radiation observée comme fonction de la masse atmosphérique parcourue.

Parmi les 9 jours déjà traités, il n'y a que 6 qui ont fourni du matériel à des parties de courbes de quelque longueur, sur le rapport de l'intensité de la radiation à la masse atmo-

sphérique m parcourue par les rayons du soleil. Les résultats en se retrouvent dans le tableau que voici.

Tableau 4.

L'énergie de l'insolation après le passage de masses atmosphériques différentes, la masse par zénith étant une.

$$Q = f(m).$$

Date	$m = 1,5$	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1914 Juillet 4	1,222	1,107	1,013	0,923	0,852	0,788	0,722	0,657
5	1,208	1,097	0,990	0,893	0,804	0,740	0,681	0,626
13	1,244	1,149	1,062	0,988	0,919	0,857	0,794	—
21	1,300	1,201	1,103	1,034	0,970	0,913	0,867	0,821
Août 1	1,320	1,228	1,149	1,081	1,015	0,958	0,903	0,851
16	—	1,172	1,071	0,999	0,928	0,870	0,809	0,750

Date	$m = 5,0$	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
1914 Juillet 5	0,626	0,537	0,463	0,399	0,346	—
21	0,821	0,743	0,675	0,620	—	—
Août 1	0,851	0,761	0,692	0,636	0,582	0,539

Les valeurs de ces jours donnent l'allure suivante de la fonction $Q = f(m)$:

Juillet, Août 1914

m	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Q	1,259	1,159	1,065	0,986	0,915	0,854	0,796	0,741

Par comparaison, nous communiquons d'après M. F. LINDHOLM, les nombres correspondants pour le mois d'août de l'année 1913.

Août 1913

m	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Q	1,221	1,105	1,006	0,928	0,863	0,804	0,753	0,705

Ces dernières valeurs sont les moyennes des mesures faites par M. F. HALLBERG pendant le mois d'août 1913. Les énergies de radiation trouvées par moi sont plus hautes de 3—6 pour cent. Du moins pour les masses atmosphériques de 2,0—4,0, la différence entre les nombres correspondants des deux séries est assez constante. Cela fait soupçonner que la différence serait causée par une diffusion plus forte pendant 1913 que pendant 1914 de l'énergie solaire par la poussière suspendue dans l'atmosphère. En effet, M. LINDHOLM¹ a cru pouvoir signaler que la perturbation de la diathermanéité de l'atmosphère, qui eut lieu en 1912 et qui était causée par de la poussière volcanique de l'éruption au mois de juin de la dite année du Mont Katmai dans l'Alaska à continué de se faire valoir à Upsal jusqu'à la fin de l'été 1913. Il a aussi rendu vraisemblable qu'elle a influé d'une manière considérable même à Abisko. M. F. LINDHOLM calcule dans l'ouvrage cité plus haut pour Abisko les valeurs normales que voici

¹ LINDHOLM, F.: loc. cit. pag. 14.

Août, valeurs calculées comme normales:

m	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Q	1,35	1,24	1,14	1,06	0,99	0,93

Les valeurs moyennes trouvées par moi restent bien au-dessous des valeurs normales calculées. Dans aucun cas, la radiation observée n'a présenté de plus grandes valeurs que celles-ci. Le premier août seulement, lorsque la radiation avait atteint son maximum, elle avait une intensité qui approchait assez de celle calculée comme normale. La tension de vapeur d'eau de ce jour était seulement de 5,7 mm Hg. En tenant compte du peu de compréhension du matériel, on ne serait pourtant pas justifié de conclure que les valeurs normales déjà nommées soient calculées trop haut, d'autant plus que la quantité d'énergie même que rayonne le soleil semble soumise à des changements aussi grands que subites. Ainsi les constantes solaires calculées à Upsal en 1918, montrent des différences qui montent à 13 pour cent de la moyenne.¹⁾

L'influence exercée sur l'énergie de la radiation observée par la diffusion dans l'air humide, par l'absorption sélective dans la vapeur d'eau et par la diffusion causée par la poussière.

RAYLEIGH a montré que les molécules de l'air causent une diffusion de la lumière et que cette diffusion change en raison inverse de la 4:e puissance de la longueur d'onde. Cependant la grandeur de cette faculté diffusive de l'atmosphère est déterminée encore par la vapeur d'eau et la quantité de poussière qu'elle contient. D'après FOWLE²⁾, le coefficient de transmission pour un rayon d'une certaine longueur d'onde λ dans un air pur de toute poussière mais humide peut s'écrire sous la forme $a = a_1 a_2^d$.

a_1 désigne ici le coefficient de transmission pour un air pur et parfaitement sec. a_2 indique l'influence exercée sur l'extinction du rayon par la vapeur d'eau de l'atmosphère, quand cette vapeur, en état d'eau tombée, formerait une couche d'un cm de profondeur. d désigne la profondeur en cm de la couche d'eau imaginée au moment de l'observation.

