

## LE BETON ET LE SECTEUR AGRICOLE (2)

### *Eléments préfabriqués*

*La préfabrication des produits en béton est née à la fin du 19<sup>e</sup> siècle, mais a surtout connu un développement important après la guerre de 1940-1945. Certaines entreprises à caractère artisanal se sont transformées en véritables usines dans lesquelles toutes les manipulations sont mécanisées, voire automatisées, et où l'effort manuel est réduit au minimum.*

*Le travail s'exécute ainsi dans les meilleures conditions, avec un maximum de garantie de bonne qualité, sans être soumis aux caprices du climat. Les produits en béton manufacturé facilitent et accélèrent les travaux de construction. Ils se rencontrent dans de multiples domaines et notamment dans les constructions agricoles.*

*L'objectif de ce bulletin est de donner un aperçu des principaux produits en béton préfabriqué destinés au secteur agricole. Ces produits sont utilisés pour la construction d'étables ou de hangars, mais aussi pour des silos ou des citernes.*



## 1. LES CAILLEBOTIS POUR STABULATIONS

Dans les bâtiments d'élevage, certaines parties du pavement sont constituées d'une série de poutrelles non jointives posées au-dessus d'une fosse ou d'un canal à lisier. Ce pavement particulier s'appelle "plancher à claire-voie" et les éléments de structure destinés à la construction d'un plancher à claire-voie s'appellent "caillebotis".

L'utilisation de caillebotis implique le respect d'exigences particulières, tant en technique de construction qu'en matière agricole. Les exigences techniques concernent typiquement la stabilité, l'enrobage de béton, la composition de béton, etc. Les exigences agricoles, en revanche, ont aussi bien trait aux animaux qui circulent sur les planchers à claire-voie qu'à l'éleveur qui doit travailler dans l'étable. A cet égard, les aspects suivants revêtent une importance particulière :

### *Convivialité pour les animaux*

#### Dureté :

Les animaux n'aiment pas se coucher sur des planchers trop durs. Ceux-ci provoquent surtout des blessures de compression et de perforation. Les inconvénients liés à la dureté des planchers à claire-voie en béton ne surviennent que si aucune autre surface de repos n'est prévue dans l'étable et peuvent éventuellement être résolus par l'application d'une couche protectrice (*coating*) appropriée : caoutchouc, résine époxy... Ceci s'applique moins aux bovins, étant donné que ceux-ci bénéficient généralement d'une telle surface de repos.

#### Praticabilité :

Les caillebotis ne peuvent en aucun cas être ou devenir lisses. Si la surface est trop lisse, les animaux n'ont aucune prise, glissent facilement, et peuvent se blesser aux pattes. L'état glissant est déterminé par la qualité ou la dégradation de son caractère antidérapant. Les salissures laissées par le lisier et l'urine modifient les propriétés de la surface au fil du temps, ce qui implique notamment une diminution de son caractère antidérapant.

Il y a lieu d'éviter au maximum les inégalités et les bords tranchants afin de réduire les risques de lésions aux pattes. C'est surtout aux ouvertures des fentes que des bavures coupantes peuvent apparaître.

### *Passage du lisier*

Les caillebotis doivent permettre l'évacuation aisée du lisier et de l'urine vers la fosse à lisier via les fentes. Le rapport entre l'ouverture libre des fentes et la surface de marche est très important. Du point de vue du bien-être des animaux, des limites supérieures s'imposent pour la largeur des fentes. La largeur idéale dépend également du poids de l'animal (qui est proportionnel à la grandeur de la patte). Des ouvertures trop larges provoquent des blessures aux extrémités des pattes car ces dernières pénètrent entièrement dans la fente.

