

**Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt
Rapports de travail de l'Institut Suisse de Météorologie
Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia
Working Reports of the Swiss Meteorological Institute**

Zürich

No 112

DE LA GENESE DES CARTES CLIMATOLOGIQUES POUR LE
DIMENSIONNEMENT DES ABRIS POUR LES ANIMAUX DE RENTE

(indices de chaleur et indices de froid)

par

B. Primault, Zurich

Décembre 1982

Biométéorologie

Elevage d'animaux domestiques

551.586:591.613

Résumé

Depuis les temps les plus reculés, l'homme a utilisé certains animaux pour sa nourriture ou pour sa compagnie. Au cours des siècles, il a développé divers systèmes d'abris pour les animaux de rente. Pourtant, pour que leur élevage conduise à un rendement de qualité, il est indispensable que les conditions ambiantes et plus spécialement le microclimat dans lequel ces animaux vivent soient le plus conforme à leurs besoins propres. Pour obtenir ces conditions, il est très souvent indispensable de construire des abris. La température extérieure joue un rôle essentiel lors de la planification de ces abris. Pour améliorer nos connaissances de la répartition des températures agissant sur les murs extérieurs d'un immeuble, on a préparé deux cartes, l'une reflétant les conditions hivernales (indices de froid), l'autre celles de l'été (indices de chaud). On montre ici les raisonnements faits et les recherches empiriques effectuées pour trouver des grandeurs météorologiques bien définies qui rendent à la fois les notions de température et de durée du froid, resp. du chaud.

Zusammenfassung

Seitdem der Mensch als Mensch betrachtet werden kann, hat er gewisse Tiere für seine Ernährung oder Gesellschaft benützt. Im Laufe der Jahrhunderte sind manche Arten von Behausung für Nutztiere entwickelt worden. Damit die Tierzucht zu einer wirtschaftlichen Qualitätsleistung kommt, ist es unentbehrlich, dass die Umweltbedingungen - und besonders das Mikroklima - in dem die Tiere leben, möglichst den Bedürfnissen

der Tiere angepasst werden. Um eine solche Umwelt zu verwirklichen ist es sehr oft unentbehrlich, Spezialgebäude zu bauen. Die Aussentemperatur spielt bei deren Planung eine entscheidende Rolle. Um unsere Kenntnisse über die Wirkung der Temperatur auf die Aussenwände eines Gebäudes zu verbessern, wurden zwei Karten entworfen. Die eine zeigt die Winterverhältnisse (Kältekennwerte), die andere die sommerlichen (Wärmekennwerte). Hier werden die Ueberlegungen geschildert und die durchgeführten empirischen Untersuchungen dargelegt, welche zu einfachen meteorologischen Werten geführt haben, die Begriffe wie Temperatur einerseits und Dauer der Kälte bzw. der Wärme anderseits vereinigen.

Riassunto

Dai tempi più remoti, l'oumo ha utilizzato certi animali per il suo nutrimento o per la sua compagnia. Nel corso dei secoli egli ha sviluppato diversi sistemi di protezione per gli animali di reddito. Tuttavia, affinché l'allevamento raggiunga un rendimento di qualità, è indispensabile che le condizioni ambientali e in particolare il microclima, nel quale vivono gli animali, siano il più possibile conformi ai loro bisogni. Per ottenere queste condizioni, è spesso indispensabile costruire dei ripari. La temperatura esterna ha un ruolo essenziale nella pianificazione di questi ripari. Per migliorare le nostre conoscenze della ripartizione delle temperature che agiscono sui muri esterni di un immobile, abbiamo preparato due carte, una rispecchiante le condizioni invernali (indice del freddo), l'altra quelle estive (indice del caldo). Esse mostrano i ragionamenti fatti e le ricerche empiriche, effettuate per trovare delle grandezze meteorologiche ben definite, che rispecchiano contemporaneamente le nozioni di temperatura e di durata del freddo, rispettivamente del caldo.

Summary

As far back as we can go, human being has used animals for his food and his company. Through the centuries, he has developed several kinds of shelters for these animals. Nevertheless, it is necessary that the ambient conditions, especially the microclimate in which these animals live, are most conform to their needs if a good efficiency must be achieved. In order to meet these conditions, it is very often indispensable to build shelters. The outside temperature plays an essential role for the design of these shelters. In order to improve our knowledge on the distribution of temperature acting on the outside walls of a house, two charts have been prepared. One reflects the winter conditions (coldness indexes) and the other is valid for the summer (warmth indexes). One shows the reasoning made and the empirical tests carried out to find well defined meteorological parameters that simultaneously convey the notions of temperature and duration for the cold periods, respective the warm ones.

