

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 69 (1978)

**Heft:** 7

**Artikel:** Elaboration d'une variable mesurant l'intensité de froid : application à la Suisse

**Autor:** Spierer, C.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-914864>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Elaboration d'une variable mesurant l'intensité de froid

## Application à la Suisse

Par Ch. Spierer

Die Erarbeitung einer Kennziffer, die die Kälteintensivität einer Periode misst, ist unerlässlich für jede quantitative Abschätzung des Energiebedarfes. In diesem Beitrag werden zwei mögliche Definitionen behandelt. Ein Vergleich ihrer Vor- und Nachteile, sowohl in der Theorie als auch im Rahmen einer Anwendung in der Schweiz, ermöglicht es, die am besten sich eignende Methode auszuwählen.

L'élaboration d'une variable mesurant l'intensité de froid d'une période est indispensable à toute analyse quantitative de la demande d'énergie. Dans cet article, deux définitions possibles sont envisagées. Une comparaison de leurs avantages et inconvénients respectifs, tant sur le plan théorique que dans le cadre d'une application à la Suisse, permet de choisir celle qui semble la plus adéquate.

### 1. Cadre conceptuel

Les variations de la température influencent de façon non négligeable les besoins en énergie destinés au chauffage des locaux. Dans toute étude quantitative de la demande d'énergie, il est donc indispensable d'avoir recours à une variable qui reflète fidèlement la froideur d'une période définie.

La température moyenne d'un hiver ou d'une année ne peut être utilisée à cet effet et ce pour deux raisons. D'une part, ses variations seraient trop faibles pour autoriser des calculs fiables. D'autre part, il est admis que les locaux occupés sont chauffés lorsque la température tombe au-dessous d'un certain seuil. En prenant une valeur moyenne, on fausserait le calcul en introduisant des phases de réchauffement possibles au-delà du seuil et en éliminant des phases de refroidissement en-deçà du seuil. Ainsi, un été torride ne saurait permettre de récupérer l'énergie dissipée pendant des mois d'hiver rigoureux.

Nous avons envisagé deux approches. L'une (A), préconisée par Mainguy [1], prend en compte l'intensité de froid définie comme étant la somme des écarts à un seuil  $\sigma$  fixé des températures moyennes quotidiennes inférieures à ce seuil au cours de la période considérée. Selon Mainguy, l'expérience montre en effet que, pour une population donnée et en-deçà du seuil de chauffage des locaux, l'on peut faire correspondre à une variation de 1 °C de la température moyenne d'une journée une variation approximativement constante de la consommation d'énergie, souvent appelée «gradient de chauffage».

La fixation du seuil est délicate. Elle dépend du degré de confort désiré par la population, de la qualité de l'isolation,

ainsi que de la méthode utilisée pour le calcul de la température quotidienne moyenne.

L'autre approche (B), généralement retenue en Suisse (cf. [2] et [3]), envisage de la même manière un seuil  $\sigma$  au-dessus duquel on ne chauffe pas. Cependant, si la température moyenne descend au-dessous de ce seuil on prendra la différence entre la température moyenne observée et la température intérieure désirée  $s$ .

La fig. 1 donnant l'intensité de froid en fonction de la température moyenne  $\theta$  permet d'appréhender la différence essentielle entre les deux approches.

En désignant par  $\theta_j$  la température moyenne du  $j$ -ème jour d'une période donnée et par  $n$  le nombre de jours de cette période, les deux variables se mesurent ainsi:

$$(A) \quad \tau_A(\sigma) = \sum_{j=1}^n (\sigma - \theta_j) \text{Max} \left\{ \frac{\sigma - \theta_j}{|\sigma - \theta_j|}; 0 \right\} = \sum_{j=1}^n \text{Max} \{ (\sigma - \theta_j); 0 \}$$

$$(B) \quad \tau_B(\sigma, s) = \sum_{j=1}^n (s - \theta_j) \text{Max} \left\{ \frac{\sigma - \theta_j}{|\sigma - \theta_j|}; 0 \right\}$$

Ces variables sont croissantes par rapport aux seuils  $\sigma$  et  $s$ :

$$\begin{aligned} \Delta \sigma > 0 &\rightarrow \tau_A(\sigma + \Delta \sigma) \geq \tau_A(\sigma) \\ \tau_B(\sigma + \Delta \sigma, s) &\geq \tau_B(\sigma, s) \\ \Delta s > 0 &\rightarrow \tau_B(\sigma, s + \Delta s) \geq \tau_B(\sigma, s). \end{aligned}$$

Il existe entre elles la relation suivante:

$$\tau_B(\sigma, s) = \sum_j \{ (s - \sigma) + (\sigma - \theta_j) \} \text{Max} \left\{ \frac{\sigma - \theta_j}{|\sigma - \theta_j|}; 0 \right\} = (s - \sigma) N_\sigma + \tau_A(\sigma)$$

$$\text{où } N_\sigma = \sum_j \text{Max} \left\{ \frac{\sigma - \theta_j}{|\sigma - \theta_j|}; 0 \right\}$$

représente le nombre de jours de chauffage, c'est-à-dire le nombre de jours où  $\theta_j$  est inférieur à  $\sigma$ .