En se servant des valeurs que FOWLE a donné à a_1 et à a_2 pour des λ différents M. F. LINDHOLM a calculé pour Abisko le coefficient de transmission d'un rayon de la longueur d'onde qui corresponde à la déviation x dans le spectre employé par lui — savoir le spectre d'une intensité constante, proposé par LANGLEY, et où x varie de 0 à 1. Le coefficient de transmission trouvé est indiqué dans l'ouvrage déjà cité de M. LINDHOLM p. 11 sous la formule

$$\varphi(x) = 1,016 \times 0,99^d x^{0,108} + 0,011 d$$

La hauteur d'Abisko au-dessus du niveau de la mer est supposée d'environ 390 m et la pression barométrique à 714 mm Hg.

Dans ce qui suit, les calculs de l'influence de l'air humide sur la diffusion de la radiation, sont basées sur ce coefficient de transmission. Si on désigne par Q_0 la constante solaire et

1) GRANQVIST, G.: Bestämningar av solarkonstanten utförda i Uppsala år 1918. Uppsala 1919. Cf. cependant Cosmos, Stockholm 1921, "År solens strålning variabel?" du même auteur.

2) F. E. FOWLE: Astrophys. Journ. Vol. 38, p. 393, 1913.

qu'on appelle Q_m l'énergie amassée par cm^2 par minute, qui, abstraction faite de l'absorption sélective, est transmise par une masse d'air de m unités, on obtient, d'après ce qui précède,

$$Q_m = Q_0 \int_0^1 1,016^m \times 0,99^m x^{(0,108+0,011d)m} dx$$

d'où

$$Q_m = Q_0 \frac{1,016^m \times 0,99^m}{1 + 0,108m + 0,011dm}$$

d s'obtient, par approximation, de la formule $d = 2,3 e 10^{-\frac{h}{22000}}$, où e indique la tension de vapeur d'eau en cm de mercure, h la hauteur au-dessus du niveau de la mer du lieu de l'observation.¹⁾

D'après Abbot²⁾, l'absorption sélective en proportion pour cent de l'énergie incidente peut se calculer d'après la formule

$$F\omega = 5,2 + 0,12 E\omega.$$

$E\omega = 2,3 e_0$ étant la couche d'eau en mm qui correspond à la vapeur d'eau répandue dans l'atmosphère, e_0 la tension en mm Hg à la superficie de la terre. Cette formule est valable pour la masse atmosphérique une; pour la masse m elle prend cette forme:

$$F\omega = 5,2 + 0,12 m E\omega.$$

A l'absorption sélective de la vapeur d'eau on devrait ajouter l'absorption sélective exercée par les gaz permanents de l'atmosphère. Pourtant, comme celle-ci est peu considérable, on n'en tiendra pas compte dans ce qui suit. La constante solaire étant supposée connue et l'intensité des rayons à la surface de la terre étant observée, la perte totale d'énergie que souffre la radiation en pénétrant l'atmosphère, peut se calculer. La partie de cette perte qui n'est pas causée par la diffusion dans l'air humide et par l'absorption sélective de la vapeur d'eau, peut être attribué à l'influence de la poussière atmosphérique.

Nous donnons ci-dessous un aperçu de la façon dont les trois différents facteurs d'extinction ont influé, d'abord pendant le 4 et le 5 juillet, qu'on a bien pu réunir à un groupe, vu que, pendant ces deux jours, la tension de vapeur d'eau a été à peu près la même, ensuite pendant le 21 juillet et le premier août, jours que, par la même raison, on a pu traiter ensemble.

Tableau 5.

Perte de l'énergie par l'atmosphère au-dessus d'Abisko.

Hauteur = 390 m; Press. barom. = 714 mm Hg; Radiation incidente 1,81 cal. gr. cm^2 pr. min.

Juillet 4 et 5 1914.

Tension moy. de vapeur d'eau = 8,9 mm Hg.

$d = 1,97 \text{ cm}$	$m = 1,0$	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
							pour cent de l'énergie incidente
Perte par diffusion dans l'air humide.....	11,9	16,8	21,2	25,1	28,3	32,2	35,2
Perte par l'absorption sélective	7,7	8,9	10,1	11,4	12,6	13,8	15,0

¹⁾ C'est dans le but d'obtenir des résultats comparables à ceux de M. F. LINDHOLM que nous nous sommes permis d'employer cette formule de la même manière que cet auteur dans la note précitée.

²⁾ ABBOT, C. G.: Annals of the Astrophysical Observatory of the Smithsonian Institution, Vol. II, p. 130.