De la genèse des cartes climatologiques pour le dimensionnement des abris
pour les animaux de rente
(Indices de chaleur et indices de froid)

par B. Primault, ISM, Zurich

1. Considérations générales

Dans sa conquête du monde, l'homme s'est souvent trouvé confronté à des animaux de tous genres. Il les a finalement classés en "animaux sauvages" et "animaux domestiques". Dans la première catégorie, on place les animaux qui vivent loin de l'homme et dont il ne tire profit que par la chasse. Dans la seconde, on range toutes les espèces qui vivent au contact de l'homme.

On peut opérer une classification analogue du point de vue météorologique: les animaux sauvages sont ceux qui sont exposés sans défense aux vicissitudes du temps ou qui cherchent par eux-mêmes à s'en protéger; les animaux domestiques en sont plus ou moins largement préservés par l'homme.

La protection que l'homme apporte à l'animal dépend en grande partie de leur liaison affective réciproque.

1.1. Les animaux d'exposition

Depuis l'antiquité, l'homme a collectionné certains animaux pour la curiosité de leur corps ou de leurs moeurs (éléphants, lions, serpents, lézards, etc). Il en a même fait l'objet d'un culte. Ces animaux étaient en général redoutés. On les parque dans des endroits spéciaux (ménageries, parcs d'acclimatation, jardins zoologiques) soit pour l'amusement du public, soit pour prévenir l'extinction de certaines espèces.

1.2. Les animaux de compagnie

La cohabitation de l'homme et de certains animaux (nous excluons ici la vermine) remonte aux premiers balbutiements de l'humanité: la conquête du feu. Elle s'est développée et spécialisée au cours des siècles. Etablir une liste des animaux maintenus en captivité ou en semi-liberté pour le seul plaisir de leur propriétaire serait une gageure. Ils ont cependant à peu près tous un point commun: leurs conditions d'habitat sont plus adaptées aux besoins ou aux habitudes propres à l'homme qu'à ceux de l'animal. Prenons-en pour preuve le fait de couvrir d'un imperméable le corps des chiens par temps de pluie. L'homme moderne n'aime pas à être mouillé alors que l'eau de pluie est nécessaire à la santé du pelage du chien. Les animaux de compagnie doivent donc s'adapter au milieu que l'homme se crée ou crée pour eux.

1.3. Les animaux de rente

L'homme a su de tous temps utiliser l'animal pour couvrir ses besoins en protéine. Il a d'abord chassé et pêché, puis élevé des animaux dans ce but.

Afin de garantir, voire d'augmenter le nombre de bêtes disponibles, l'homme a cherché soit des contrées adaptées selon les saisons (nomadisme, transhumance, alpage), soit à protéger l'animal de conditions extérieures adverses (colombiers, étables, poulaillers). Avec le développement de la technique, on en est arrivé à des formes de stabulation aberrantes (batteries, stalles étroites, etc) qui tendent vers une production de quantité, sans tenir compte des besoins réels de l'animal (cf. l'exemple des chiens de salon cité sous 1.2.).

Pour arriver à une production de qualité, il est indispensable que l'ambiance dans laquelle sont retenus les animaux de rente corresponde aux besoins de l'espèce, besoins qui sont souvent fort éloignés de ceux de l'homme. C'est dans ce but que des normes de construction ont été établies.

Depuis quelques décennies, on se sert de certaines espèces dans l'essai de médicaments ou de traitements particuliers. Bien que ces bêtes entrent dans la catégorie des animaux de rente, nous ne les retiendrons pas ici, leurs conditions ambiantes étant chaque fois adaptées au but poursuivi.

2. Les animaux de rente

Le bétail (gros ou menu bétail, volaille) tout comme le genre humain est constitué par des individus homéothermes. Leur métabolisme général est par conséquent influencé en grande partie par les conditions ambiantes. Dans leur travaux Berbiger (1976), Bianca (1952, 1953, 1961, 1970, 1971, 1979), Cena et Courvoisier (1949^a, 1949^b, 1950) pour ne citer que quelques exemples, ont démontré que les conditions optimum pour le développement des animaux domestiques variaient tant en fonction de l'espèce que de l'âge des individus. En outre, indépendamment de l'âge, le but poursuivi par l'élevage (engraissement, remonte, ponte, etc.) influe également sur les conditions idéales devant régner à l'intérieur des abris. Ainsi, les jeunes poulettes destinées à la ponte ont des exigences différentes de celles des chapons élevés pour en faire des poulets de rôtisserie (broilers). Il en va de même des boeufs à l'engrais par rapport aux génisses destinées à donner des vaches laitières.

Dans le cas particulier du gros bétail, la température, l'humidité, le rayonnement et la teneur en gaz délétères doit être adaptée au métabolisme de l'animal. C'est seulement dans de telles conditions que la tenue du bétail est rentable.

Dans les conditions climatiques naturelles de notre pays, l'ambiance générale ne répond que rarement aux exigences d'un élevage optimum. Ceci est surtout vrai pour la température, l'humidité et le vent. A l'air libre ou en stabulation libre, la teneur de l'air en gaz délétères se maintient généralement au-dessous des normes de tolérance. Par contre, les fluctuations de la température et de l'humidité soumettent le bétail à des contraintes extérieures qui diminuent fortement son rendement, voire qui annihilent les effets positifs de la

sélection et des soins. De ce fait, la construction d'abris est nécessaire si l'on veut adapter le rendement aux exigences d'une production économiquement rationnelle.

