

Zeitschrift: Technique agricole Suisse
Herausgeber: Technique agricole Suisse
Band: 46 (1984)
Heft: 15

Artikel: Le calcul relatif à l'équilibre thermique dans les étables
Autor: Stuber, A:
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1083996>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

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

Le calcul relatif à l'équilibre thermique dans les étables

A. Stuber

Dans l'exploitation animale, le climat de l'étable représente un facteur relatif à l'environnement important. Il influence la santé et la performance des bêtes vivant dans l'étable et des hommes qui y travaillent. De plus, il aide à déterminer l'état et la durabilité des bâtiments ruraux. Cet article présente les normes suisses pour le climat d'étables, qui contiennent toutes les bases, les données et les procédés de calculs ainsi que les exemples de calculs.

Le climat de l'étable idéal, mentionné dans les tableaux, doit être maintenu durant toute l'année, malgré les conditions estivales et hivernales divergentes et les influences atmosphériques irrégulières. Pour ce qui est des températures d'air, une étable est en ordre quand les pertes de chaleur par les matériaux qui forment l'enceinte de la construction (Q_B) et les besoins thermiques pour la ventilation nécessaire (Q_L) sont équilibrés par un potentiel thermique à valeur égale des bêtes (Q_{Ti}). Si ce dernier n'est pas suffisant, il faut chauffer par installation complémentaire (puis-

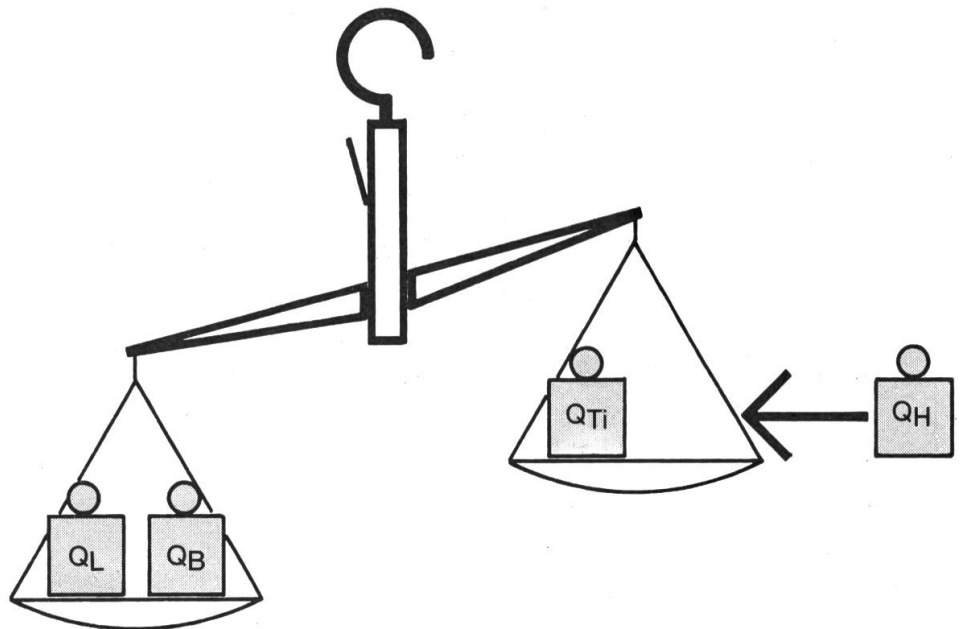


Fig. 1: Présentation graphique de l'équilibre thermique.

sance calorifique = Q_H), comme par exemple dans les porcheries pour porcelets (fig. no. 1). Le problème est plus compliqué quand la chaleur produite par les bêtes ne peut plus s'éliminer et quand des conditions idéales ne sont possibles que moyennant un refroidissement artificiel (quote-part d'air, été). Pour un bon climat de l'étable, il faut tenir compte des facteurs suivants, en plus des valeurs de calcul pour l'équilibre thermique:

- l'emplacement du bâtiment par rapport aux points cardinaux et aux bâtiments voisins

(l'exposition par rapport aux vents et aux intempéries),

- le matériau et le poids de la carcasse du bâtiment (la capacité d'emmagasinement de chaleur),
- la disposition des couches de la construction extérieure (la diffusion de vapeur),
- le système d'évacuation du fumier ainsi que le procédé du nettoyage des étables (les gaz toxiques, la poussière, le taux d'humidité complémentaire).