### *Auto-nettoyage et salissement*

Les caillebotis en béton possèdent la propriété positive d'être autonettoyants, car le lisier et l'urine tombent dans la fosse à lisier à travers les fentes ou y sont poussés par les animaux eux-mêmes. Le niveau de salissement est étroitement lié au nombre d'animaux présents et à leur activité, au rapport "surface de marche / surface des fentes" et aux conditions climatiques. Surtout par temps sec et chaud, il se peut qu'un fin film de lisier et d'urine se fixe à la surface, ce qui peut rendre le sol extrêmement glissant. La mesure dans laquelle l'humidité et la saleté peuvent subsister à la surface du plancher est déterminée par la rugosité de la surface de béton (NB : rugueux ≠ antidérapant... Une surface rugueuse peut être lisse comme du verglas !). Un sol trop rugueux peut provoquer des blessures aux pattes en raison de l'usure trop importante de la corne. Enfin, les sols sales peuvent aussi entraîner de nombreuses conséquences indésirables : des glissades, des inflammations

(le lisier peut pénétrer dans la patte), des pattes plus vulnérables (la corne des pattes humides est moins résistante) et un accroissement de l'émission d'ammoniaque.

### *Environnement*

La réduction de l'émission d'ammoniaque des étables constitue un facteur d'amélioration important pour l'avenir. Aux Pays-Bas et en Allemagne, des mesures ont été prises et des normes ont déjà été promulguées à cet égard, ce qui n'est pas encore le cas en Belgique. La VLM (*Vlaamse Landmaatschappij*) aurait mis sur pied un groupe de travail chargé d'examiner les meilleures techniques disponibles. Pour les bovins installés dans des logettes munies de caillebotis en béton, environ 60 % de l'émission d'ammoniaque provient de la surface des caillebotis et 40 % de la fosse à lisier. Pour réduire ces émissions, les caillebotis doivent être combinés à un système de tiroir et, éventuellement, d'arrosage afin d'évacuer le lisier et l'urine à intervalles réguliers. Néanmoins, par le mouvement régulier du système à tiroir, la surface risque d'être plus rapidement "polie" et peu à peu de devenir plus lisse. Les animaux se déplaceront donc plus lentement et avec moins d'assurance.

### *Durabilité technique*

Les caillebotis se trouvent généralement dans un milieu modérément à fortement agressif. En raison de l'exposition aux constituants solides et liquides du lisier, aux gaz provenant des fosses à lisier, aux acides alimentaires et aux produits de nettoyage, la surface du béton peut finir par être sérieusement atteinte. Outre les agressions chimiques, les caillebotis sont également soumis à des charges mécaniques dues aux animaux et au nettoyage à haute pression. Des caillebotis durables peuvent être obtenus au moyen d'un béton compact, c'est-à-dire un béton à faible teneur en eau, afin de créer le moins de pores possible à l'intérieur du béton. Dans un tel béton, les substances agressives pénètrent moins facilement. La teneur en eau doit être limitée à 45 % de la masse de ciment.

### *Possibilité de nettoyage*

Il est conseillé de nettoyer les étables avec beaucoup de soins. Des étables bien nettoyées évitent bien des problèmes !



Le document normatif PTV 203 – “Caillebotis préfabriqués en béton armé et précontraint pour stabulations” formule des prescriptions qui tiennent compte des exigences susmentionnées et ce uniquement pour les caillebotis non praticables par des engins motorisés (donc pas pour les caillebotis à pommes de terre – voir cadre à la page suivante).

La marque BENOR pour caillebotis est délivrée sur base de ce document. Ce label garantit l'utilisation de matières premières de qualité, une fabrication selon les règles de l'art et une haute qualité du produit fini. Il est donc fortement conseillé de se procurer des éléments préfabriqués munis de ce label.