Perte par diffusion en poussière	—	7,2	7,8	8,2	9,5	8,2	7,6
Perte totale	—	32,9	39,1	44,7	50,4	54,2	57,8

en cal. gr. pr. min. et pr. cm²

Perte par diffusion dans l'air humide.....	0,21	0,30	0,38	0,45	0,51	0,58	0,63
Perte par l'absorption sélective	0,14	0,16	0,18	0,21	0,23	0,25	0,27
Perte par diffusion en poussière	—	0,14	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15
Perte totale.....	—	0,60	0,71	0,81	0,90	0,98	1,05

Juillet 21 et Août 1 1914.

Tension moy. de vapeur d'eau = 5,9 mm Hg.

 $d = 1,28$ cm. $m = 1,0$ 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0

pour cent de l'énergie incidente.

Perte par diffusion dans l'air humide.....	10,6	15,1	19,2	22,9	26,2	29,3	32,1
Perte par l'absorption sélective	6,8	7,6	8,4	9,2	10,0	10,8	11,6
Perte par diffusion en poussière	—	5,0	5,4	5,7	5,4	5,0	4,6
Perte totale.....	—	27,7	33,0	37,8	41,6	45,1	48,3

en cal. gr. pr. min. et pr. cm²

Perte par diffusion dans l'air humide.....	0,19	0,27	0,35	0,41	0,47	0,53	0,58
Perte par l'absorption sélective	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21
Perte par diffusion en poussière	—	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08
Perte totale.....	—	0,50	0,60	0,68	0,75	0,82	0,87

Comme valeur de la constante solaire on a employé la valeur d'ABBOT¹⁾ à savoir 1,993. Cette valeur se rapporte à l'échelle de la Smithsonian Institution. D'après W. MARTEN²⁾ le facteur de réduction pour les valeurs de Å:70 à l'échelle de S.-I. est 1,034. Réduite à l'échelle d'ÅNGSTRÖM, la valeur d'ABBOT est 1,869, calculée pour la distance moyenne de la terre au soleil. Réduite pour la distance du mois de juillet, la constante est 1,81.

On voit que la diffusion par poussières a été la même pour toutes les masses atmosphériques.

A l'égard de l'influence de la poussière, le 13 juillet occupe une position intermédiaire par rapport aux cas indiqués ci-dessus. Le 16 août la diffusion en question était, d'après notre calcul, à peu près la même que le 4 et le 5 juillet. La moyenne de la diffusion en poussière pour tous les six jours sont en proportion pour cent de la constante solaire:

m	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Perte par diffusion en poussière...	6,3	7,0	7,4	7,6	7,0	6,6

Les valeurs correspondentes pour août 1913 sont d'après LINDHOLM:

Perte par diffusion en poussière ...	9,9	10,4	11,5	11,5	12,1	11,0
--------------------------------------	-----	------	------	------	------	------

Il semble donc que la teneur atmosphérique de poussière pendant l'été 1913 ait été notablement plus grande que pendant l'été 1914. L'opinion précitée de M. LINDHOLM que la perturbation d'origine volcanique dans l'atmosphère a exercé une influence considérable sur les résultats de l'observation pendant la première année, serait par là confirmée.

1) ABBOT. C. G.: Report on the Astrophys. Observatory for 1915, p. 6, Washington 1916.

2) Messungen der Sonnenstrahlung in Potsdam in den Jahren 1909 bis 1912, Veröffentl. des K. Preuss. Met. Instituts 1913, p. X, XI.

Par contre, l'effet de la poussière a été beaucoup plus grande que ce que M. LINDHOLM a pu calculer comme normal. M. L. semble partir de la supposition que la quantité de poussière, que contient l'air sur les terrains alpestres en question, ne peut guère être plus grande qu'à Upsal. Il y a beaucoup de faits qui semblent parler en faveur de cette idée et, à coup sûr, elle se trouve appuyée en certaine mesure par la comparaison établie entre les effets de la poussière à Upsal et ceux à Abisko que cet auteur cite pour 1913. Mais d'un autre côté il ne faut pas oublier que la nature des terrains Lapons, que représente Abisko, est telle qu'on pourrait bien supposer le vent des grandes étendues imbu de quantités de poussière assez considérables: poussière des grandes superficies de décomposition, des parties de la lande alpestre, vides ou pauvres de végétation, des pentes des moraines et des terrasses des lacs glaciaux. — Pourtant on n'est guère justifié de tirer de conclusions précises d'un matériel d'observation si peu compréhensif.

Lien entre la diffusion en poussières et le brouillard sec?

Voici encore un tableau comparatif sur la diffusion par la poussière et la visibilité. On a jugé la visibilité d'après la clarté et netteté avec lesquelles se sont dessinés les contours des montagnes lointaines.

Tableau 6.

