

## Comparaison des coûts de la construction en Suisse, en Autriche, en Allemagne et en France

### Pourquoi le coût des bâtiments agricoles est-il si élevé en Suisse?

Ludo Van Caenegem, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Les bâtiments constituent un facteur de production considérable dans l'élevage d'animaux de rente. Pour produire à moins de frais, des économies sont nécessaires également dans le domaine de la construction. En jetant un coup d'œil de l'autre côté de la frontière, nous pourrions découvrir des moyens de réduire les coûts de construction.

Pourquoi le coût de construction est-il plus bas dans les pays voisins de la Suisse? Est-ce que les investissements plus faibles sont la conséquence de prescriptions divergentes en ce

qui concerne la protection des animaux, des eaux et du paysage? Ou dépendent-ils principalement de facteurs de coûts liés à la construction, comme le choix des matériaux, les concepts de construction, la réalisation, les niveaux de salaire, les coûts de planification et les prestations propres?

La comparaison des prescriptions et des décomptes de frais de construction détaillés de quelques bâtiments appropriés en Autriche, en Allemagne et en France montrent que les différences au niveau des directives

ou le manque de directives n'expliquent par les coûts de construction inférieurs. La différence de coûts entre la Suisse et les pays voisins est due à l'importance des prestations propres, à des prétentions salariales modestes, aux faibles exigences en terme de perfection, au coût réduit de la main-d'œuvre et des matériaux, ainsi qu'à la planification bon marché offerte par les chambres d'agriculture en Autriche et en France. Par ailleurs, le faible coût des constructions est également dû à des modes de construction standard ainsi qu'à l'existence d'entreprises qui se sont spécialisées dans la construction d'étables, de silos et de fosses à lisier. Certains concepts d'étables utilisés à l'étranger pourraient également être intéressants pour la Suisse.



Fig.1: Etable spacieuse non isolée avec enveloppe de bâtiment très simple. Toiture légère avec tôle trapézoïdale autoportante.

Sommaire	Page
Problématique	2
Prescriptions	2
Relevé des coûts de construction	5
Adéquation des méthodes de construction étrangères à la situation suisse	10
Conclusions	11
Bibliographie	12

## Problématique

Il est incontestable que les investissements nécessaires pour les bâtiments agricoles sont moins élevés dans les pays voisins qu'en Suisse. Le coût des bâtiments est-il réellement aussi bas qu'on le prétend? Quelles sont les véritables causes qui expliquent que le coût des bâtiments soit meilleur marché chez nos voisins? Les prescriptions sont-elles moins sévères en ce qui concerne la protection des animaux, la protection des eaux ou encore les questions de statique? Les exigences en termes de perfection et d'esthétique sont-elles moins élevées ou faut-il chercher une aide publique parfois cachée? Dans quelle mesure, des concepts de construction plus simples, un volume accru de prestations propres, des modes de construction standard, des éléments préfabriqués et des coûts de matériaux plus bas permettent-ils de réaliser des économies? Le décompte détaillé des coûts de construction de différents bâtiments étudiés permet d'établir précisément quels sont les coûts réels en Autriche, en Allemagne et en France. Par ailleurs, tous les types de construction pratiqués à l'étranger ne conviennent pas forcément pour la Suisse et tous ne permettraient pas de réaliser des économies significatives. Enfin, il ne faut pas perdre de vue les exigences minimales par rapport à l'esthétique du bâtiment.

## Prescriptions

### Protection des animaux

La protection des animaux n'a pas la même importance dans tous les pays. Tout comme la Suisse, le Vorarlberg possède une Ordonnance sur la protection des animaux, qui régleme la dimension des systèmes de stabulation. L'Ordonnance est un peu plus stricte dans le Vorarlberg que dans les autres Länder autrichiens. Les dispositions relatives à la litière, au climat d'étable, à la lumière du jour, aux possibilités de mouvement, aux dispositifs de fixation des animaux, à la stabulation entravée pour les veaux, ainsi qu'aux caillebotis intégraux pour bovins correspondent plus ou moins aux dispositions suisses. Les exigences por-

**Tab. 1: Dimensions du système de stabulation pour vaches laitières dans les exploitations visitées en Autriche (A), en Allemagne (D) et en France (F) en comparaison avec les mesures minimales en Suisse selon la Loi sur la protection des animaux.**

		CH	A	D	F
Largeur de la logette	m	1,25–1,31	1,25	1,20–1,25	1,20
Longueur de la logette adossée au mur	m	2,40–2,60	2,50–2,60	2,50–2,60	2,60–2,80
Longueur de la logette opposée	m	2,20–2,35	2,50–2,60	2,40–2,50	2,50–2,60
Largeur de l'aire d'alimentation	m	3,20–3,30	2,90–3,90	3,20–3,50	3,50–4,50
Place à la mangeoire	m	72–80	78–110	69–77	72–75
Nombre d'animaux par place à la mangeoire	NA/PM	1:1	1:1	1:1	1:1
Largeur du couloir	m	2,40–2,60	2,00–2,75	2,50	2,70–3,00
Aire d'exercice non couverte	m <sup>2</sup> /VL	2,50	0–8,80	0–1,85	0

tant sur la surface de repos non structurée (litière profonde ou litière sur plan incliné) et la largeur du couloir d'alimentation sont parfois inférieures aux dimensions minimales suisses. Ce sont les vétérinaires qui contrôlent le respect des dispositions. Dans un avenir proche, l'Autriche ne comptera plus que des équipements d'étable testés et autorisés, comme c'est le cas actuellement en Suisse.

En Allemagne (Baden-Württemberg), les dimensions n'ont que le caractère de recommandation. Elles ne sont pas contrôlées. Les valeurs indicatives pour les surfaces de repos du jeune bétail et du bétail d'engraissement sont nettement inférieures aux dimensions minimales suisses. Par contre, les dimensions des logettes pour vaches laitières sont parfois supérieures aux dimensions minimales appliquées en Suisse.

En France, il n'existe aucune dimension obligatoire pour les systèmes de stabulation. Les dimensions couramment appliquées tiennent plus à des exigences économiques et fonctionnelles qu'à un souci de protection des animaux. En général, l'aire d'exercice présente des dimensions généreuses. Comme les animaux (à haute productivité) ne peuvent pas prendre d'exercice à l'extérieur en hiver, ils disposent d'une aire d'exercice relativement spacieuse à l'intérieur de l'étable.