Les abris pour les animaux de rente doivent avoir pour but de créer autour d'eux les conditions les plus favorables possibles du point de vue micrométéorologique. Ils doivent atténuer les fluctuations extérieures sans pour autant isoler hermétiquement les animaux, ni créer des conditions secondaires défavorables (par exemple le suintement des murs).

Par l'introduction d'air extérieur à l'intérieur des abris (aération), il est possible de modifier la température intérieure. Cette modification dépend en grande partie du gradient thermique entre l'extérieur et l'intérieur de l'abri. Comme l'humidité, la température ambiante agit sur les phénomènes de thermo-régulation et, par voie de conséquence, sur le métabolisme général de l'animal.

Comme la plupart de nos animaux domestiques nécessitent des températures relativement basses pour jouir de conditions optimum, ce sont surtout les températures extérieures élevées qui seront préjudiciables à l'élevage. En effet, du point de vue économique, une aération forcée (introduction d'air extérieur relativement frais pour évacuer les excédents de calories) est meilleur marché que la réfrigération artificielle. Cette réfrigération serait nécessaire dans bien des cas en été pour abaisser et la température et l'humidité de l'air extérieur afin de lui permettre d'absorber les rejets de chaleur.

3. Bases actuellement disponibles

Afin de permettre aux architectes de construire des abris aussi judicieux que possible quant au climat intérieur, il est indispensable qu'ils puissent disposer de données sûres et surtout de les interpréter en raison des conditions locales. En effet, la plupart des données météorologiques et climatologiques existantes se réfèrent à des points

précis à savoir les stations de mesure. Malgré la haute densité de stations de mesure dont nous disposons en Suisse, il est chaque fois nécessaire de procéder à des interprétations c'est-à-dire à des extrapolations et à des interpolations.

La source la plus complète de données de base est probablement la série des fascicules de "Klimatologie der Schweiz", éditée par l'Institut suisse de météorologie. On y trouve non seulement des valeurs moyennes, mais aussi des tableaux chronologiques et des calculs fréquentiels. Les premières et les deuxièmes sont peu représentatifs en la matière. La consultation de tels ouvrages est très rébarbative et ceux-ci sont, par conséquent, peu utilisés. En effet, le praticien préfère obtenir des valeurs simples qu'il peut introduire directement dans les formules figurant dans ses normes de construction. Il donnera donc sa préférence à des représentations graphiques ou cartographiques des différents éléments dont il a besoin.

C'est pour répondre en grande partie à ce désir qu'une série de publications a vu le jour: METEOPLAN. En outre, un atlas climatologique est en préparation qui contiendra des valeurs moyennes de différents éléments, échelonnés dans l'espace et dans le temps. L'utilisateur attentif possède donc un point de départ très précieux pour le dimensionnement de ses abris. METEOPLAN se consacre jusqu'ici surtout aux questions de rayonnement et de vent. Dans l'Atlas météorologique et les fascicules de climatologie, on trouve par contre des informations sur tous les éléments météorologiques constitutifs du climat.

En ce qui concerne ce dernier point, les informations contenues dans les diverses publications citées nous ont paru trop lacunaires pour permettre une approche différenciée de la construction agricole. En effet, et comme nous l'avons déjà souligné plus haut, les tableaux climatologiques ne se rapportent qu'à des points précis et étroitement délimités du territoire. Les cartes de l'Atlas sont établies à une échelle insuffisante pour la plupart des praticiens.

C'est la raison pour laquelle nous avons pensé, en étroite collaboration avec la Commission suisse de normalisation pour les abris pour les animaux, à établir une vue d'ensemble des conditions de chaleur, respectivement de froid régnant dans notre pays.

Les cartes d'indices de chaleur et d'indices de froid sont appelées à aider à la solution de deux problèmes lancinants de la construction des étables à savoir: le dimensionnement des murs et l'établissement des systèmes d'aération.

4. La température considérée à elle seule

La température de l'air extérieur doit être envisagées sous deux aspects lors de l'établissement des plans de construction. Il faut considérer son influence d'une part sur la température extérieure des murs et d'autre part sur le volume d'air à insuffler à l'intérieur des locaux.