Date	Tension moy. de vapeur d'eau.	Diffusion en poussière.	Visibilité	Humidité relative (8a—8p)	
1914 Juillet	3	6,7	18,1	α0	49,9
	4	8,9	7,8	α0	44,7
	5		7,8	Bonne ¹⁾	47,6
	8	8,7	20,5	α2	45,9
	13	7,4	7,1	Bonne	52,5
	14		10,9	"	56,2
	18	5,3	6,2	"	45,9
	21	5,9	5,4	"	57,8
Août	1		5,4	"	51,6
	15		8,1	"	63,2
	16		8,3	"	63,2

Ce tableau semble indiquer un rapport de la teneur en poussière atmosphérique avec le brouillard sec. Surtout il est frappant qu'un maximum très prononcé de brouillard sec coïncide avec un maximum de diffusion par poussières également prononcé. On sait que J. Aitken a signalé qu'il y a un connexité intime entre la transparence de l'air et la teneur atmosphérique de poussière. Un tel rapport direct entre ce brouillard sec de Laponie et la quantité de poussière atmosphérique semble donc s'accorder avec les résultats des observations. Un jour — le 4

¹⁾ ∞1 vers le soleil; dans les autres directions: visibilité bonne.

juillet — on a observé un brouillard sec très marqué, sans que la diffusion par poussière, qu'on avait calculée, ait été bien grande. L'été précédent, j'ai lancé des ballons-pilotes à Abisko, et je garde de ces expériences l'impression que le brouillard sec peut s'étendre à une hauteur très différente, même s'il semble avoir horizontalement une intensité non modifiée. Dans cet ordre d'idées, il convient de faire remarquer qu'un ballon-pilote lancé le 3 juillet 1914 à 20^h 22^m n'a pu être observé au delà de 3500 m de hauteur, tandis qu'on a pu suivre un autre ballon-pilote, du 4 juillet à 20^h 44^m, jusqu'à la hauteur de 10420 m¹⁾. La vitesse du vent à été, dans les deux cas, assez faible et sa direction relativement constante dans toute la couche d'air observée.

Pour terminer la discussion sur le matériel d'observation, nous donnons ci-dessous une comparaison graphique entre les valeurs moyennes de la radiation à de différentes hauteurs de soleil trouvées par moi pendant l'été 1914, les valeurs moyennes qui ressortent des mesures de M. F. HALLBERG pendant l'été 1913, et les valeurs calculées par M. F. LINDHOLM comme normales pour le mois d'août.

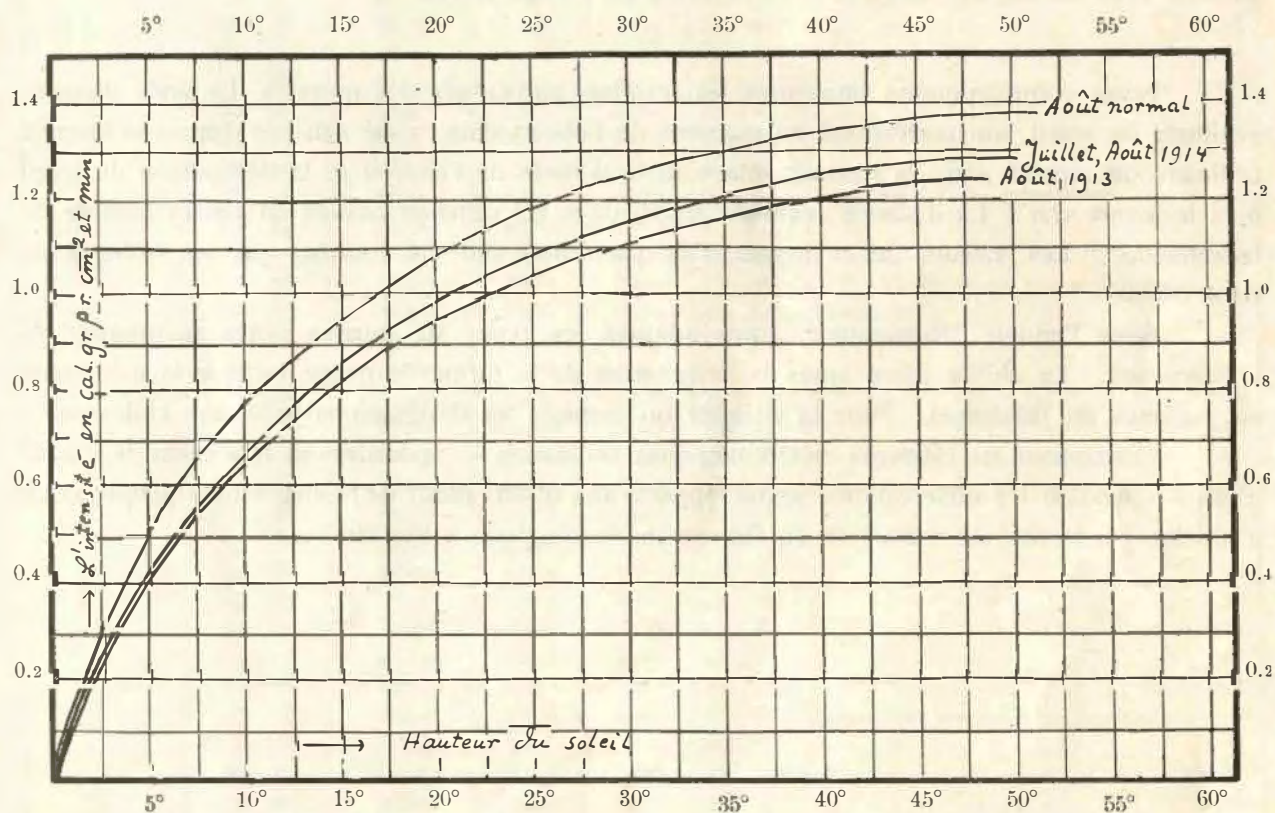


Fig. 1.