Les dimensions relevées dans la pratique, en Autriche, en Allemagne et en France ne se distinguent pratiquement pas des dimensions minimales requises par l'Ordonnance suisse sur la protection des animaux (tab. 1). Le rapport nombre d'ani-

maux / place à la mangeoire (NA/PM) s'élève à 1:1 dans toutes les étables examinées, à une exception près. Les largeurs des couloirs et de l'aire d'affouragement (jusqu'à 4,5 m) offrent beaucoup de marge de manoeuvre aux animaux, notamment dans les étables allemandes et françaises.

### Protection des eaux

Les prescriptions portant sur les dimensions de la fosse et de la fumière sont différentes d'un pays à l'autre, ce qui rend difficile la comparaison avec les prescriptions suisses. De plus, en Autriche comme en Allemagne, les prescriptions ne sont pas uniformes. Elles peuvent différer d'une région à l'autre (Länder).

En **Autriche**, la capacité de la fosse à lisier dépend du taux de dilution. Contrairement à la Suisse, on tient compte du poids vif des vaches laitières. Le volume de fosse à lisier nécessaire pour une vache laitière de 650 kg est au moins de 14,3 m<sup>3</sup> (durée de stockage six mois). Les agriculteurs du Vorarlberg ne bénéficient d'une subvention que si la capacité de stockage atteint au moins six mois dans les régions de plaine et sept mois dans les régions de montagne à plus de 900 m d'altitude. En cas de production de lisier complet, la directive suisse pour la protection des eaux exige une capacité de stockage d'environ 11 m<sup>3</sup> pour quatre mois de stockage et de 16,5 m<sup>3</sup> pour six mois de stockage (y compris eaux résiduaire inhérentes au nettoyage, à la salle de traite, à l'aire d'exercice, etc.). Dans le

Vorarlberg, la production de fumier par vache laitière (650 kg) est comprise entre 13,8 m<sup>3</sup> et 21,4 m<sup>3</sup> par an, suivant le volume de paille employé. Par comparaison, la directive suisse pour la protection des eaux prescrit des quantités comprises entre 11 m<sup>3</sup> (litière profonde avec aire d'alimentation bétonnée) et 14 m<sup>3</sup> (litière sur plan incliné).

En **Allemagne**, c'est la quantité de litière qui détermine les valeurs indicatives pour la production de lisier (purin) et de fumier solide. Dans les stabulations sans paille, on produit du lisier complet; avec des quantités de paille comprises entre 1,5 et 3,0 kg par UGB (500 kg) et par jour, on produit du fumier et du purin; au-delà uniquement du fumier. La fosse à lisier et la fumièrre doivent en principe suffire pour six mois de stockage. Pour une vache laitière de 650 kg, et pour du lisier complet, la valeur indicative de stockage s'élève à 12,4 m<sup>3</sup>. A ceci s'ajoutent les eaux de nettoyage de la salle de traite, ainsi que les eaux usées de la fumièrre et de l'aire d'exercice. Pour une hauteur de stockage de 2,0 m, la fumièrre doit avoir une surface minimum de 4,7 m<sup>2</sup> par vache laitière de 650 kg. Le stockage de jus d'ensilage en provenance du silo-couloir exige un volume représentant au minimum 3 % du volume total du silo. Les surfaces de déchargement du purin, du lisier, du fumier solide et de l'ensilage doivent être recouvertes d'une dalle étanche. L'Office de l'agriculture peut définir les dimensions concrètes de la capacité totale de stockage selon les données spécifiques de l'exploitation.

En **France**, la nouvelle méthode de calcul pour les fosses et les fumièrres est plus complexe qu'en Suisse. Elle distingue les sols bétonnés des caillebotis, les différentes consistances du fumier (riche en paille ou non). Elle tient également compte du niveau de la production laitière, du type de fourrage (herbe, ensilage de maïs, etc.) et du lieu d'affouragement (intérieur/extérieur). Dans certains départements, il est permis de stocker sur la parcelle la litière profonde qui provient de l'étable, à condition qu'elle soit restée au moins deux mois dans l'étable. La durée minimale de stockage du lisier et du fumier est de quatre mois, et de six mois dans certains départements. Le fait de couvrir la fumièrre permet de réduire le volume de stockage du purin (jus de fumier et précipitations) de 25 à 75 % suivant sa consistance. La quantité d'eaux usées provenant de la salle de traite dépend de la taille de l'installation de traite. On distingue d'une part, les eaux



Fig. 2: Pour empêcher que la fosse ne déborde en cas d'orage, on prévoit un dispositif séparateur réglable à deux chambres du type « déversoir d'orage », qui permet l'écoulement des eaux pluviales par infiltration en surface.

Tab. 2: Comparaison entre les capacités de stockage existant dans les exploitations étudiées en Autriche (A), Allemagne (D) et en France (F) et les capacités nécessaires selon la Directive suisse de la protection des eaux pour les fosses à lisier et les fumièrres (durée de stockage de quatre mois).

Exploitation	Capacités observées		Capacités nécessaires en Suisse	
	Fosse à lisier	Fumièrre	Fosse à lisier	Fumièrre
	m <sup>3</sup> /UGB	m <sup>2</sup> /UGB	m <sup>3</sup> /UGB	m <sup>2</sup> /UGB
A1	10,7	–	7,8	1,0
A2	13,7	0,9	12,1	1,2
A3	9,1	–	10,7	0,5
A4	28,2	–	12,0	0,2
D1	16,7	–	11,8	0,2
D2	7,2	1,4	9,0	0,2
D3	12,3	–	10,3	0,2
D4	9,2	–	9,1	0,1
F1	7,0	5,1	5,5	4,4
F2	7,1	7,6	5,0	4,8
F3	18,7	11,2	7,6	2,9

– : aucune donnée

peu souillées de l'installation de traite et du tank de refroidissement du lait, ainsi que celles de la fosse de traite (eaux blanches) et d'autre part, les eaux de nettoyage des boxes de traite et de l'aire d'attente (eaux vertes). Les eaux usées peu souillées peuvent servir au nettoyage de la salle de traite. En principe, il faut non seulement évacuer les eaux de l'aire d'exercice non couverte et de la fumièrre dans la fosse à lisier, mais également nettoyer les voies d'accès à l'étable et les aires de manœuvre du tracteur. Les valeurs indicatives pour la quantité de

jus d'ensilage dépendent de la teneur en MS de l'ensilage. Lorsque la teneur en MS de l'ensilage d'herbe ou de maïs est (toujours) supérieure à 27 %, la production de jus de fermentation est improbable. Pendant la reprise, il faut néanmoins collecter les eaux de précipitations souillées et les évacuer vers la fosse à lisier. Pour éviter l'inondation de la fosse en cas d'orage, on prévoit un dispositif séparateur réglable à deux chambres du type « déversoir d'orage », qui permet l'écoulement des eaux pluviales par infiltration en surface (fig. 2).