En ce qui concerne les murs, la température de l'air extérieur n'est qu'un des éléments à considérer. Il s'agit en effet d'une action combinée de trois, voire de quatre éléments météorologiques: le rayonnement, la température, le vent, dans certains cas les précipitations. Mais tous ces éléments sont soumis au cours de la journée à de fortes fluctuations. Le mur sert d'écran entre ces conditions très variables et l'intérieur où le microclimat doit être maintenu dans des limites beaucoup plus étroites pour rester optimum. Ceci montre par lui-même que la recherche de conditions stables ne variant pratiquement pas n'est pas indispensable. Les parois des abris pour les animaux doivent être un écran contre les variations permanentes des éléments extérieurs. Leurs fluctuations doivent seulement être atténuées. En effet, tous nos animaux de rente proviennent d'espèces ayant vécu à l'extérieur, c'est-à-dire ayant été soumises à de telles fluctuations et pouvant leur résister. Leur constitution nécessite même, pour bien des formes du métabolisme, des fluctuations régulières de la température, de la luminosité, voire de l'humidité. Des écrans trop perfectionnés iraient donc à fin contraire.

Les écrans que constituent les murs répercutent les fluctuations de leur température extérieure sur leur température intérieure avec un certain retard. Ils jouent donc le rôle de volant thermique. Pour que la température s'abaisse sensiblement sur la face intérieure d'un mur, il faut qu'elle reste très basse pendant un temps assez long sur sa surface extérieure. Le facteur durée doit donc jouer un rôle non négligeable dans l'analyse climatologique.

En outre, nos animaux domestiques présentant une certaine résistance naturelle à des conditions défavorables, il n'est donc pas absolument indispensable que les conditions microclimatiques idéales ou optimum soient maintenues en permanence. Il est possible, en termes économiques, d'admettre un certain risque de franchissement de l'optimum soit vers le haut, soit vers le bas.

L'importance de ce risque encouru dépendra de l'exploitation elle-même. Il ne peut être chiffré de façon universellement valable.

Dans ses ouvrages, Reidat (1960) a mis l'accent sur ces deux éléments d'appréciation à savoir la durée et le risque encouru. C'est la raison pour laquelle nous nous référons à eux dans la suite de notre démarche.

Pour les autres éléments (rayonnement et vent) METEOPLAN retient également les deux notions de durée et de risque.

5. Les indices de froid (Primault, 1982)

A l'origine des discussions au sein de la Commission suisse du climat des étables, deux méthodes de calcul ont été proposées pour l'établissement de cartes d'indices de froid: selon Primault, on utiliserait tout simplement les minimums moyens (en partant des délais d'observation), selon Schreiber, on calculerait un indice spécial en utilisant la formule:

$$I_f = 3 (\overline{t_i}) + \overline{t_{\min}} \quad [1]$$

où I_f est l'indice recherché, $\overline{t_j}$ la moyenne longue du mois de janvier et $\overline{t_{\min}}$ le minimum moyen (en partant des relevés du thermomètre à minimum).

Si la première de ces méthodes tenait dans une certaine mesure compte de la répartition des fréquences, la seconde ne s'y rattachait d'aucune manière. En effet, l'indice proposé par Schreiber ne fait pas usage de relations de fréquence, alors que le minimum moyen représente à $\pm 0,2$ °C (du moins pour la Suisse) le minimum utile (10% des valeurs les plus basses) des minimums journaliers de l'hiver (décembre, janvier et février).

Cependant, ni l'une ni l'autre des méthodes proposées ne tenait compte d'une grandeur très importante dans le refroidissement des constructions: la durée de l'action du froid.

Grâce aux travaux de Reidat, on possède pour un certain nombre de stations allemandes des courbes de fréquence pour la durée (nombre de jours consécutifs) où la température journalière moyenne a franchi certains seuils.

En outre, ne disposant pas de valeurs expérimentales in situ de la pénétration du froid au travers de murs de diverses conceptions, on a utilisé les valeurs couramment employées par les architectes et provenant d'essais en laboratoire. En comparaison avec le "climat idéal" contenu dans les tables de la norme, on a adopté la durée du franchissement de -4 °C une année sur cinq comme valeur comparative.

Toutefois, vu le nombre restreint de valeurs disponibles (12 pour l'Allemagne et aucune pour la Suisse), il devenait indispensable de trouver une autre valeur qui s'apparente fort à celles tirées des courbes de Reidat, mais qui soit calculée pour un très grand nombre de stations. On a retenu le nombre de jours de glace (maximum de la journée inférieur à $0,0$ °C au thermomètre à maximum en Allemagne, à la plus haute valeur observée en Suisse) des mois d'hiver.

A la figure 1, nous donnons la comparaison des quatre valeurs et nous pouvons constater que la relation entre les durées de froid de Reidat sont en étroite corrélation avec le nombre correspondant de jours de glace.

Ne disposant pas de valeurs suisses correspondant à celles fournies par les services climatologiques allemands, nous avons pourtant voulu voir si la dispersion obtenue pour les minimum moyens était du même ordre de grandeur chez nous qu'Outre-Rhin. A la figure 2, nous donnons, graphiquement, cette relation.