$s$  étant supérieur à  $\sigma$ , on en déduit:  $\tau_B > \tau_A$ .

Un autre problème est soulevé par la nécessité de retenir une valeur unique pour toute la Suisse, alors qu'on y rencontre des différences notables de température.

Nous avons de ce fait pris les températures relevées dans 19 stations météorologiques réparties sur l'ensemble du territoire de la Confédération et attribué à chaque station une pondération proportionnelle à la part de la population suisse

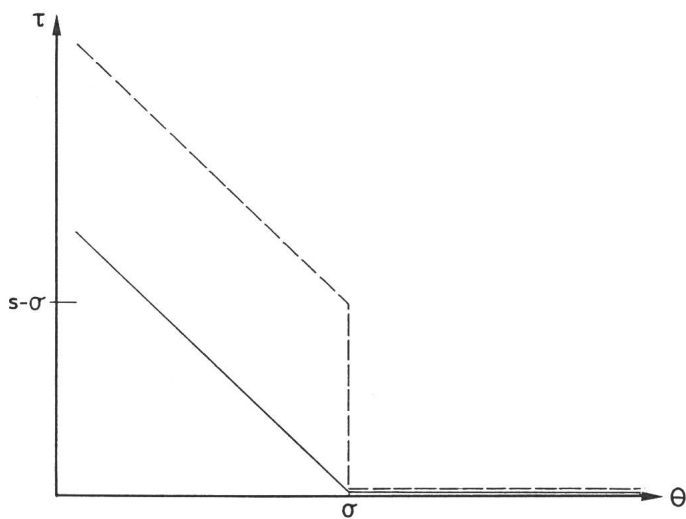


Fig. 1 Intensité de froid ( $\tau$ ) d'une journée en fonction de la température ( $\theta$ )

— A } voir texte  
 - - - B }

vivant dans sa «zone d'influence» et donc soumise à des conditions météorologiques similaires.

Il va de soi qu'un élargissement du cadre conceptuel de notre étude, visant à prendre en considération dans un indicateur unique l'impact sur les besoins en énergie d'autres variables climatiques que la température aurait pu être entrepris<sup>1)</sup>. Pour l'instant nous y avons cependant renoncé.

## 2. Evaluation numérique

Nos calculs ont porté sur la période du 1<sup>er</sup> janvier 1950 au 31 décembre 1976.

La température moyenne d'une journée a été calculée comme la moyenne arithmétique simple des températures observées à 7 h 30, 13 h 30 et 21 h 30 (de 1950 à 1970) ou 7 h, 13 h, et 19 h (de 1971 à 1976)<sup>2)</sup>.

On notera qu'il est accordé de ce fait une importance peut-être exagérée, dans le cadre du problème qui nous préoccupe, aux températures froides (aube et soir) par rapport à la température relevée au milieu de la journée.

De ce fait nous inclinons à choisir des seuils relativement bas pour le calcul de  $\tau_A$ . Nous avons ainsi retenu  $\sigma_1 = 12$  °C et  $\sigma_2 = 14$  °C, mais avons également effectué les calculs pour  $\sigma_3 = 16$  °C.

Pour  $\tau_B$ , nous avons choisi le seuil le plus usité, 12 °C, ainsi que la température intérieure désirée qui lui est habituellement associée, à savoir 20 °C.

Les stations météorologiques retenues et leur pondération dans l'indice suisse (en %) sont mentionnées dans le tableau II.

Afin de tenir compte des différentes utilisations possibles de nos résultats, nous les avons annualisés sur 3 périodes:

- l'année civile
- l'année du 1<sup>er</sup> juillet au 30 juin
- l'année hydrologique (du 1<sup>er</sup> octobre au 30 septembre)

Le tableau I et la fig. 2 donnent les principaux résultats obtenus.