Fig. 3: Formes de bâtiments bon marché qui en l'absence d'avant-toits (à gauche) et avec des versants de toiture très longs sans interruption (à droite) s'intègrent difficilement dans le paysage.

La fosse à lisier ne doit pas être remplie à ras bords. Une marge de sécurité en dessous du bord de la fosse (0,25 à 0,5 m suivant le type de fosse) est censée empêcher que la fosse ne déborde en cas d'orage ou lorsqu'il est impossible d'épandre le lisier à temps.

La comparaison des capacités effectives de stockage pour le purin et le fumier dans les exploitations inspectées en Autriche, en Allemagne et en France met à jour d'importantes divergences en ce qui concerne les surfaces et les volumes minimaux nécessaires calculés selon les directives suisses pour la protection des eaux dans l'agriculture (durée de stockage du lisier quatre mois, six mois pour le

fumier), (tab. 2). Dans la plupart des exploitations étudiées, les capacités de stockage sont supérieures aux exigences minimales requises en Suisse.

### Aménagement du territoire

Les prescriptions sont très différentes d'une région à l'autre. Dans le Vorarlberg, dans les régions agricoles sensibles, l'Office d'aménagement du territoire participe à la procédure de délivrance des permis de construire. Ce n'était toutefois pas le cas dans les exploitations étudiées. Dans le Baden-Württemberg, il n'existe aucune directive relative à la conception des bâtiments agricoles. Les bâtiments associent les objectifs purement fonctionnels (constructions préfabriquées industrielles), l'architecture et la protection du paysage et de la nature.

En France, les exigences esthétiques relatives aux bâtiments sont minimales dans de nombreuses régions. Il est seulement recommandé de sélectionner le site de manière à ce que le bâtiment ne soit pas à découvert ou de planter des haies pour limiter la vue. L'implantation des bâtiments est soumise à des directives précises. Les étables, silos, fosses à lisier et fumières doivent en principe respecter une distance minimale de 35 m par rapport aux cours d'eau. La distance minimale par rapport aux bâtiments d'habitation varie de 50 m (< 39 vaches laitières) à 100 m (> 39 vaches laitières). Des exceptions sont possibles pour les petites exploitations.

Certaines des exploitations étudiées ne satisferaient sans doute pas les exigences esthétiques requises dans de nombreuses régions de Suisse. Le manque d'avant-toits ou les pans de toiture non coupés des bâtiments très larges, donne aux étables l'aspect de halles industrielles, difficiles à intégrer dans le paysage (fig. 3).

### Statique des bâtiments

Les normes pour la neige et le vent influencent les coûts de la structure du toit. A une altitude de 400 à 800 m, les valeurs relatives au poids de la neige sont plus élevées en Autriche (Vorarlberg) qu'en Suisse; par contre, en Allemagne (Baden-Württemberg) et en France (département du Nord), elles sont plus basses qu'en Suisse. Les exploitations françaises étudiées se situent à moins de 100 m d'altitude et bénéficient donc d'une charge en neige très légère (0,45 kN/m<sup>2</sup>).

Comme le calcul de l'influence du vent sur un bâtiment s'effectue de plus en plus selon l'Eurocode ENV 1991 2-4, non seulement dans l'UE, mais en Suisse également, les valeurs requises par rapport à la force du vent pour des bâtiments de forme identique sont relativement semblables dans les pays étudiés. En l'absence d'avant-toit, comme dans les exploitations en France, il faut s'attendre à ce que la charge du vent soit inférieure.

Dans les fosses à lisier, en béton coulé sur place, les dispositions sont parfois moins strictes. En cas de sinistre, la responsabilité civile de l'entrepreneur et de l'ingénieur est considérée comme la garantie suffisante d'une réalisation professionnelle. L'épaisseur minimale des dalles en béton et des parois des fosses à lisier réalisées en béton coulé sur place est de 25 cm en Suisse. Dans les pays voisins, les dalles peuvent être moins épaisses (15-20 cm), dans la mesure où la statique du bâtiment peut être prouvée. Ces différences d'épaisseur permettent de réaliser des économies de coûts de Fr. 6.- à 10.- par m<sup>3</sup> de volume de stockage. Dans la majorité des fosses contrôlées, les dalles et les parois présentaient 20 cm d'épaisseur. Dans certains cas, les parois mesuraient 30 à 40 cm d'épaisseur pour

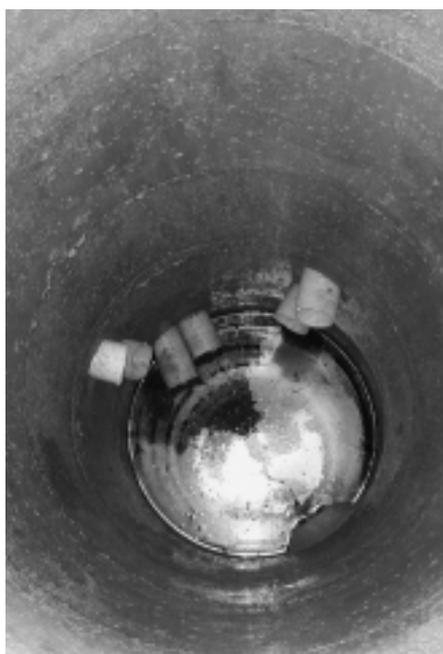


Fig. 4: En France, il est obligatoire de prévoir un puits de regard quel que soit le type de fosse. Les conduites de drainage placées sous la dalle en béton débouchent dans un puits.

des raisons liées à la construction (supports d'éléments de caillebotis) ou à la statique du bâtiment (encastrement de poutrelles en acier). Dans les pays voisins, les exigences relatives à l'armature (limite de la largeur des fissures, revêtement en béton) et à l'exécution des joints sont sensiblement les mêmes qu'en Suisse. En Allemagne, les autorités surveillent la construction de la fosse et procèdent à la réception de l'installation une fois celle-ci terminée. La preuve d'étanchéité est obligatoire avant la mise en service. Si la fosse se trouve au-dessus du niveau du sol ou n'a pas encore été remblayée (fosse enterrée), il suffit de la remplir de 50 cm d'eau. Les fosses remblayées doivent être remplies jusqu'au niveau maximal de la retenue. Le niveau d'eau ne doit pas baisser de manière évidente pendant 48 heures. Lorsque les conduites sont souterraines, l'étanchéité doit être contrôlée tous les douze ans, et tous les six ans dans les zones de protection des eaux. Le remplissage et la vidange de la fosse à lisier devraient si possible se faire par le haut. En Autriche et en France, le contrôle de l'étanchéité est facultatif. En France, il est obligatoire de prévoir un puits de regard quel que soit le type de fosse. Les conduites de drainage placées sous la dalle en béton débouchent dans un puits (fig. 4)