Dans ces calculs, nous n'avons jusqu'ici tenu compte que des jours de glace de l'hiver (décembre, janvier et février). Avec l'altitude, il est cependant probable que tous les jours de cette saison deviennent des jours de glace et que l'on en rencontre bon nombre soit avant le 1 décembre, soit après le 28 février. En outre, il serait indiqué de connaître les différences locales ou tout au moins régionales de façon aussi nuancée que possible.

C'est la raison pour laquelle nous avons mis en relation le nombre moyen de jours de glace de l'hiver et celui de l'année entière (cf. figure 3.). On peut alors constater un rapport étroit de 1 : 1 jusqu'à 20 jours. De là, une dispersion apparaît, dispersion qui va en augmentant assez rapidement, mais sans devenir gênante, car les points restent groupés selon des lignes de force régionales. En outre, comme dans la zone couverte par les stations allemandes (de 13 à 23 jours), les différences sont minimales, voire nulles, nous avons utilisés le nombre total annuel de jours de glace pour établir notre carte de Suisse. De ce fait, nous avons certainement augmenté sensiblement le nombre de zones, mais nous sommes persuadé que cela rend mieux l'augmentation de la durée et de la fréquence du froid que l'on constate chez nous avec l'altitude et en comparant certaines régions (fonds de vallées) à d'autres (pentes d'exposition différentes ou flancs sud et nord de chaînes de montagne).

Enfin, dans certaines parties du pays, le passage d'une zone à l'autre se produit sur de si petites distances horizontales que le dessin en devenait techniquement impossible. Nous avons alors réuni 3 zones en une seule. L'architecte saura interpréter le dessin au vu de ses besoins.

6. Les indices de chaud (Primault, 1981)

Comme pour les indices de froid, on disposait à l'origine de deux propositions quant à la manière de procéder. La première (Primault), s'appuyait sur le fait que le maximum moyen (en partant des délais d'observation) correspondait assez exactement au maximum utile des températures maximum journalières des mois d'été (juin, juillet et août). Il préconisait donc d'utiliser simplement cette valeur. La seconde (Schreiber) donnait pour base la formule suivante:

$$I_C = \frac{\overline{t_{vij}} + \overline{t_{max}}}{2} \quad [2]$$

où I_C est l'indice recherché, $\overline{t_{vij}}$ la température moyenne de juillet et $\overline{t_{max}}$ le maximum annuel moyen (en partant des relevés faits au thermomètre à maximum),

En comparant les valeurs obtenues pour quelques stations suisses selon ces deux procédés (cf. figure 4.), on doit constater qu'à part un léger décalage, il n'y a pas de différence notable entre les deux. Comme nous ne disposons que de peu de valeurs du thermomètre à maximum, nous avons retenu le premier procédé pour le tracé de la carte.