Le PTV 203 distingue plusieurs types de planchers à claire-voie en fonction du type et de la masse des animaux auxquels il est destiné (tableau 1) ainsi que plusieurs types de caillebotis (fig 1).

| Type de plancher | Types d'animaux           | Masse des animaux (kg) (1) |
|------------------|---------------------------|----------------------------|
| A1               | Bovins                    | < 200                      |
| A2               |                           | 200 – 825                  |
| B1               | Porcs, moutons et chèvres | < 25                       |
| B2               |                           | 25 – 250                   |

(1) La masse des animaux correspond à la moyenne pour un groupe. La masse d'un animal peut dépasser la valeur limite de 15 % au maximum.

Tableau 1 : Types de planchers à claire-voie

Les prescriptions relatives aux caillebotis concernent :

- l'utilisation de matières premières : celles-ci doivent porter la marque BENOR ;
- la teneur en ciment : elle doit être supérieure à 300 kg/m<sup>3</sup> si l'enrobage nominal des armatures est égal ou supérieur à 40 mm, et supérieure à 350 kg/m<sup>3</sup> si l'enrobage nominal des armatures est inférieur à 40 mm ;
- la classe de résistance minimale du béton : C 35/45 au minimum ;
- le type, la nuance d'acier, la section et la disposition (entre autres, l'enrobage) des armatures en cas de caillebotis en béton armé ;
- les caractéristiques d'aspect : il est stipulé à ce sujet que les caillebotis ne peuvent pas présenter de fissures d'une largeur supérieure à 0,1 mm et d'une longueur supérieure à 50 mm ;
- les caractéristiques dimensionnelles et de forme : la largeur des poutres et des fentes ou le diamètre des ouvertures dans les dalles perforées sont fixés pour les différentes classes (voir tableau 2). Ces dimensions sont importantes pour le confort des animaux (p. ex. des fentes trop larges provoquent des blessures aux pattes) et pour l'hygiène (p. ex. des fentes trop étroites ne laissent pas passer assez de lisier). Les écarts maximums admissibles des dimensions individuelles réelles par rapport aux dimensions de fabrication de la longueur, de la hauteur, de la largeur des barres, de la largeur des fentes et du diamètre des ouvertures circulaires sont également spécifiés.
- la résistance mécanique : celle-ci doit être démontrée par des calculs ou par des essais, ou encore par une combinaison des deux.

| Type de plancher | Largeur des poutres (mm)<br><i>b</i> | Largeur des fentes (mm)<br><i>s</i> | Diamètre des ouvertures (mm)<br><i>d</i> |
|------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|
| A1               | 80 – 120                             | 20 – 25                             | ≤ 50                                     |
| A2               | 90 – 160                             | 30 – 38                             |  |
| B1               | 50 – 80                              | 10 – 12                             | ≤ 25                                     |
| B2               | 80 – 120                             | 15 – 20                             |  |