## Relevé des coûts de construction

### Méthode

Les exploitations laitières examinées ont été choisies par la Chambre d'agriculture de Bregenz (A) et de Lille (F), ainsi que par le Département de l'agriculture de Tübingen (Baden-Württemberg, D). Les constructions datent de la période 1997-2002. En contrepartie d'une rémunération modeste, les paysans ont fourni la totalité des factures et plans relatifs à la construction. Ces décomptes détaillés ont permis d'évaluer les quantités de matériaux de construction, d'équipements et de prestations réellement utilisées, ainsi que les prix unitaires et rabais usuels. Lors d'une visite sur place, on a pu estimer la qualité, la fonctionnalité et l'aspect esthétique du bâtiment. Il a fallu interroger l'agriculteur pour pouvoir estimer de la manière la plus fiable possible, les prestations propres qui n'étaient consignées nulle part. Grâce à l'indication des quantités, aux

**Tab. 3: Caractéristiques des exploitations étudiées en Autriche (A), Allemagne (D) et en France (F).**

Exploitation	UGB	PGB	Surface m <sup>2</sup> /vache	Fourrage m <sup>3</sup> /UGB	Fosse à lisier m <sup>3</sup> /UGB	Fumière m <sup>2</sup> /UGB	Salle de traite	Technique
A1	33,6	36,4	9,5	Foin ventilé 24,4	sous l'étable 7,1	–	2x3 épi	Grue Tank de refroidissement DAC
A2	20,8	22,4	12,7	Silo-tour existant	sous l'aire d'exercice 13,7	0,9	1x3 S.b.S.	Tank de refroidissement Brasseur
A3	21,0	21,0	11,0	Foin ventilé 35,4	fermée 9,1	–	1x3 Tandem	Grue Ventilateur à foin
A4	44,0	44,0	10,0	Silo-couloir 8,0	sous l'étable 10,0 (total=28,2)	–	2x4 épi	DAC
D1	59,0	59,0	7,3	Silo-couloir existant	Fosse en géomembrane	–	2x6 épi	Racleur Tank of refroidissement Brasseur
D2	43,6	45,2	8,3	Penil existant	fermée 7,2	1,4	2x2+1 Tandem	Pompe à lisier
D3	81,2	83,8	9,3	Silo-couloir 8,8	Lagune géomembrane 12,3	–	2x3 Tandem	Brasseur
D4	115,0	115,0	7,8	Silo-couloir 13,1	2 x ouvertes 9,2	–	2x8 S.b.S.	Racleur Tank de refroidissement
F1	108,2	119,6	9,5	Silo-couloir 12,0	ouverte 7,0	5,1	2x5 épi	
F2	84,7	89,5	9,2	Silo-couloir existant	ouverte 7,1	7,6	2x6 épi	Racleur Brasseur
F3	52,0	52,0	8,9	Silo-couloir 25,4	sous l'étable 18,7	11,2	2x4 épi	



Fig. 5: Vue sur l'étable de vaches laitières isolée A1. Une ouverture dans la paroi séparant l'étable de l'entrepôt de foin construit à l'avant permet d'alimenter la crèche à l'aide d'une grue à griffe sur tourelle.



Fig. 6: Etable de vaches laitières isolée A3. La voûte translucide et les très grandes fenêtres apportent la lumière du jour en abondance.

plans et aux relevés sur place, on a pu calculer quels seraient les investissements hypothétiques pour un même bâtiment dans les conditions suisses. Le calcul s'est basé sur le Système de prix par modules unitaires (Preisbaukasten). Ensuite, on a essayé d'expliquer la divergence entre les frais réels et les résultats des calculs. Enfin, les concepts d'étables étrangers ont été analysés pour déterminer leur adéquation par rapport aux conditions suisses. La conversion en francs suisses est basée sur le cours moyen d'octobre 2001.

1 CHF	9,298 ATS
1 CHF	1,322 DM
1 CHF	4,432 FF
1 €	1.480 CHF

### Résultats

La taille des troupeaux des exploitations inspectées oscille entre 21 et 119,6 UGB (tab. 3). Seules les exploitations A2, A3, A4 et D3 disposent d'une aire d'exercice extérieure. La place disponible dans l'éta-



Fig. 7: Etable de construction simple A2. L'aire de repos est simplement protégée par un toit plat.



Fig. 8: Etable non isolée A4. Le bâtiment se compose de trois toitures en appentis contigus en tôle trapézoïdale autoportante.



Fig. 9: Etable non isolée D1. L'étable préfabriquée possède une toiture composée de fermes placées en longueur et d'une couverture en tôle trapézoïdale autoportante. La voûte est ouverte (60 cm) et sépare le toit à double pente sur toute la longueur en deux toits en appentis. Piliers en bois encastrés.



Fig. 10: Etable isolée D2. Les logettes opposées ne se trouvent pas en ligne, mais sont décalées latéralement (0,5 x largeur de la logette). L'espace entre les logettes est accessible avec le chargeur automoteur (épandage de litière).

ble (aire de repos et aire d'exercice) est relativement généreuse pour les vaches vivant dans les exploitations A1, F1, F2 et F3 ( $> 9 \text{ m}^2$  par vache laitière). Dans les étables normales en Suisse, les vaches laitières disposent de 7 à 8  $\text{m}^2$  par animal. D'un autre côté, ces exploitations ne disposent pas d'aire d'exercice extérieure.

#### Enveloppe du bâtiment

Les bâtiments dans le Vorarlberg ne se distinguent guère du style suisse en ce qui concerne les matériaux (bois massif essentiellement) et la conception de la toiture (auvent, coupole translucide). Les bâtiments A1 (fig. 5) et A3 (fig. 6) sont isolés, les deux autres (A2 et A4) ne le sont pas. Dans l'étable A2 (fig. 7), l'aire de repos est ouverte sur quatre côtés et l'affouragement a lieu dans l'aire d'exercice extérieure. L'étable A4 (fig. 8) est constituée de toits en appentis contigus en tôle trapézoïdale autoportante.