Formule 1

$$Q_B = (F_1 \cdot k_1 + F_2 \cdot k_2 + \dots F_n \cdot k_n) \cdot \Delta t$$

Q_B = la perte de chaleur par les matériaux qui forment l'enceinte de la construction en W.

F = la surface des matériaux en m^2

k = le coefficient de transmission calorifique en W/m^2K

Δ = la différence de température $t_i - t_a$ en Kelvin (K)

La perte de chaleur par les matériaux

Avant tout, il faut évaluer la perte de chaleur par les matériaux qui forment l'enceinte de la construction (Q_B) en calculant les surfaces des parois, des plafonds, des portes et des fenêtres; on les multiplie avec les coefficients de transmission calorifique k correspondants et on additionne les résultats obtenus. Le résultat correspond à la perte de chaleur de 1 degré de différence de température (ou à un Kelvin) entre l'air ambiant (t_i) et l'air extérieur (t_a). Pour tenir compte des conditions réelles, il faut encore multiplier le montant mentionné par la différence de température effective entre t_i et t_a (Δt) (voir formule 1).

Exemple

Pour calculer la perte de chaleur par une paroi longitudinale d'une étable à vaches laitières de 24 m de long et de 2,7 m de haut, avec 10 fenêtres de $0,8 \times 1,25$ m ($1,0$ m²) chacune et une porte à deux battants de $0,95 \times 2,10$ m ($2,0$ m²) :

F de la paroi = $24,0 \cdot 2,7 = 64,8$ m², moins les fenêtres et les portes $64,8 - 12,0 = 52,8$ m.

Valeur- k de la paroi $0,55$ W/m²K.

Valeur- k des fenêtres (à simple vitrage) $5,0$ W/m²K.

Valeur- k de la porte (avec isolation) $1,0$ W/m²K.

$t_i = 10^\circ C$

$t_a = -11^\circ C$

$t = 21$ K

selon formule 1.

$Q_B = (52,8 \cdot 0,55 + 10,0 \cdot 5,0 + 2,0 \cdot 1,0) 21 = 1701$ W

La plus grande part de la perte de chaleur de cette paroi traverse les fenêtres à simple vitrage.

En tant que **coefficient de transmission calorifique k** , on désigne la valeur isolante d'une construction. Elle indique quelle est la chaleur en watt à un degré de différence de température (1 Kelvin) entre la surface intérieure et la surface extérieure qui se perd par m² d'une partie de bâtiment. Attention: plus la valeur- k est minime (les pertes de chaleur sont donc faibles) et plus l'isolation est considérée bonne.

Les conditions en Suisse sont extrêmement variées; elles dépendent des conditions d'altitude très différentes de la plaine jusqu'à la montagne. Dans les cartes climatologiques les températures d'air extérieur pour l'hiver et l'été sont indiquées à l'échelle de 1 : 300'000. Avec une différence de température d'un Kelvin d'une zone de climat à l'autre, on obtient 21 zones de climat à raison de $-6^\circ C$ jusqu'à $26^\circ C$ d'indices de froid. Là, où

Tableau no. 1: Les coefficients de transmission calorifique conseillés pour les parois et les plafonds