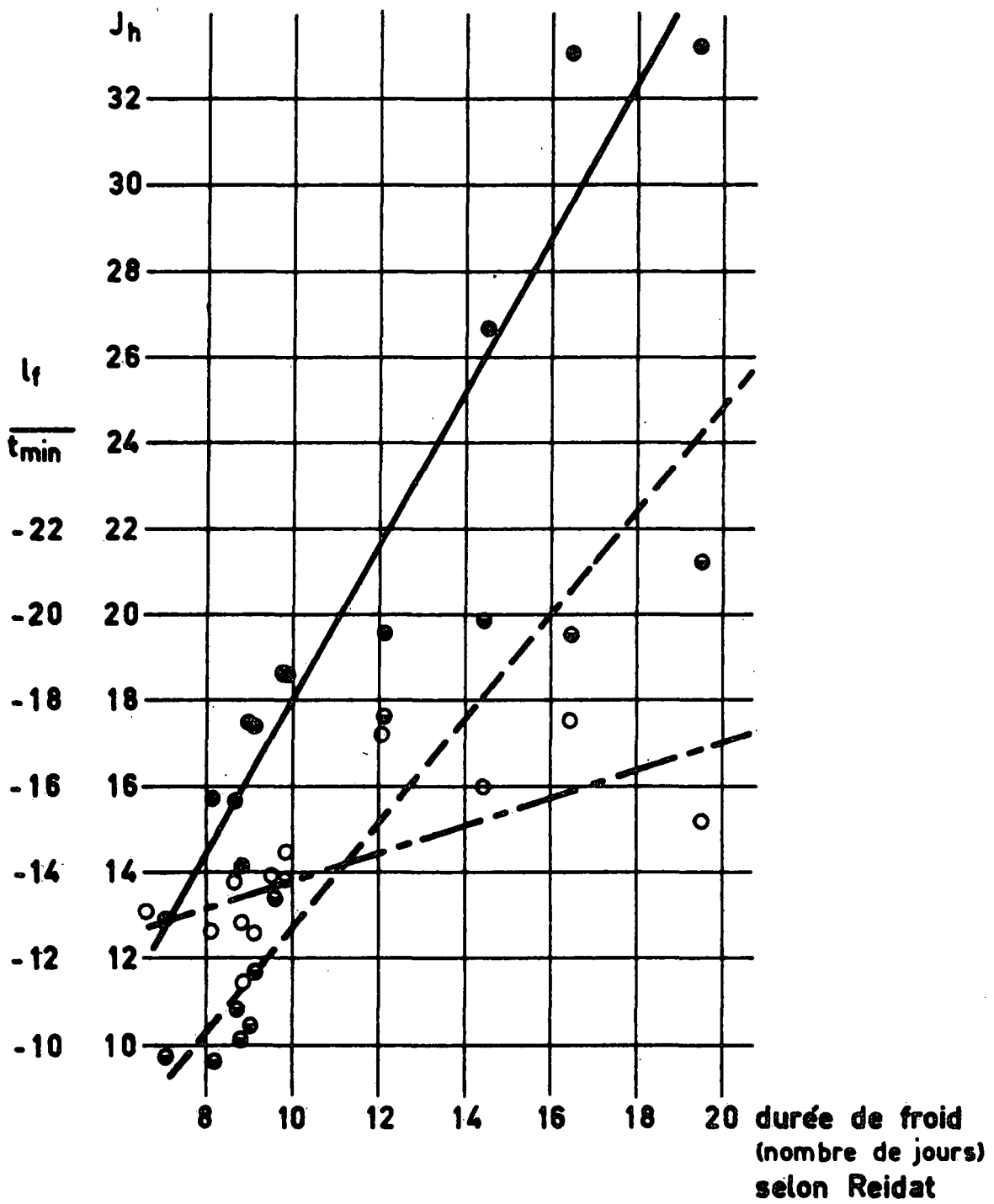
7. Documents supplémentaires

Les deux cartes dont il est fait mention ci-dessus (indice de froid et indices de chaud) ont été publiées par les soins des stations fédérales de recherche d'entreprise et de génie rural à Tänikon dans la série des "Documents suisses d'agrométéorologie".

- Bianca W. Die Anpassung des Haustieres an seine klimatische Umgebung. Schweizerische landwirtschaftliche Forschung. Vol. 10. Heft 2/3. 1971. pp 155-205.
- Bianca W. and Näf F. Responses of Cattle to the Combined Exposure to Diurnal Temperature Rythm (-5 to 25°C) and to Simulated High-Altitude (4'000m). International Journal of Biometeorology. Vol. 23. No 4. 1979. pp 299-310.
- Cena M. und Courvoisier P. Untersuchungen über die physikalischen Faktoren des Stallklimas unter besonderer Berücksichtigung der Abkühlungsgrösse. Schweizer Archiv für Tierheilkunde. Band XCI. Heft 5. 1949. SS 303-336.
- Cena M. und Courvoisier P. Die Bedeutung der Ultraroten Wärmestrahlung für die Abkühlungsgrösse im Stall. Schweizer Archiv für Tierheilkunde. Band XCI. Heft 7. 1949. SS 459-468.
- Cena M. und Courvoisier P. Die Reflexionseigenschaften des Felles bei der Schweizer Braunviehrasse. Schweizer Archiv für Tierheilkunde. Band XCII. Heft 2. 1950
- Primault B. Indices de chaleur. Documents suisses d'agrométéorologie. No 201. 1981.
- Primault B. Indices de froid. Documents suisses d'agrométéorologie. No 202. 1982
- Reidat R. Klimadaten für Bauwesen und Technik (Lufttemperatur). Berichtes des Deutschen Wetterdienstes. Band 9. Nr. 64. 1960. SS 64/1-64/7 + Anhang (Tabellen und Figuren).

Adresse de l'auteur:

B. Primault, Dr. Ing.
Météorologie agricole et biométéorologie humaine
Institut suisse de météorologie
Case postale
CH-8044 Zurich