Il ressort de l'examen de ces résultats que:

- les variations de  $\tau$  d'une année sur l'autre sont loin d'être négligeables,
- le choix de la période d'annualisation est important,
- si les courbes suivent une allure générale semblable, mais à des paliers différents, elles présentent en certains points des

<sup>1)</sup> On notera à ce sujet les travaux de Zühlke [4] qui retient les températures des six derniers jours ainsi que la vitesse du vent et la durée d'ensoleillement des trois derniers jours.

<sup>2)</sup> Les 561920 observations nécessaires nous ont été aimablement fournies par le Dr W. Kirchhofer de l'Institut Météorologique Suisse à Zurich.

Intensité de froid pour la Suisse, mesurée en degrés-jours Tableau I

	$\tau_A$ (12) Janvier- Décembre	$\tau_A$ (14) Janvier- Décembre	$\tau_A$ (14) Juillet- Juin <sup>3)</sup>	$\tau_A$ (14) Octobre- Septembre <sup>3)</sup>	$\tau_A$ (16) Janvier- Décembre	$\tau_B$ (12, 20) Janvier- Décembre
1950	1749.88	2209.39	2272.35	2256.86	2714.60	3497.17
1951	1677.97	2163.61	2158.65	2217.40	2714.02	3474.52
1952	1846.84	2312.97	2414.64	2351.37	2834.95	3624.85
1953	1770.71	2228.60	2316.89	2355.08	2753.82	3468.22
1954	1801.60	2305.53	2211.77	2198.81	2875.48	3682.19
1955	1802.12	2288.87	2521.04	2495.24	2833.78	3639.23
1956	2116.14	2609.42	2194.74	2231.68	3177.19	3963.48
1957	1653.13	2150.14	2341.44	2293.92	2729.84	3479.45
1958	1799.00	2255.48	2021.10	2020.53	2780.99	3508.12
1959	1577.01	2030.32	2077.49	2127.06	2543.14	3285.71
1960	1624.80	2099.56	1976.79	1927.86	2654.14	3383.42
1961	1462.10	1914.74	2277.28	2322.39	2437.18	3139.22
1962	2038.77	2526.35	2727.76	2706.75	3065.18	3886.38
1963	2066.18	2551.81	2242.74	2238.65	3097.12	3885.63
1964	1839.93	2291.45	2420.06	2467.44	2811.83	3518.97
1965	1850.96	2376.66	2119.78	2080.47	2961.79	3808.24
1966	1641.18	2092.30	2169.77	2175.02	2625.89	3308.82
1967	1695.51	2174.31	2196.59	2196.78	2709.13	3473.15
1968	1739.52	2209.33	2299.54	2296.71	2772.09	3443.77
1969	1895.11	2385.74	2467.60	2460.38	2933.50	3725.99
1970	1907.02	2386.18	2279.72	2272.15	2929.55	3684.20
1971	1804.26	2252.07	2082.66	2153.28	2765.61	3473.50
1972	1701.91	2221.07	2437.57	2371.38	2796.88	3660.29
1973	1898.49	2366.97	2017.85	2040.80	2877.88	3693.99
1974	1538.92	2021.53	2160.14	2119.72	2557.18	3342.11
1975	1680.48	2150.42	2171.62	2205.14	2668.52	3456.46
1976	1690.07	2148.26			2672.92	3409.48

<sup>3)</sup> Les données sont alignées sur l'année pendant laquelle débute la période d'annualisation.

Tableau II

Bâle	7,014	Sion	2,498
La Chaux-de-Fonds	2,118	Coire	1,944
Saint-Gall	7,965	Bever	0,801
Schaffhouse	3,236	Lugano	3,597
Zurich	22,437	Altdorf	2,909
Lucerne	5,384	Langenbrücke	6,724
Berne	11,720	Montana	0,797
Neuchâtel	2,979	Interlaken <sup>4)</sup>	3,002
Genève	5,927	Airolo	0,638
Lausanne	8,310		

<sup>4)</sup> Les données n'ayant pas été recueillies dans cette station de mai à novembre 1971, nous avons, pour cette période, divisé le résultat obtenu à partir des 18 autres stations par  $1 - 0,03002 = 0,96998$ .

Intensité de froid pour la Suisse, mesurée en degrés-jours  
Répartition mensuelle (calculée sur 1950-1976): en %<sup>5)</sup>

Tableau III

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Seuil												
12 °C	21,3	17,3	13,0	6,5	1,9	0,4	0,1	0,1	0,9	5,5	13,0	19,9
14 °C	19,6	16,1	13,0	7,4	2,8	0,8	0,3	0,3	1,6	6,7	12,9	18,4
16 °C	18,0	15,0	12,7	8,0	3,8	1,4	0,7	0,8	2,5	7,5	12,6	17,1
12 °C/20 °C	17,6	15,0	13,3	8,5	3,6	1,1	0,3	0,4	2,1	8,0	13,1	16,9

<sup>5)</sup> Des écarts dans les totaux annuels de  $\pm 1$  0/00 proviennent des approximations dues aux arrondis.