Partie de bâtiments		valeur- k en plaine W/m ² K	valeur- k en montagne W/m ² K
Parois	la maison d'habitation	0,6	0,5
	étable pour bovins	0,6	0,5
	étable à veaux	0,5	0,4
	la porcherie	0,5	0,4
Plafonds/ toiture	la maison d'habitation	0,5	0,4
	étable pour bovins	0,6	0,5
	étable à veaux	0,5	0,4
	la porcherie	0,5	0,4

Tableau no. 2: Les coefficients de transmission calorifique conseillés pour les fenêtres et les portes

Parties de bâtiment	valeur- k W/m ² K
Portes extérieures non isolées	4,0
Portes extérieure isolées	1,0
Fenêtres à simple vitrage	3,0
Fenêtres à double vitrage	2,5

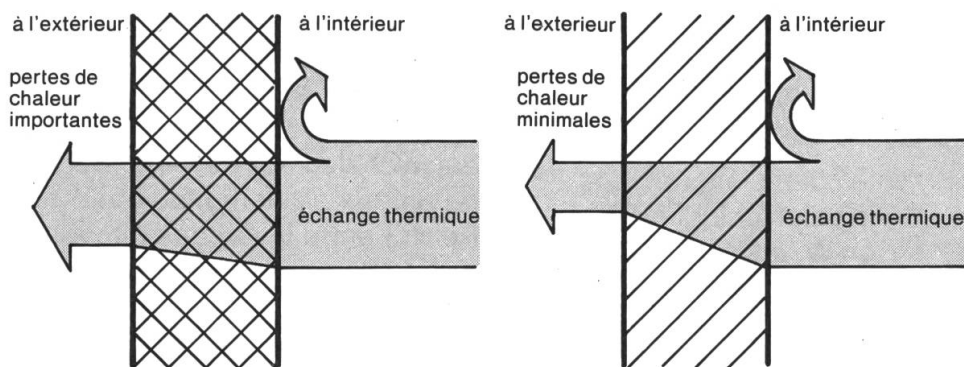


Fig. 2: Echange de chaleur avec isolation (à droite) et sans isolation (à gauche).

Tableau no. 3: La teneur en vapeur d'eau x l'enthalpie i d'air à une humidité relative de 100 % (suivant le Docteur Schreiber, Stuttgart-Hohenheim)

t_a °C	x_a g/m ³	i_a Wh/m ³	t_a °C	x_a g/m ³	i_a Wh/m ³
- 6	2,87	- 0,03	- 16	1,22	- 4,95
- 7	2,64	- 0,56	- 17	1,12	- 5,42
- 8	2,43	- 1,08	- 18	1,02	- 5,88
- 9	2,24	- 1,58	- 19	0,93	- 6,37
- 10	2,05	- 2,08	- 20	0,85	- 6,81
- 11	1,89	- 2,58	- 21	0,77	- 7,24
- 12	1,73	- 3,06	- 22	0,70	- 7,68
- 13	1,59	- 3,54	- 23	0,63	- 8,12
- 14	1,46	- 4,03	- 24	0,57	- 8,56
- 15	1,33	- 4,49	- 25	0,52	- 9,01
			- 26	0,47	- 9,45