--- o $\overline{t_{\min}}$ u - · - t_f z — · J_h y

$$-u = 0,32x + 10,6$$

$$r = 0,683$$

$$-z = 1,21x + 0,6$$

$$r = 0,948$$

$$y = 1,79x + 0,2$$

$$r = 0,974$$

Fig. 1: Comparaison des méthodes

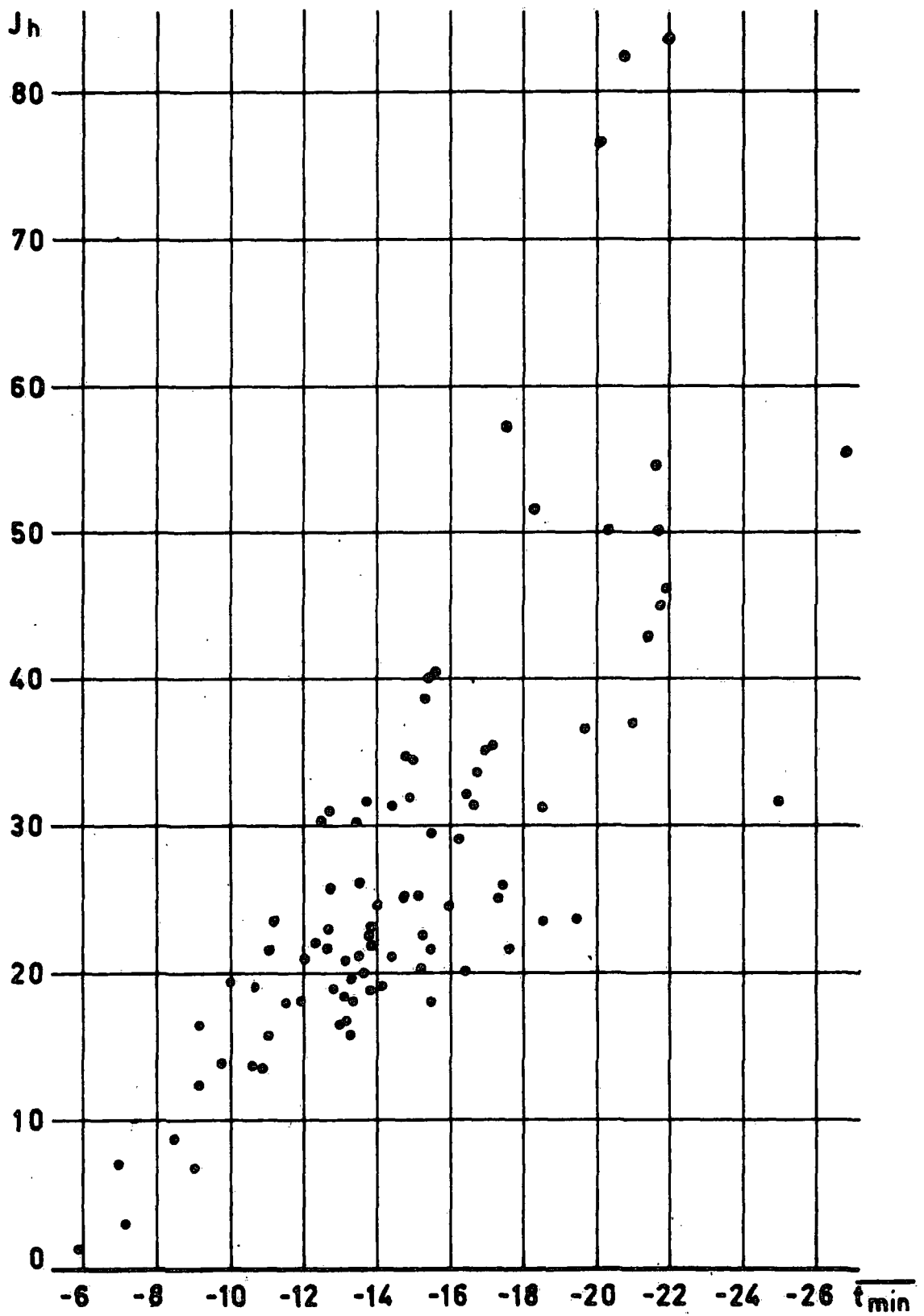
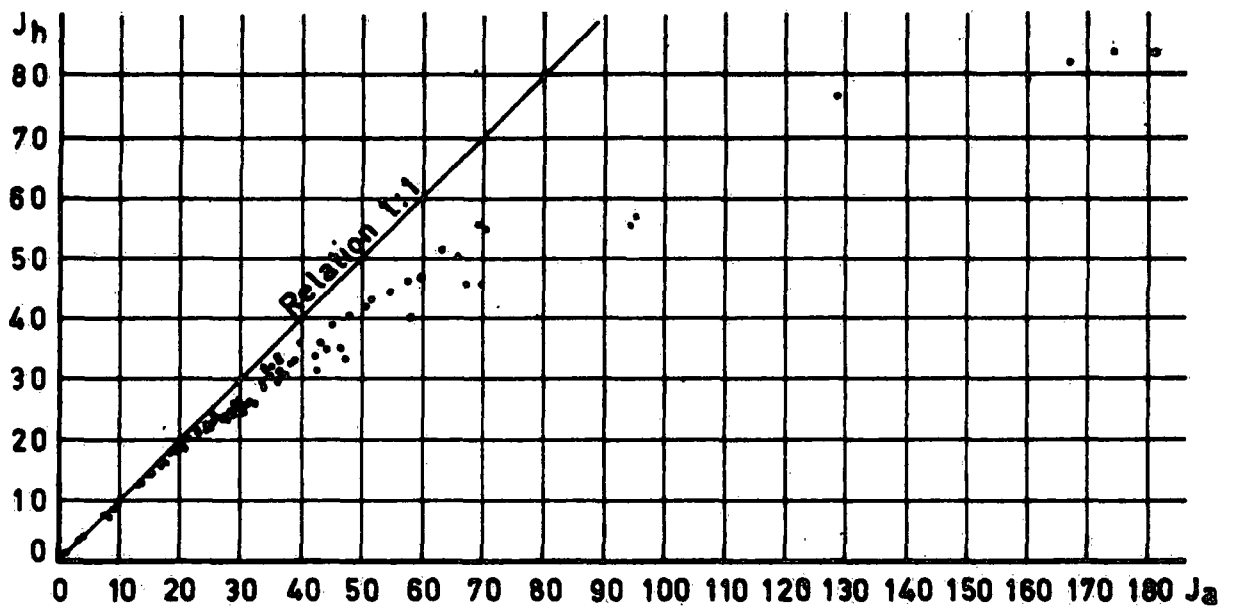
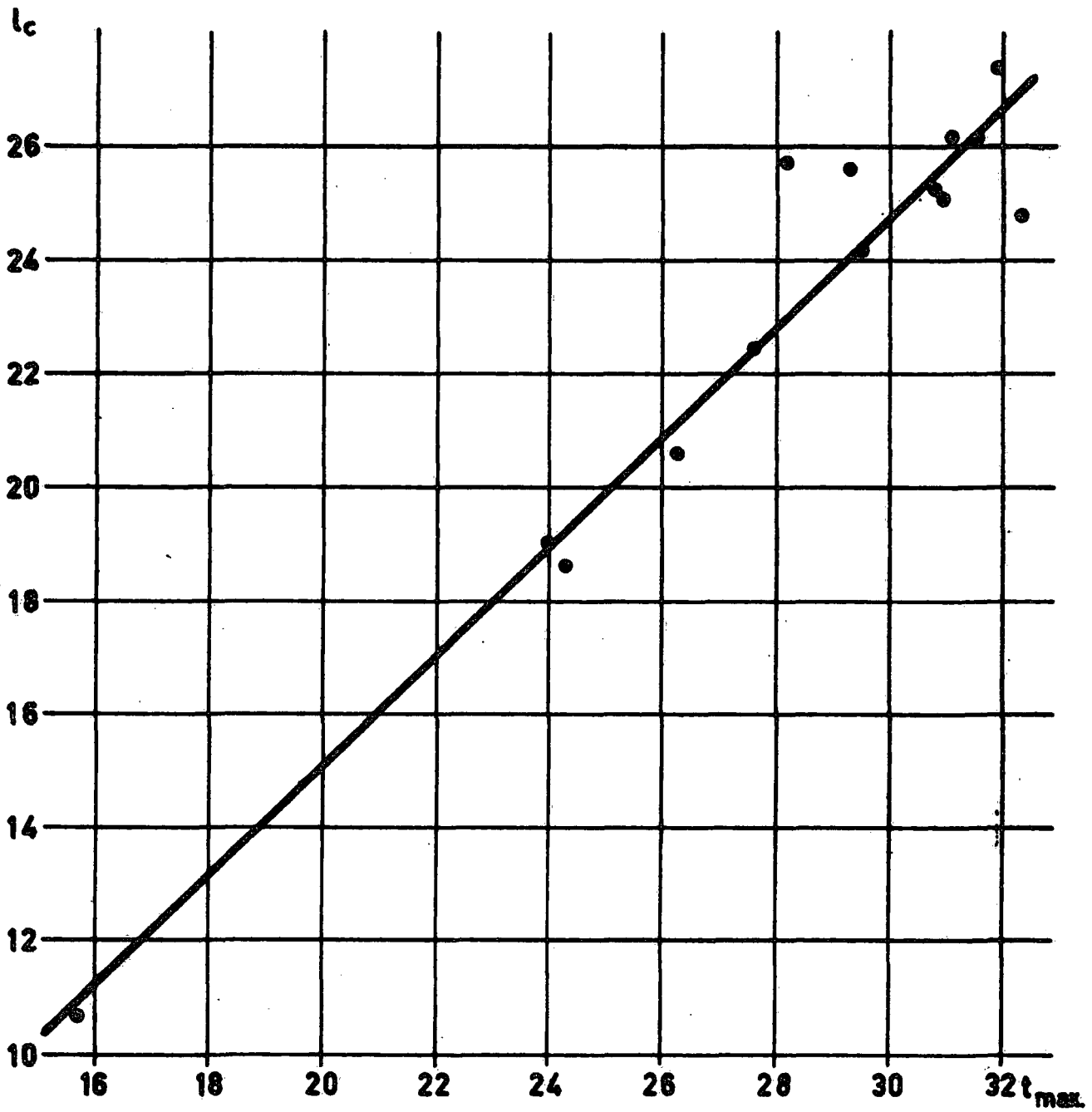


Fig. 2: Nombre de Jours de glace de l'hiver (J_h) et minimum moyen ($\overline{t_{min}}$)



J_h = Nombre de jours de glace de l'hiver
 J_a = Nombre de jours de glace de l'année

Fig. 3: Comparaison des nombres de jours de glace



$y = 0,966x - 4,19$ $r = 0,968$

Fig. 4: Comparaison des indices de chaud