Comme causes probables du fait que l'intensité de la radiation, observée en 1914, reste tant au-dessous de celle calculée comme normale, nous signalons :

¹⁾ CARLSTEDT, R.: Lancers de ballons-pilotes à Abisko en 1914 et 1915, Appendice 2^B aux Observations météorologiques suédoises. Vol. 57. 1915.

- 1:o. Une plus grande quantité de poussière contenue par l'atmosphère sur Abisko que celle supposée comme normale par M. LINDHOLM.
- 2:o. Une tension de vapeur d'eau plus haute — en moyenne 6,8 mm Hg — que celle (6,2 mm Hg) sur laquelle se base les "valeurs normales". Cette dernière circonstance n'influe qu'avec environ un $\frac{1}{10}$ de la constante solaire.

Nous manquons actuellement de matériel nécessaire pour trancher la question de savoir si des variations de la quantité d'énergie rayonnée par le soleil ont contribué à causer cette différence.

Les valeurs normales de l'insolation à Abisko, données par M. LINDHOLM, sont calculées sur une tension moyenne de vapeur d'eau, observée au dit endroit, mais du reste elles ne se basent pas sur des observations locales. On ne saurait dire que les mesures de 1914 soutiennent de si hautes valeurs normales. Il n'y a que des mesures continuées et directes qui puissent nous fournir des valeurs normales en même temps topiques, sûres et satisfaisantes au point de vue météorologique. Pour des travaux de ce genre, les résultats des observations faites au cours de l'été 1914 auront leur valeur comme matériel de comparaison.

Nous communiquons finalement les résultats particuliers des mesures. La vraie distance zénithale du soleil, qui correspond au moment de l'observation, a été calculée d'après la formule ordinaire du rapport entre la hauteur solaire h , la latitude de l'endroit φ , la déclinaison du soleil δ et le temps vrai t . La distance zénithale apparente a été obtenue ensuite en tenant compte de la réfraction. Les valeurs de la masse d'air parcourue ont été fournies par les tableaux de BEMPORAD.¹⁾

Sous l'en-tête "Remarques" sont indiqués les types de nuages notés au moment de l'observation. Le chiffre placé après la désignation de la forme de nuage indique la nébulosité en dixièmes du firmament. Pour la visibilité on emploie les désignations indiquées ci-dessus.

Concernant les éléments météorologiques ordinaires — spécialement la tension de vapeur d'eau — pendant les observations, je me rapporte aux observations de l'Observatoire géophysique d'Abisko, conservées en manuscrit au Bureau météorologique à Stockholm.

¹⁾ BEMPORAD, A.: Zur Theorie der Extinktion des Lichtes in der Erdatmosphäre. Mitt. der Grossherz. Sternwarte zu Heidelberg N:o 4, 1904.

Radiation du soleil à Abisko en Juillet et Août 1914.