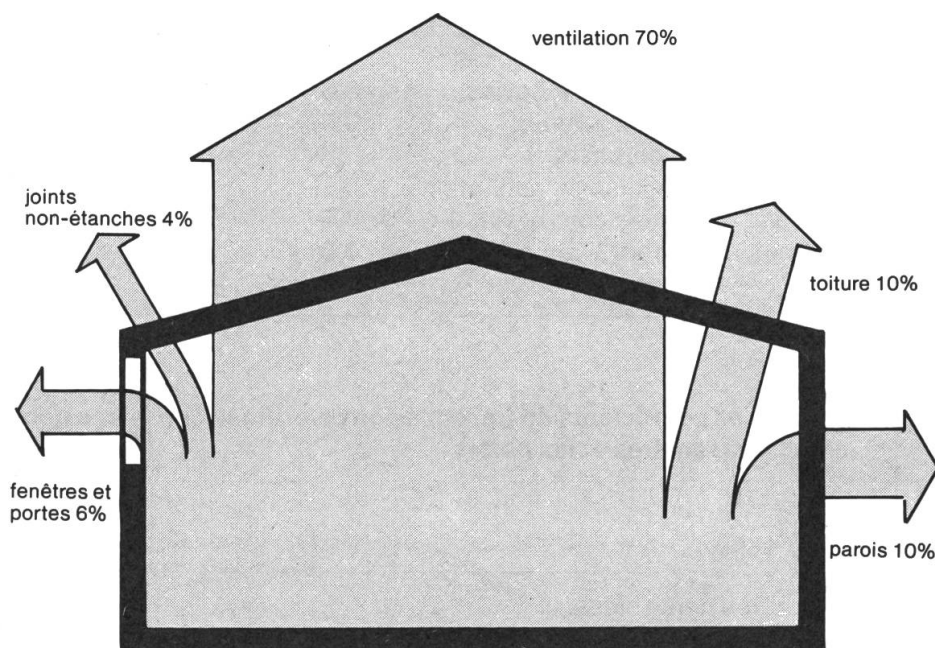


Fig. 3: Perte de chaleur d'une porcherie de porcs d'engraisement (200 bêtes); température d'air extérieur d'environ -10° C.

pour des raisons d'un manque de vue d'ensemble complète, cette grande différenciation n'a pu être établie, nous avons chaque fois résumé des différences de 3 Kelvin pour une zone de climat.

Dans ces cas-là, il suffit d'utiliser la moyenne pour obtenir les valeurs de calcul.

La carte climatologique «été» permet de tirer les valeurs nécessaires afin de calculer les quantités d'air indispensables pour que l'air ambiant ne dépasse pas l'air extérieur de plus de 2,3 ou 4 Kelvin.

Les tableaux no. 4-6 suffisent pour établir une estimation approximative.

Quote-part de ventilation suivant l'échelle de la vapeur d'eau

A part la perte de chaleur due aux matériaux, les composantes les plus importantes sont représentées par le besoin en chaleur nécessaire à l'élimination des vapeurs d'eau qui s'accumulent (fig. 3). La quantité d'amenée d'air nécessaire (quote-part d'air) se calcule selon la formule 2.

Formule 2

$$V_x = \frac{X_{Ti}}{x_i - x_a}$$

V_x = quote-part d'air en m³/h
 X_{Ti} = production de vapeur d'eau par les bêtes en g/h

x_i = teneur en vapeur d'eau de l'air ambiant en g/m³

x_a = teneur en vapeur d'eau de l'air extérieur en g/m³

Catégorie de bêtes	Poids vif kg	t _j °C	Valeurs de calcul			Indices par bête			Quote-part d'air min. m³/h	Quote-part d'air (été)	
			h _r %	x _j g/m³	i _j Wh/m³	Q _{Ti} W	X _{Ti} g/h	CO ₂ T _i L/h		Δ t = 3K m³/h	Δ t = 4K m³/h
Veaux d'élevage	50	10	80	7,17	8,61	143	50	24	7,5	60	50
	100					238	83	39	12,2	95	70
	150					314	109	51	16,0	130	100
Veaux d'engrais	50	18	70	10,26	13,37	143	78	24	7,5	60	50
	100					272	137	44	13,8	95	70
	50	15	70	8,56	11,17	143	78	24	7,5	60	50
	100					272	137	44	13,8	95	70
150	372					176	61	19,1	130	100	
200	480	206	78	24,4	165	125					
Elevage de jeune bétail	200	10	80	7,17	8,61	431	153	70	21,9	165	125
	300					543	193	87	27,2	225	170
	400					636	226	104	32,5	275	205
	500					709	252	116	36,3	320	240
Jeune bétail d'engraissement	200	15	80	9,79	12,09	480	206	78	24,4	165	125
	300					640	274	105	32,8	225	170
	400					752	323	124	38,8	275	205
	500					830	356	136	42,5	320	240
Vaches laitières (10 kg lait/jour)	500	10	80	7,17	8,61	821	292	135	42,2	320	240
	600					908	323	149	46,6	350	260
	700					991	352	163	50,9	380	280
Taureaux reproducteurs	1000	10	80	7,17	8,61	991	352	163	50,9	420	320
Agneaux d'engraissement	20	16	80	10,40	12,89	77	37	12	3,8	28	21
	40					113	46	18	5,6	44	33
	20	12	80	8,13	9,96	77	37	12	3,8	28	21
	40					113	46	18	5,6	44	33
Brebis reproduc- trices et laitières	60	12 10 8	80	8,13 7,17 6,31	9,96 8,61 7,28	120	42	20	6,3	52	39
Chevaux	500	15 10 8	70	8,56 6,27 5,52	11,17 7,95 6,70	590	280	98	30,6	225	170
	600	12 10 8	80	8,13 7,17 6,31	9,96 8,61 7,28	678	236	110	34,4	225	170