Le système statique de l'exploitation D1

(fig. 9) est particulièrement intéressant à citer. Les poteaux en bois encastrés à la base dans des profils en métal (IPE) ne sont reliés avec la charpente que dans le sens de la longueur. La tôle profilée supporte les charges dans le sens de la largeur. Le bâtiment D2 (fig. 10) est isolé, les autres (D1, D3 et D4) ne le sont pas. Dans le cas du bâtiment D3, les poteaux en bois sont également encastrés à la base (fig. 11). Contrairement à D1, grâce à la distance plus courte entre les fermes, il suffit d'utiliser de simples pannes en bois équarri. La structure de D4 est constituée de 3 charpentes métalliques parallèles. La toiture est à moitié ouverte au-dessus de l'aire d'alimentation (fig. 12). Les bâtiments d'étable F1 et F2 se composent d'une halle centrale avec une structure métallique et des annexes des deux côtés (fig. 13 et 14). Le bâtiment F3 ne comporte une annexe que sur un côté (fig. 15). Au niveau inférieur, les parois des exploitations françaises sont composées d'éléments en béton préfabriqué. Les panneaux en béton sont posés sur les fondations des piliers en acier, des deux côtés. Il manque la semelle filante le long du périmètre. Le bardage ajouré placé tout autour, dans la partie supérieure de la paroi assure une bonne aération.

#### Équipement intérieur

L'aire de repos des vaches laitières est constituée de logettes dans toutes les exploitations visitées. Dans les bâtiments D1 et D2, les logettes opposées ne se trouvent pas en ligne, mais sont décalées latéralement (0,5 x largeur de la logette). Dans les étables F1 et F2, un couloir entre les logettes opposées facilite le paillage. D1, D3, D4, F1, F2 et F3 possèdent



Fig. 11: Étable non isolée D3. L'aire de repos se compose de logettes surélevées équipées de matelas souples qui sont recouverts de chaux.



Fig. 12: Étable non isolée D4. L'étable se compose de trois travées en structure métallique avec une ouverture au-dessus de l'aire d'affouragement. Les vaches du côté gauche de l'étable traversent la fourragère pour la traite.



Fig. 13: Étable non isolée F1. Halle centrale en acier avec annexe sur les deux côtés. Les panneaux préfabriqués pour les parois reposent sur les fondations des piliers métalliques, des deux côtés.





Fig. 14: Etable non isolée F2. Mêmes structure métallique que F1. Les aménagements intérieurs ont en grande partie été réalisés par l'agriculteur lui-même. Les panneaux lumineux du toit donnent de la lumière en abondance.



Fig. 15: Etable non isolée F3. Halle centrale en acier avec annexe sur un côté. Dans le couloir de circulation, on produit du fumier, dans le couloir d'affouragement du lisier complet.



Fig. 16: La fosse de traite est au même niveau que la chambre à lait. Les vaches traversent la fosse de traite via une passerelle amovible (exploitation F1).



Fig. 17: Fumière couverte. En France, le fait de couvrir la fumière permet, suivant la consistance du fumier, de réduire le volume de stockage du purin (jus de fumier et précipitations) de 25 à 75 %.

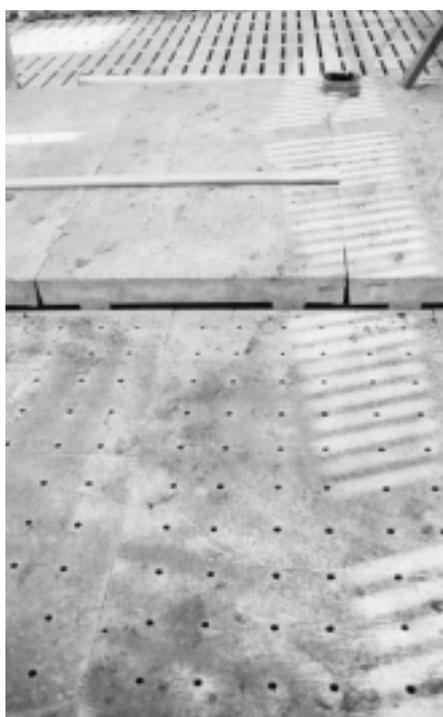


Fig. 19: Stockage du lisier très bon marché dans une fosse en géomembrane ouverte (exploitations D1 et D3).

Fig. 18: Le sol du couloir de circulation se compose de dalles en béton pourvues de petits trous (2 cm). De cette manière, le purin peut s'écouler en permanence dans la fosse à lisier située en dessous et le couloir de l'étable reste sec. Les logettes se composent également de dalles en béton préfabriquées.

une aire d'attente séparée de la salle de traite. Dans les étables françaises, l'aire d'attente monte vers la salle de traite et la fosse se trouve au même niveau que la chambre à lait. Dans l'étable F1, les vaches traversent la fosse de traite à l'aide d'une passerelle amovible (fig. 16). Dans les grandes exploitations, la salle de traite est en général spacieuse. L'équipement pourtant est souvent modeste (ni décrochage automatique des unités trayeuses, ni compteur à lait électronique) même pour des exploitations de haute performance laitière.

**Affouragement**

Il est étonnant que les exploitations D1, D2, D4, F1, F2 et F3 ne possèdent pas de DAC pour leurs animaux à haute production laitière (8000 à 10 000 kg de lait/an). Ils ajoutent les concentrés à la ration totale (RTM). Trois des onze exploitations étudiées affourragent du foin, les autres de l'ensilage.

**Evacuation du fumier**

*Stockage du lisier et du fumier*

Toutes les exploitations exceptées F1 et F3 produisent du lisier. La fumièrre de la ferme F2 est couverte (fig. 17). La couverture de la fumièrre permet certes de réduire considérablement la capacité de stockage du lisier, mais cette réduction est loin de pouvoir compenser les coûts supplémentaires liés à la halle. L'exploitation F3 produit du lisier complet dans l'aire d'affouragement et du fumier dans le couloir entre les logettes. Le couloir est composé de dalles en béton avec des perforations fines (2 cm). Ainsi le purin s'écoule en permanence dans la fosse en dessous et le sol reste sec (fig. 18). Le fumier est évacué à l'aide d'un tracteur équipé d'une lame à l'arrière.