Degrés jours

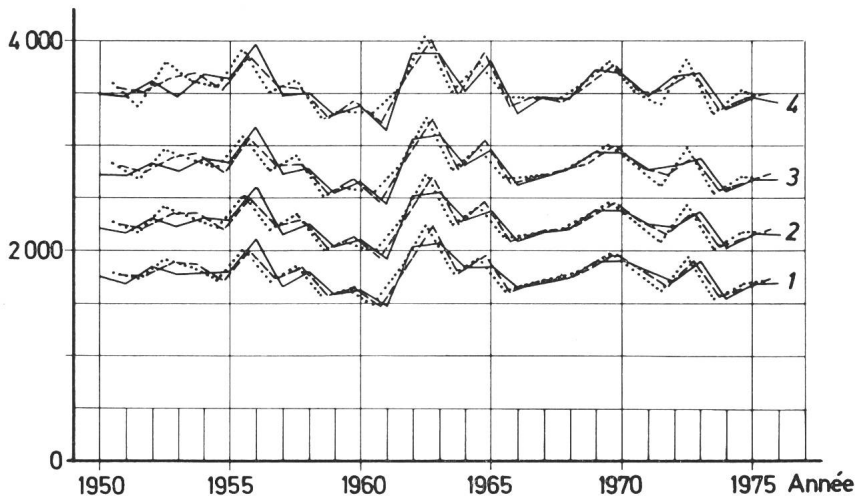


Fig. 2

Intensité de froid pour la Suisse, mesurée en degrés-jours

- année civile (abscisse t)
- ... année du 1.7 au 30.6 (abscisse t + 0,5)
- année hydrologique (abscisse t + 0,75)
- 1  $\tau_A$  (12 °C)      3  $\tau_A$  (16 °C)
- 2  $\tau_A$  (14 °C)      4  $\tau_B$  (12 °C, 20 °C)

écarts importants (p.ex., pour l'année civile, le rapport entre 1964 et 1965).

Afin de mieux mettre en évidence les différences entre les deux approches envisagées, il nous a paru intéressant de comparer les répartitions mensuelles moyennes des degrés-jours de froid sur la période 1950–1976. Cette comparaison est résumée dans le tableau III ci-après.

L'approche «suisse» présente un grand lissage des valeurs de  $\tau$  pour les mois de chauffage (novembre à mars), l'écart entre le moins et le plus froid ne dépassant pas 34 %, alors qu'on obtient 52 % pour  $\tau_A$  (14 °C) et 64 % pour  $\tau_A$  (12 °C). Elle accorde d'autre part une importance qui nous semble excessive aux mois d'entre-saisons (avril, mai, septembre, octobre), avec 22,2 % du total annuel contre 18,5 % pour  $\tau_A$  (14 °C) et 14,8 % pour  $\tau_A$  (12 °C). Les différences pendant les mois d'été sont moins importantes (sauf pour  $\tau_A$  (12 °C)) et conditionnées par le choix de certaines stations (Montana, Airolo et Bever).

### 3. Conclusion

Notre analyse était destinée à élaborer une variable qui permette de mesurer l'impact de la température sur la consommation d'énergie. Les diverses comparaisons que nous avons présentées, et surtout le caractère peu réaliste du «saut» observé pour l'approche B au niveau du seuil  $\sigma$  nous amènent à préférer l'approche de Mainguy et à choisir un seuil compris entre 12 et 14 °C.

### Bibliographie

- [1] Y. Mainguy: La demande et l'offre, Paris, Dunod, 1966.
- [2] R. Allemann: Neue Werte für die Grad- und Heiztage in der Schweiz, Schweiz. Gesellschaft für Elektrizitätsverwertung, Zürich, juin 1971.
- [3] H. Drotschmann: Technische Klima-Daten für die Schweiz, Schweizerische Blätter für Heizung und Lüftung, 1976, N° 3, pp. 60–63.
- [4] H. Zühlke: Wärmeverbrauchskontrolle mit Hilfe von Gradtagen unter Berücksichtigung des Einflusses von Vortagestemperaturen, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer. Fernwärme International, année 6 (1977), N° 6.

### Adresse de l'auteur

Ch. Spierer, Département d'économétrie Université de Genève, 12 rue de Candolle, 1211 Genève 4.