Tableau no. 5: Valeurs de calcul pour porcs

Catégorie de bêtes	Poids vif kg	tj °C	Valeurs de calcul			Indices par bête			Quote-part d'air min. m³/h	Quote-part d'air (été)	
			hr %	xj g/m³	lj Wh/m³	QTj W	XTj g/h	CO ₂ Tj L/h		Δ t = 2K m³/h	Δ t = 3K m³/h
Porcelets	2	31 28	70	21,39 18,17	25,58 22,40	12	2.2	2	0,62		
	5	28 24 22	70	18,17 14,53 12,96	22,40 18,34 16,58	23	4.1	4	1,25		
	10	22 18	80	14,82 11,72	18,00 14,49	40	17	6	1,88	25	17
	20	22 18	80	14,82 11,72	18,00 14,49	66	28	11	3,44	35	24
Truies reproductrices et verrats	150					216	93	35	10,94	145	97
	200					258	111	42	13,12	185	123
	250	10	80	7,17	8,61	305	131	50	15,62	225	150
	300					349	150	57	17,81	260	175
Truies allaitantes (sans porcelets)	150					309	133	51	15,94	220	145
	200					359	154	59	18,44	280	185
	250	18	80	11,72	14,49	405	172	65	20,31	330	220
	300					450	193	74	23,12	380	255
	150					309	133	51	15,94	220	145
	200					359	154	59	18,44	280	185
	250	14	80	9,21	11,38	405	172	65	20,31	330	220
	300					450	193	74	23,12	380	250
Porcs d'engraissement	20					66	28	11	3,44	36	24
	40					112	48	18	5,62	55	36
	60	18	80	11,72	14,49	151	65	25	7,81	75	50
	80					186	81	31	9,69	91	61
	100					222	95	36	11,25	106	71
	20					66	28	11	3,44	36	24
	40					112	48	18	5,62	55	36
	60	16	80	10,40	12,89	151	65	25	7,81	75	50
	80					186	81	31	9,69	91	61
	100					222	95	36	11,25	106	71

Exemple

Pour calculer la quote-part d'air nécessaire à l'élimination de la vapeur d'eau de 38 vaches de 600 kg de poids vif chacune, et de 12 veaux d'élevage de 100 kg de poids vif chacun, à une température d'air de l'étable de

10° C et une température d'air extérieur de -11° C:

$$X_{Tj} = 38 \cdot 323 + 12 \cdot 83 = 12'274 + 996 = 13'270 \text{ g/h (tableau 4)}$$

$$x_j = \text{à } 10^\circ \text{ C et } 80\% \text{ hr} = 7,17 \text{ g/m}^3 \text{ (tableau 4)}$$

$$x_a = \text{à } -11^\circ \text{ C et } 100\% \text{ hr} = 1,89 \text{ g/m}^3 \text{ (tableau 3)}$$

suivant formule 2:

$$V_x = \frac{13'270}{7,17 - 1,89} = 2'515 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tableau no. 6: Valeurs de calcul pour volaille de rapport