Les silos et fosses à lisier des fermes F1, F2 et F3 sont équipés d'un puits de regard afin de contrôler l'étanchéité. Le lisier est stocké dans une fosse fermée uniquement dans deux des onze exploitations étudiées. Dans les autres exploitations, le lisier ou le purin est collecté dans des fosses ouvertes en béton ou dans des fosses en géomembrane (D1 et D3, fig. 19).

**Investissements**

Les investissements se situent entre Fr. 4876.- (F1) et Fr. 15 388.- (A3) par PGB (tab. 4). La différence de coûts de construction calculés à l'aide du «Système de prix par modules unitaires» est parfois considérable. Une grande partie de cette divergence s'explique par les prestations propres rémunérées à un taux modeste

**Tab. 4: Coûts de construction effectifs à l'étranger par rapport aux investissements hypothétiques pour le même bâtiment en Suisse. La différence s'explique en partie par les prestations propres et par les coûts de planification plus faibles (notamment en Autriche et en France).**

Exploitation	Coûts de construction effectifs à l'étranger <sup>1</sup>	Coûts de construction hypothétiques pour la Suisse <sup>2</sup>	Différence CH-Etranger	Différence de coûts due aux éléments suivants:		
				Planification <sup>3</sup>	Prestations propres <sup>4</sup>	Prix entrepreneur <sup>5</sup>
	Fr./PGB	Fr./PGB	Fr./PGB	Fr./PGB	Fr./PGB	Fr./PGB
A1	12 557	22 700	10 143	2 604	2 791	4 748
A2	9 129	12 238	3 109	1 310	1 699	100
A3	15 388	20 808	5 420	2 138	1 730	1 551
A4	10 432	13 721	3 289	1 378	1 421	490
D1	7 544	11 618	4 074	815	155	3 104
D2	8 173	13 299	5 126	774	292	4 061
D3	7 927	12 624	4 697	768	435	3 493
D4	8 007	10 646	2 639	559	357	1 723
F1	4 876	7 895	3 019	850	651	1 518
F2	7 092	11 049	3 957	1 175	529	2 253
F3	8 062	13 969	5 907	1 509	858	3 540

- <sup>1</sup> Les coûts effectifs comprennent les prestations propres, calculées selon les tarifs en vigueur dans le pays (de Fr. 10.- à Fr. 30.-/l'heure).
- <sup>2</sup> Calculés selon le système de prix par modules unitaires (PBK), prix entrepreneurs.
- <sup>3</sup> Différence entre les coûts de planification effectifs et les coûts de planification et de régie habituels en Suisse (PBK).
- <sup>4</sup> La différence s'explique par l'indemnisation variable des prestations propres: Fr. 50.- de l'heure (PBK) au lieu de Fr. 10.- à Fr. 30.- de l'heure (selon les coûts de construction effectifs).
- <sup>5</sup> Economies de coûts dues à des matériaux de construction meilleur marché, des salaires plus bas, des modes de construction rationnels.

(Fr. 10.- à Fr. 30.-) ainsi que par la différence du coût de planification et de régie notamment en Autriche et en France. Dans ces deux pays, la Chambre d'agriculture prend en charge la planification et la consultation et n'exige qu'une faible participation de la part de l'agriculteur (0,3 à 1 % des investissements totaux), ce qui est loin de couvrir les frais réels. Cette prestation doit être considérée comme une subvention. Les prestations de la Chambre d'agriculture se limitent à la consultation, à la réalisation de plans pour débiter la mise à l'enquête, ainsi que l'établissement de plans de détail. L'agriculteur, quant à lui, se charge dans la plupart des cas de collecter les offres et de diriger les travaux. En France, le coût de la planification de détail est moins élevé, car il existe des concepts de construction standardisés et des entreprises spécialisées. En Allemagne, les frais de planification sont composés des honoraires de l'architecte, du responsable, de l'ingénieur proprement dit et de l'ingénieur de contrôle. Les tarifs sont

comparables aux tarifs suisses habituels. Le responsable aide le paysan et il est chargé par le département agricole de contrôler toutes les factures de l'exploitation subventionnée. L'ingénieur de contrôle vérifie l'exactitude des calculs statiques présentés. Avec la méthode de calcul utilisée pour évaluer la situation en Suisse, le «Système de prix par modules unitaires» de la FAT, les tarifs de planification représentent 7 à 8% des frais totaux et les frais de régie varient entre 2 et 3%.

Les prestations propres sont considérables (jusqu'à 20%). Dans certaines exploitations, la construction a duré plusieurs années. L'exploitation A1 a fourni son propre bois (250 m³ de bois de tronc) et a ainsi pu économiser environ Fr. 50 000.- de frais réels grâce aux très faibles coûts de scierie. Le volume des prestations propres dépend non seulement de la capacité de travail disponible, mais aussi du niveau de perfection recherché. Plus ce niveau est bas, moins il est nécessaire de faire appel à un spécialiste.

**Tab. 5: Comparaison des coûts des matériaux de construction et des travaux.**

	Unité	A	D	F	CH
Béton 35/25 300 départ usine	m <sup>3</sup>	137	120	90	140
Barres d'armature 8-12 mm	kg	1.0	0.9	0.8	1.0
Treillis d'armature	kg	1.2	1.0		1.3
Caillebotis en béton H = 18-20 cm	m <sup>2</sup>		46	40	70-74
Bois équarri	m <sup>3</sup>	370	375		370
Laine de roche 100 mm	m <sup>2</sup>	6,2			11,0
Parpaing, creuse 50/15/19	m <sup>2</sup>			13	32
Panneaux en béton pour parois 1,2x5 m, épaisseur 12 cm	m <sup>2</sup>			51	
Éléments préfabriqués pour silos hauteur 2-2,5 m, épaisseur 18 cm	m <sup>2</sup>			64	
Acier IPE 200-300	kg			0,8	1,0
Tôle trapézoïdale 153 x 280 x 0.75	m <sup>2</sup>		16,3		19,5
Cornadis	place		95,0	70,0	125,0
Aide à la construction (agriculteur)	h	15-20	20-25	15-20	25
Spécialistes (tarifs des entrepreneurs)	h	40-50	40-50	40-50	55-75
Dalle en béton 15 cm à l'intérieur du bâtiment, taloché, sans infrastructure	m <sup>2</sup>			32	50
Asphalte coulé	m <sup>2</sup>	36	36	39	55
Lambrissage en bois, couvre-joint, 27 mm, monté	m <sup>2</sup>	31			45

**Tab. 6: Investissements effectifs à l'étranger pour les fosses à lisier par rapport aux coûts calculés pour la construction de la même fosse en Suisse.**