Date	Heure, temps moy. de l'Europe centrale de 0 à 24 h	Distance zénithale, apparente, du soleil	m	Q	Remarques
1914 Juillet	1 11 9	45.53	1.427	1.320	S.—Cu; A.—Cu. 7. Visibilité très bonne
	12 7	45.23	1.419	1.318	S.—Cu; A.—Cu. 8. »
	13 18.5	47.22	1.471	1.240	S.—Cu. 8. »
	14 35	51.71	1.612	1.227	S.—Cu. 6. »
	2 18 18	71.15	3.079	0.913	
	18 42	73.25	3.445	0.897	Fracto—S; S.—Cu. lenticularis. 0. Visibilité assez bonne
	19 59	79.49	5.365	0.684	
	20 5	79.93	5.610	0.617	S; A.—S; A.—Cu. 3.
	3 9 46	49.01	1.523	0.994	A.—Cu. 0. Visibilité bonne
	11 33	45.39	1.423	1.078	Ci. 1. ∞0
	11 52	45.29	—	1.088	Ci. 1. ∞0
	13 24	47.40	1.476	1.074	Ci.—S; Ci. 5. ∞0
	13 32	47.98	1.492	1.090	Ci.—S; Ci. 5. ∞0
	13 46	48.75	1.515	1.064	Ci.—S; Ci. 5. ∞0
	13 57	49.38	1.534	1.062	Ci.—S; Ci. 5. ∞0
	17 19	65.76	2.428	0.816	A.—S; A.—Cu; Ci.—S. ∞0
	19 31	77.43	4.537	0.528	Ci.—S; Ci. 3. ∞0
	19 37	77.86	4.690	0.535	Ci.—S; Ci. 3. ∞0
	20 32	81.67	6.715	0.340	Ci.—S; Ci. 8. Visibilité un peu moins bonne
	20 44	82.39	7.309	0.255	Ci. devant le soleil
	4 9 2	52.06	1.624	1.095	Ci. 0. ∞0
	9 8	51.59	1.607	1.110	Ci. 0. ∞0
	9 20	50.82	1.581	1.110	Ci. 0. ∞0
	10 17	57.57	1.481	1.164	Ci. 0. ∞0
	10 22	46.97	1.464	1.166	Ci. 0. ∞0
	11 5	45.95	1.437	1.186	Ci. 0. ∞0
	11 12	45.80	1.434	1.207	Ci. 0. ∞0
	11 19	45.67	1.430	1.212	Ci. 0. ∞0
	12 33	46.05	1.440	1.253	Ci. 0. ∞0
	12 44	46.22	1.444	1.258	Ci. 0. ∞0
	12 56	46.42	1.449	1.242	Ci. 0. ∞0
	14 1	49.72	1.515	1.219	Ci. 0. ∞0
	14 13	50.47	1.569	1.204	Ci. 0. ∞0
	15 2	53.97	1.698	1.219	Ci. 0. Observation troublée par le vent. ∞0
	16 15	60.07	2.001	1.129	Ci. 0. » » ∞0
	16 22	60.68	2.038	1.068	Ci. 0. » » ∞0
	16 36	61.98	2.124	1.083	Ci. 0. » » ∞0
	17 6	64.68	2.331	1.054	Ci. 0. ∞0
	18 25	71.93	3.206	0.891	Ci. 0. ∞0
	18 36	72.81	3.351	0.878	Ci. 0. ∞0
	19 55	79.26	5.275	0.623	Ci. 0. ∞0
	22 56	88.46	22.628	0.273	Ci. 0. ∞0
	5 7 0	62.14	2.135	1.081	0. ∞ très fort près de la terre, spécialement sur le lac
	10 20	47.44	1.477	1.227	S.—Cu. 0. ∞ assez fort vers l'est et vers le soleil; d'ailleurs visibilité favorable

Date	Heure, temps moy. de l'Europe centrale	Distance zénithale, apparente, du soleil	<i>m</i>	<i>Q</i>	Remarques	
1914 Juillet	5	^{<i>h</i>} 11 ^{<i>m</i>} 33	45.48	1.426	1.232	S.—Cu. 0. ∞ assez fort vers l'est et vers le soleil; d'ailleurs visibilité favorable
		11 45	45.39	1.423	1.227	» »
		12 12	45.92	1.436	1.219	» »
		13 27	47.86	1.491	1.209	S.—Cu; Ci.—S. » »
		14 0	49.67	1.543	1.198	
		14 8	50.12	1.558	1.201	
		15 1	53.90	1.695	1.118	
		15 6	54.28	1.711	1.142	
		15 10	54.63	1.725	1.174	S.—Cu; Ci. 0. Visibilité assez bonne
		16 24	60.78	2.045	1.100	
		16 30	61.44	2.087	1.090	
		18 22	71.65	3.159	0.852	
		18 26	72.01	3.219	0.844	S.—Cu; Ci.—S. 1. ∞ fort vers le soleil; d'ailleurs visibilité favorable
		21 4	83.61	8.577	0.359	
		21 9	83.87	8.913	0.367	
	6	8 28	54.72	1.729	1.124	0. ∞1
		8 32	54.39	1.715	1.137	0. ∞1
		10 11	47.95	1.491	1.149	0. ∞1
		10 21	47.48	1.478	1.147	0. ∞1
		11 14	45.86	1.435	1.151	0. ∞1
		11 52	45.49	1.426	1.181	0. ∞1
		13 14	47.38	1.475	1.199	0. ∞1
		13 18.5	47.56	1.480	1.194	0. ∞1
		13 22.5	47.73	1.485	1.186	0. ∞1
		14 47	52.90	1.655	1.104	0. ∞1
		15 57	58.60	1.917	1.083	0. ∞1 (un peu plus fort qu'auparavant)
		16 3	59.05	1.942	1.057	0. ∞1 » »
		18 4	70.15	2.931	0.795	0. ∞1 » »
		18 11	70.73	3.016	0.767	S.—Cu; 0. ∞1 » »
		19 55	79.35	5.317	0.427	∞1 » »
		20 2	79.90	5.595	0.407	S.—Cu 0. ∞2
		21 55	83.23	8.143	0.262	Visibilité encore pire vers le soleil, d'ailleurs un peu meilleure
		21 4	83.71	8.712	0.242	
	7	8 15	55.84	1.778	1.112	
		8 24	55.03	1.742	1.119	
		9 24	50.70	1.577	1.129	Ci.—S. 1.
		11 22	45.85	1.435	1.159	Ci.—S. 3.
		11 31	45.72	1.432	1.204	
		13 3	47.05	1.466	1.229	
	8	8 23	55.27	1.763	0.891	Ci.—S; A.—Cu. 1. ∞2
		10 2	48.55	1.513	0.977	A.—Cu. lent. 1. ∞2
		11 35	45.47	1.433	1.003	
		11 50	45.68	1.431	1.005	A.—Cu. 5. ∞2
		14 35	52.24	1.631	0.939	
		14 40	52.29	1.644	0.946	
		14 45	52.94	1.657	0.930	
		16 2	59.20	1.950	0.856	
	9	8 27	55.23	1.751	0.897	