Catégorie de bêtes	Poids vif kg	t _i °C	Valeurs de calcul			Indices par bête			Quote-part d'air min. m³/h	Quote-part d'air (été)	
			hr 04%	x _i g/m³	i _j Wh/m³	QT _i W	XT _i g/h	CO ₂ T _i L/h		Δ t = 1K m³/h	Δ t = 2K m³/h
Poussins	0,05	34	60	21,50	26,54	0,7	0,3	0,11	0,034	0,8	0,4
		30		17,37	22,31						
	0,3	26	60	13,94	18,59	2,8	1,4	0,46	0,144	3,4	1,7
		22		11,11	15,18						
Poulettes volailles d'engraissement	0,5	21	70	12,24	15,81	4,1	2,0	0,66	0,206	5,0	2,5
		18		10,26	13,37						
	1,0	20	70	11,54	14,94	6,7	3,3	1,10	0,344	8,0	4,0
		18		10,26	13,37						
	1,5	18	70	10,26	13,37	9,2	4,5	1,50	0,469	10,0	5,0
		17		9,66	12,59						
Poules pondeuses	1,5	22	80	14,82	18,00	9,2	4,5	1,50	0,469	10,0	5,0
		20		13,19	16,02						
		18		11,72	14,49						
	2,0	20	80	13,19	16,02	11,4	5,6	1,86	0,581	12,0	6,0
		18		11,72	14,49						
Bêtes de première génération	2,5	18	80	11,72	14,49	13,6	6,7	2,20	0,688	13,0	6,5
		15		9,79	12,09						
	4,0	18	80	11,72	14,49	20,6	10,1	3,40	1,062	15,0	7,5
		15		9,79	12,09						

Perte de chaleur par ventilation

Pour obtenir la perte de chaleur par ventilation (Q_L), il faut multiplier la quote-part d'air calculée (V_x) avec la différence des enthalpies entre l'air ambiant et l'air extérieur (formule 3).

Formule 3

$$Q_L = V_x \cdot (i_j - i_a)$$

Q_L = perte de chaleur par la ventilation en W
i_j = enthalpie de l'air ambiant en Wh/m³
i_a = enthalpie de l'air extérieur en Wh/m³

Exemple

Détermination de la perte de chaleur (Q_L) de la quote-part d'air calculée selon l'exemple ci-devant (V_x) de 2'515 m³/h.

i_j = à 10° C et 80% hr = 8,61 Wh/m³ (tableau 4)
i_a = à -1° C et 100% hr = -2,58 Wh/m³ (tableau 3)
suivant formule 3:

$$2'525 \cdot (8,61 - (-2,58)) = 2'515 \cdot 11,19 = 28'145 \text{ W}$$

Selon le tableau no. 4, le potentiel thermique des bêtes s'élève à un total de 37'360 W (38 vaches à 908 W chacune = 34'404 W et 12 veaux à 238 W chacun = 2'856 W).

Afin d'éliminer 28'145 W de vapeur d'eau (Q_L), on a besoin de 75% de la production thermique totale des bêtes. La perte de chaleur par les matériaux (Q_B)

ne peut donc pas dépasser 25% si l'on ne veut pas installer de chauffage.

Quote-part de ventilation selon l'échelle de l'anhydride carbonique

L'anhydride carbonique CO₂ qui provient de la respiration des bêtes ne doit pas atteindre une concentration telle que la santé et la performance de l'homme et des bêtes soient mises en danger. La concentration maximale de CO₂ dans les étables a été fixée à 3,5 litre par m³ d'air ambiant (0,35 vol.% ou 3'500 ppm). Etant donné que l'air frais contient déjà 0,03 vol.% CO₂, la

quote-part d'air correspondante se calcule suivant la formule 4.