Investissements pour le stockage du lisier	Investissements effectifs	Coûts de la construction en Suisse
	CHF/m <sup>3</sup>	CHF/m <sup>3</sup>
D1 Fosse en géomembrane ouverte 985 m <sup>3</sup> (H = 3 m)	30	90
D2 Fosse ronde fermée 314 m <sup>3</sup>	64	195
D3 Fosse en géomembrane ouverte 1000 m <sup>3</sup> (H = 3 m)	33	90
D4 2 Silos en béton ouverts 2 x 531 m <sup>3</sup> (H = 4 m)	41	95
F1 Silo en béton ouvert 763 m <sup>3</sup> avec puits de regard et clôture (H = 3 m)	68	100
F2 Silos en béton ouverts 603 m <sup>3</sup> avec puits de regard (H = 3 m)	62	90
F3 Fosse en dessous de l'étable sans caillebotis 974 m <sup>3</sup> (H = 2 m)	96	140

Si la méthode de calcul utilisée pour évaluer le coût des constructions en Suisse tient également compte de la planification subventionnée en France et en Autriche ainsi que des économies de coûts réels dues aux prestations propres (main-d'œuvre ou livraison de bois), la différence de coûts entre la Suisse et l'étranger diminue considérablement (tab. 4). La différence qui subsiste oscille entre Fr. 4748.- et Fr. 100.- par PGB, suivant les exploitations. Elle s'explique par des coûts de main-d'œuvre et de matériel moins élevés (tab. 5) ainsi que par des méthodes de construction très rationnelles basées sur la spécialisation et sur l'utilisation de matériaux préfabriqués. Le béton coulé sur place, les éléments en béton préfabriqués comme les panneaux pour parois et les caillebotis ou encore

l'asphalte coulé et les charpentes en acier sont nettement meilleur marché. Par contre, dans les pays voisins, le prix du bois massif est à peu près aussi élevé qu'en Suisse.

En France et en Allemagne, la construction standardisée des étables et des fosses à lisier par des entreprises spécialisées permet de réduire considérablement les coûts (tab. 6). Les fosses ouvertes des exploitations D1 (Fr. 30/m<sup>3</sup>, 985 m<sup>3</sup> de volume de stockage) et D3 (Fr. 33.-/m<sup>3</sup>, 1000 m<sup>3</sup> de volume de stockage), notamment, sont extrêmement bon marché. La double membrane de la cuve avec détecteur de fuites dans l'exploitation D3 satisfait les exigences suisses. Avec les fosses à lisier ouvertes F1 et F2, construites par des entreprises spécialisées sans

aucune prestation propre, la différence de coûts par rapport à la Suisse est comprise entre 40 à 50%. Les investissements nécessaires pour les deux silos-couloirs contigus (2x660 m<sup>3</sup>) de l'exploitation F3 représentent seulement Fr. 31.- par m<sup>3</sup> de volume d'ensilage, y compris la dalle de 280 m<sup>2</sup> placée devant le silo. Les coûts réduits sont dus aux grandes parois en béton préfabriquées (hauteur 2,80 m, dont 30 cm encastés dans la dalle de base) ainsi qu'au rapport favorable entre l'enveloppe et le volume utile (0,21 m<sup>2</sup> de paroi par m<sup>3</sup> de volume d'ensilage).

### Adéquation des méthodes de construction étrangères à la situation suisse

#### Matériaux

La construction à la française avec des éléments de parois en béton préfabriqués s'appuyant sur les fondations des poutres en acier encastées (fig. 13) est très rationnelle. La préfabrication des parois en béton permet un montage très rapide, car elle évite les lourds travaux de coffrage sur place. Par ailleurs, il n'est pas non plus nécessaire de procéder à des raccords entre les fondations et les piliers, sachant que les piliers en métal sont simplement scellés dans le béton des fondations. Comme les parois en béton n'ont pas besoin de semelle filante, ce système permet de réaliser des économies supplémentaires. En l'absence de semelle filante tout au tour de l'ouvrage, la dalle risque cependant de subir les dégâts du gel en périphérie. De tels dommages ne portent certes pas préjudice à l'utilisation du bâtiment, mais ont des répercussions négatives sur son aspect esthétique.

On peut se demander si dans les conditions suisses, le mode de construction français (piliers en acier encastés et éléments de parois en béton préfabriqués) peut permettre de réaliser des économies par rapport au mode de construction traditionnel en bois (fermes et parois en bois, prenant appui sur un socle de 0,3 m de hauteur). Les calculs montrent que les économies de coûts potentielles sont de l'ordre de 25 %. En réalité, la réduction des coûts n'est pas due à la construction en béton ou en acier, mais à l'absence de semelle filante.

#### Systèmes statiques

Le système statique de l'étable D1 est intéressant (fig. 9). Toute la structure du toit se limite à quatre charpentes en treil-



Fig. 20: Sol d'aire d'affouragement «autonettoyant» pour jeune bétail. Le sol présente une pente de 5 % par rapport à la litière profonde (exploitation F2).

lis et des piliers en bois, qui sont encastres dans le sol au moyen de profils IPE. La liaison latérale des piliers en bois est assurée par la tôle profilée autoportante. La structure relativement légère a résisté sans aucun dommage à l'ouragan Lothar du 26 décembre 2000. Dans l'étable D3, la distance entre les fermes est plus réduite (5 m) et les pannes qui s'appuient directement sur les piliers (à un intervalle de 5 à 7,5 m) sont en bois équarri. Avec le système statique D3, le potentiel de réduction de coûts est surtout lié à l'utilisation de fermes en bois massif au lieu de lamellé-collé, ce qui n'est pas évident avec des bâtiments d'une telle hauteur et d'une telle largeur. La structure du toit est prévue pour résister à une charge de neige de 0,95 kN/m<sup>2</sup> et devrait donc pouvoir également être utilisée en Suisse, dans les zones de basse altitude (400–500 m). Lorsque les charges de neige sont supérieures, il faut réduire la distance entre les fermes.