Date	Heure, temps moy. de l'Europe centrale	Distance zénithale, apparente, du soleil	<i>m</i>	<i>Q</i>	Remarques
1914 Juillet	9	^h ^m			
	11 21	46.20	1.444	1.156	S.—Cu. 2. ∞0
	12 21	46.23	1.445	1.107	S.—Cu. 1. ∞0
	13 46	49.26	1.531	1.164	
	14 57	53.94	1.696	1.219	
	16 25	61.40	2.085	1.136	Ci.—S. 1. ∞0
	16 55	64.13	2.287	1.129	Ci.—S. 1. ∞0
	18 26	72.45	3.296	0.998	Ci.—S; Ci. 1. ∞ très faible vers W et NW
	20 10	80.68	6.035	0.709	Ci.—S; Ci. 1. ,
	11 21 42	86.22	12.392	0.265	S.—Cu; S. ∞ faible
	12 12 20	46.50	1.452	1.186	Cu; Ci.—S. 1. Visibilité bonne
	12 26 26	46.59	1.454	1.174	Cu; Ci.—S. 1. ,
	13 50	49.74	1.546	1.171	Cu; A.—Cu; Ci.—S. 2. ,
	15 14	55.59	1.767	1.078	Cu; A.—Cu; Ci.—S. 2. ,
	17 10	65.77	2.429	1.066	Cu; Ci.—S. 1. ,
	20 9	80.82	6.127	0.650	S; Ci.—S; Ci. 2. ,
	21 9	84.51	9.838	0.470	S; Ci.—Cu; Ci.—S; Ci. 3. ,
	13 10 10	48.87	1.519	1.227	Cu; A.—S; Ci.—Cu; Ci.—S; Ci. 4. Visibilité bonne
	12 32	46.90	1.462	1.254	Cu; A.—S; Ci.—Cu; Ci.—S. 4. ,
	14 16	51.48	1.618	1.227	Cu; A.—Cu. 4. ,
	16 5	60.07	2.001	1.149	Cu. 2. ,
	17 30	67.82	2.639	1.033	Cu; Ci.—S. 1. ,
	19 19	77.27	4.483	0.793	S.—Cu; Ci.—S; Ci. 6. ,
	14 8 13	56.85	1.825	1.076	Cu; Ci.—S. 0. Visibilité bonne
	10 8	49.06	1.524	1.161	Cu; Ci.—S. 0. ,
	11 45	46.51	1.452	1.186	Cu; Ci.—S. 0. ,
	16 42	63.53	2.239	1.003	Ci.—S. 0. ,
	19 9	76.55	4.254	0.617	0. ,
	15 9 23	51.85	1.616	1.024	Ci.—S; Ci.—Cu. 1. Visibilité bonne
	12 8	46.82	1.460	1.098	Ci.—S; Ci.—Cu. 1. ,
	13 52	40.37	1.312	1.069	Ci.—S. 1. ,
	14 7	51.22	1.594	1.102	Ci.—S; Ci.—Cu. 1. ,
	16 15	31.30	2.078	1.088	Ci.—S; Ci. 2. ,
	19 9	76.75	4.315	0.694	A.—S; Ci.—S; Ci.—Cu. 4. ,
	20 59	84.49	9.806	0.429	A.—Cu; Ci.—S. 2. ,
	17 14 9	51.61	1.608	1.196	A.—S. 4. Visibilité bonne
	15 52	59.39	1.961	1.090	A.—S; A.—Cu. 4. ,
	20 21	82.38	7.300	0.680	A.—S; Ci.—S. ,
	18 9 8	55.83	1.778	1.268	Cu; Ci.—S. 0. Visibilité bonne
	11 7	47.59	1.481	1.304	A.—Cu; Ci.—S; Ci. 3. ,
	11 15	47.48	1.478	1.304	A.—Cu; Ci.—S; Ci. 3. ,
	12 23	47.40	1.476	1.297	Ci.—S. 6. ,
	14 35	53.39	1.674	1.244	,
	21 11 57	47.72	1.485	1.307	S.—Cu; A.—S. 3. Visibilité bonne
	14 11	52.45	1.638	1.289	S.—Cu; A.—S. 1. ,
	15 11	56.65	1.816	1.244	S.—Cu; A.—S. 2. ,
	16 32	63.59	2.244	1.146	S.—Cu; A.—S. 2. ,
	16 44	64.64	2.328	1.139	,
	17 32	69.04	2.783	1.059	S.—Cu; A.—S. 2. ,
	18 57	76.69	4.297	0.880	S.—Cu; A.—S. 1. ,
	20 21	83.03	7.921	0.624	S.—Cu. 0. ,