Formule 4:

$$V_{CO_2} = \frac{CO_2 Ti}{3,5 - 0,3} = \frac{CO_2 Ti}{3,2}$$

V_{CO_2} = quote-part d'air selon l'échelle de l'anhydride carbonique en m^3/h

$CO_2 Ti$ = production d'anhydride carbonique des bêtes en l/h.

Exemple

Pour calculer la quote-part d'air selon l'échelle de l'anhydride carbonique pour 38 vaches de 600 kg de poids vif chacune et pour 12 veaux de 100 kg de poids vif chacun:

$CO_2 Ti = 38 \cdot 149 + 12 \cdot 468 = 5'662 + 468 = 6'130$ litre/h (tableau no. 4) suivant la formule 4:

$$V_{CO_2} = \frac{6'130}{3,2} = 1'915 m^3/h$$

La quote-part d'air minimale

La quote-part d'air minimale correspond à la plus importante des deux quotes-parts d'air. C'est la raison pour laquelle dans l'exemple ci-devant, la quote-part d'air s'établit selon l'échelle de la vapeur d'eau V_x avec $2'515 m^3/h$.

Des quantités de chaleur considérables sont nécessaires afin de pouvoir éliminer complètement par voie d'air la vapeur d'eau qui s'accumule. Toutefois, celles-ci ne sont pas illimitées. Nous tenons à souligner que le

calcul que nous vous donnons ci-dessus devrait être établi avant chaque projet de construction. Il permet de calculer l'énergie existante de façon équilibrée.

Littérature

Commission suisse pour climat des étables.

Normes Suisses pour climat des étables 1983.

ETH-Z Institut pour la production animale.

Groupe physiologie et Hygiène 8092 Zurich.

Dr. B. Primault

Cartes climatologiques à l'échelle 1:300'000.

Annexe aux normes suisses pour climat des étables.

Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural, 8355 Tänikon.

Association suisse des ingénieurs et des architectes.

Normes SIA no. 180

Recommandation pour le revêtement calorifique dans la construction en surface.

Normes SIA no. 381/1.

Valeurs-k des matériaux.

Des demandes éventuelles concernant les sujets traités ainsi que d'autres questions de technique agricole doivent être adressées aux conseillers cantonaux en machinisme agricole indiqués ci-dessous. Les publications et les rapports de texts peuvent être obtenus directement à la FAT (8355 Tänikon) (Tél. 052 - 47 20 25, bibliothèque).

BE	Furer Willy, 2710 Tavannes	Tél. 032 - 91 42 71
FR	Lippuner André, 1725 Grangeneuve	Tél. 037 - 82 11 61
TI	Müller A., 6501 Bellinzona	Tél. 092 - 24 35 53
VD	Gobalet René, 1110 Marcelin-sur-Morges	Tél. 021 - 71 14 55
VS	Balet Michel, Châteauneuf, 1950 Sion	Tél. 027 - 36 20 02
GE	A.G.C.E.T.A., 15, rue de Sablières, 1214 Vernier	Tél. 022 - 41 35 40
NE	Fahrni Jean, Le Château, 2001 Neuchâtel	Tél. 038 - 22 36 37
JU	Donis Pol, 2852 Courtemelon/Courtételle	Tél. 066 - 22 15 92

Les numéros du «Bulletin de la FAT» peuvent être obtenus par abonnement auprès de la FAT en tant que tirés à part numérotés portant le titre général de «Documentation de technique agricole» en langue française et de «Blätter für Landtechnik» en langue allemande. Prix de l'abonnement: Fr. 30.- par an. Les versements doivent être effectués au compte de chèques postaux 30 - 520 de la Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural, 8355 Tänikon. Un nombre limité de numéros polycopiés, en langue italienne, sont également disponibles.