#### Équipement intérieur

L'évacuation du fumier dans l'aire d'affouragement du jeune bétail, telle qu'elle est pratiquée dans l'exploitation F2 semble une solution intéressante. Le sol de l'aire d'affouragement est «autonettoyant», car il présente une pente de 5 % par rapport à la litière profonde (fig. 20). Il est aussi intéressant de noter les aires d'attente montant (6 %) en direction de la salle de traite dans les exploitations françaises. Cette montée exerce une influence positive sur la disposition des animaux par rapport à la salle de traite et permet d'avoir une fosse de traite au même niveau que la chambre à lait. Dans la salle de traite à deux rangées de l'exploitation F1, les animaux traversent la fosse de traite à l'aide d'une passerelle amovible (fig. 16). Dans les exploitations F1 et F2, l'épandage de paille dans les

boxes opposés se déroule de manière très rationnelle. Un couloir de circulation de 2,1 m de large a été prévu entre les boxes. Comme ce couloir augmente d'autant la largeur du bâtiment, les atouts en terme d'organisation du travail vont également de pair avec des investissements supplémentaires.

#### Esthétique

Dans l'exploitation F2, le fait de renoncer à la construction d'un avant-toit permet de réaliser des économies d'environ Fr. 5800.– soit 0,9 % des coûts totaux. Ces économies se font au détriment de l'aspect esthétique du bâtiment et se traduisent par une durée de vie plus réduite des parois non protégées. Outre l'absence d'avant-toit, les parois en béton grises préfabriquées et bon marché donnent à l'étable l'aspect d'un hangar à machines. Il est certes possible de rendre les parois plus attrayantes, et ce à moindre coût, en remplaçant le béton gris par du béton lavé (exploitation F2).

Les toitures des exploitations D1 et D3 avec tôle profilée autoportante sont très bon marché, mais donnent un aspect lourdaud au bâtiment à cause de l'absence de pans coupés dans la toiture des bâtiments de plus de 30 m de large. En France, les bâtiments aussi larges présentent une interruption dans les versants de la toiture. En fait, ce type de construction avec halle centrale et bâtiment attenant des deux côtés s'est développé plutôt pour des raisons liées au climat d'étable (entrée de lumière, aération) que pour des raisons esthétiques.

### Conclusions

L'analyse des projets et des décomptes de coûts de construction, réalisée dans onze

exploitations comprenant entre 21 et 120 PGB en Autriche, en Allemagne et en France, montre que les investissements inférieurs à l'étranger ne doivent pas être attribués à des prescriptions divergentes dans le domaine de la protection des animaux et des eaux. Même sans prescriptions obligatoires en France et en Allemagne, les dimensions observées dans la pratique pour les systèmes de stabulation satisfont aux prescriptions suisses relatives à la protection des animaux ou les dépassent. Dans la majorité des exploitations étudiées, les capacités de stockage de purin dépassent les exigences minimales suisses.

Les investissements oscillent entre Fr. 4876.– et Fr. 15 388.– par PGB représentant entre 55% et 76% de la somme, qui devrait être payée pour la même construction en Suisse (Méthode de calcul – Système de prix par modules unitaires).

La grande différence entre la Suisse et l'étranger est due notamment au volume très important des prestations propres, aux bas coûts de la main-d'œuvre et du matériel, aux faibles exigences en terme de perfection, ainsi qu'aux faibles coûts de planification en Autriche et en France. Le coût calculé dans ces deux pays par la Chambre d'agriculture (entre 0,3% et 1% de la totalité des investissements) est très bas par comparaison aux frais réels de planification et de consultation, ce qui peut être considéré comme une subvention. En Allemagne, les honoraires de l'architecte, de l'ingénieur et du conseiller représentent entre 6 à 8 % du coût total de la construction, ce qui est comparable aux tarifs suisses. Les prestations propres (agriculteur et collègues) ne se réfèrent pas seulement à la gestion de la construction, elles sont également considérables dans le travail pratique. Dans certaines exploitations, la durée de construction s'étend sur plusieurs années. Le besoin d'avoir à sa disposition un personnel qualifié est moins prononcé, car les exigences de perfection sont peu importantes. Le côté fonctionnel l'emporte et l'esthétique est, sur plusieurs plans, accessoire. Par ailleurs, le béton coulé sur place, les éléments en béton préfabriqués comme les panneaux pour parois et les caillebotis, ainsi que l'asphalte coulé et les fermes en acier sont considérés comme des matériaux bon marché. Par contre, le prix du bois massif est tout aussi élevé qu'en Suisse. De plus, en Allemagne et en France, les méthodes standard pratiquées par les entreprises spécialisées pour la construction de halles et de fos-

ses à lisier permettent de réduire encore les coûts de construction.

Quelques systèmes statiques de toiture intéressants ainsi que l'emploi d'éléments préfabriqués pourraient permettre une économie de frais, en Suisse également. Les exemples tirés de pays étrangers montrent toutefois que la construction de ruraux à un prix avantageux est surtout concevable, si l'on réalise ces constructions soi-même. Cela implique également que l'exploitant se satisfasse d'un salaire modeste.

## Bibliographie

Cahier des prescriptions techniques pour la construction des ouvrages de stockage de lisiers. Circulaire 19.06.1995.

CIM béton, 2000. Ouvrages en Béton pour l'atelier d'élevage et l'exploitation agricole, 2000. CIM béton F-Paris.

Dudant B. et Flament B., 2000. Règles d'implantation des bâtiments bovins. Chambre d'agriculture du Nord. F-Lille.

Hilty R. et Herzog D., 2000. Système de prix par modules unitaires. FAT Tänikon. Landwirtschaftskammer für Vorarlberg, 1996. Verordnung der Landesregierung über die Haltung bestimmter Tierarten. A-Bregenz.

Landwirtschaftskammer für Vorarlberg. Wirtschaftsdünger. Ausbringung, Lagerung, Förderung. A-Bregenz.

Marten J., 1987. Abgänge und Abwässer aus landwirtschaftlichen Betrieben. KTBL-Arbeitsgemeinschaft Bauwesen. D-Darmstadt.

Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und

Forsten, 1992. Baden-Württemberg. Landwirtschaft und Umwelt, Merkblatt Gülle – Festmist – Jauche – Gärsaft.

Office vétérinaire fédéral, 1981. Ordonnance sur la protection des animaux du 27 mai 1981. Office central fédéral des imprimeries et du matériel, Berne.

Office vétérinaire fédéral, 1998. Directives pour la détention des bovins, des porcs, des moutons et des chèvres, état 26 février 1998. Office vétérinaire fédéral, Berne.

Schmitt H., Ludäscher. Funktionsmasse Rindviehstall. Regierungspräsidium D-Tübingen.

Tilly M. et al., 1996. Bâtiments d'élevage Bovin, Porcin et Avicole. Réglementation et préconisations relatives à l'environnement. Institut de l'élevage, F-Paris.