Date	Heure, temps moy. de l'Europe centrale	Distance zénithale, apparente, du soleil	m	Q	Remarques
1914 Juillet 21	^h 21 ^m 50	88.07	20.179	0.250	S.—Cu. 0. Une partie du disque solaire peut-être cachée par les sommets des monta gnes
22	8 28	57.07	1.836	1.279	A.—S. 0. Visibilité bonne
	10 7	50.49	1.570	1.286	S.—Cu. 0. »
	11 4	48.49	1.507	1.292	0. »
	11 16	48.27	1.501	1.292	0. »
	12 59	49.01	1.523	1.294	0. »
	15 53	60.32	2.953	1.242	0. »
	17 35	69.49	2.840	1.061	S.—Cu; A.—S. 1. Vent. »
	18 59	79.04	5.173	0.880	S.—Cu. 0. »
	20 10	82.44	7.353	0.662	S.—Cu. 0. »
30	20 7	83.77	8.786	0.578	
31	17 57	73.40	3.475	1.005	S.—Cu. 7. Rayons du soleil réfléchis par de nuages. Visibilité bonne
	18 42	77.39	4.523	0.880	»
Août 1	9 43	54.01	1.699	1.276	S.—Cu. 2. Visibilité bonne
	11 6	50.71	1.577	1.318	S.—Cu. 1. »
	11 46	50.14	1.558	1.299	S.—Cu. 1. »
	12 10	50.28	1.563	1.307	S.—Cu. 1. »
	13 44	53.25	1.669	1.276	S.—Cu. 1. »
	13 55	53.79	1.690	1.271	S.—Cu. 1. »
	15 5	58.45	1.908	1.242	S.—Cu. 1. »
	16 12	64.03	2.279	1.191	S.—Cu. 1. »
	17 15	69.74	2.874	1.095	S.—Cu. 1. »
	18 28	76.39	4.206	0.939	S.—Cu. 0. »
	19 23	79.92	6.190	0.747	S.—Cu. 0. »
	20 15	85.01	10.312	0.522	S.—Cu. 0. »
2	12 42	51.10	1.590	1.310	0. Visibilité bonne
	13 29	52.79	1.651	1.278	Ci.—S. 0. Vent très fort. »
5	9 32	55.61	1.768	1.240	
	9 42	55.02	1.742	1.253	
12	14 57	60.83	2.048	1.186	
14	6 14	74.06	3.614	0.966	S.—Cu; A.—S; Ci.—S. 4. ∞0 vers le soleil
	6 40	71.78	3.180	1.008	S.—Cu; A.—S; Ci.—S. 4. » »
	6 51	70.81	3.028	1.064	S.—Cu; A.—S; Ci.—S. 4. » »
	7 6	99.42	2.832	1.090	S.—Cu; A.—S; Ci.—S. 4. » »
	13 23	55.79	1.776	1.258	N; S.—Cu; A.—S. Visibilité bonne, spécialement vers W
15	12 46	54.04	1.734	1.250	S.—Cu; Ci.—Cu; Ci. 4. Vent fort. Visibilité bonne
	14 3	58.17	1.893	1.207	S.—Cu; Ci.—S. 4. » »
	15 57	66.58	2.508	1.071	S.—Cu. 7. » »
	17 21	74.06	3.614	0.973	S.—Cu. 4. » »
16	10 40	55.48	1.762	1.219	Observation troublée par vent et nuages
	13 17	56.18	1.793	1.214	S.—Cu. 4. Vent. Visibilité bonne
	13 26	56.37	1.802	1.196	S.—Cu. 4. » »
	13 35	56.96	1.831	1.199	S.—Cu. 4. » »
	14 31	60.27	2.013	1.176	Nb; S.—Cu. 7. » »
	14 36	60.59	2.032	1.171	Nb; S.—Cu. 7. » »
	14 41	60.93	2.054	1.166	Nb; S.—Cu. 7. » »
	16 7	67.69	2.624	1.050	Nb; S.—Cu. 7. » »
	16 11	68.08	2.667	1.033	Nb; S.—Cu. 7. » »
	16 16	63.53	2.720	1.043	Nb; S.—Cu. 7. » »