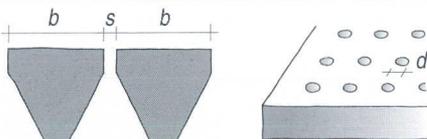


Tableau 2 : Dimensions de fabrication

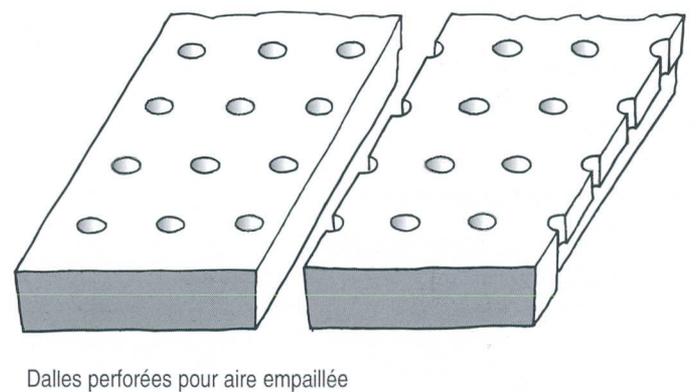
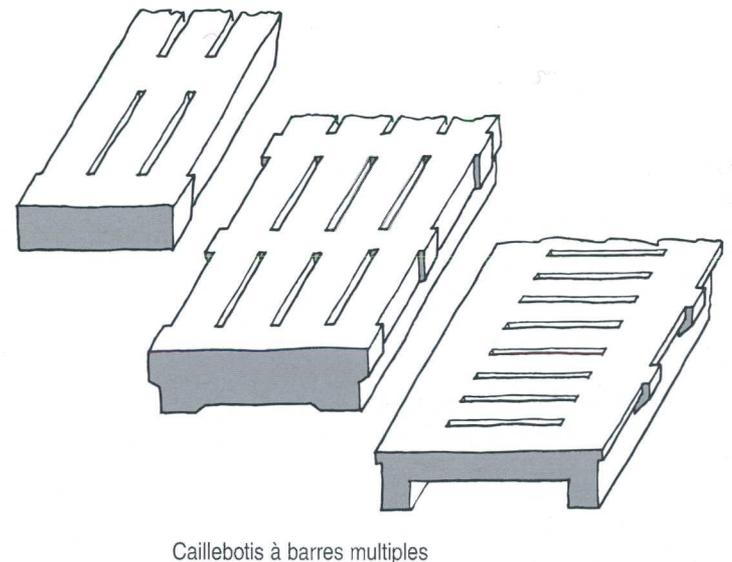
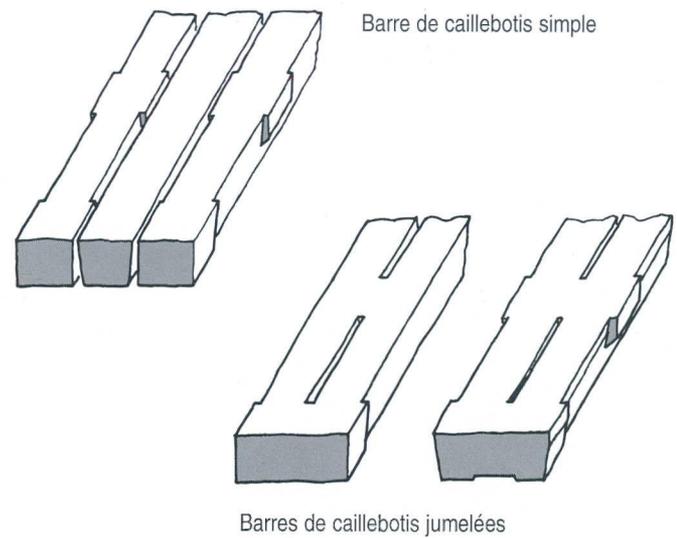


Fig. 1 : Exemples de caillebotis

Chaque fabricant belge de grilles en béton dispose de sa propre gamme de caillebotis. On sera frappé par la grande diversité de dimensions au sein des gammes des différents fabricants et entre fabricants. Cela pose néanmoins quelques problèmes :

- Si un agriculteur souhaite remplacer certains caillebotis de son étable ou agrandir son étable, il est obligé de s'adresser au même fournisseur et d'acheter les mêmes caillebotis.
- Lorsqu'un service d'information trace le plan d'une étable pour un agriculteur, il doit y intégrer un certain type de caillebotis (dimensions données). En choisissant le type, il fixe directement le fournisseur potentiel et réduit ainsi la liberté de choix de l'agriculteur.
- Alors que la concurrence entre fabricants se joue normalement sur le rapport qualité/prix, les dimensions jouent un rôle important dans le cas des caillebotis en béton. Cette donnée n'a toutefois aucune importance en matière de concurrence.

Pour remédier à ces problèmes, l'association des fabricants de caillebotis en béton a pris l'initiative de concevoir des produits pour porcs et pour bovins avec des dimensions standards. A cet égard, il a été tenu compte des prescriptions géométriques du PTV 203. Le tableau 3 ci-dessous donne un aperçu des dimensions des caillebotis standards pour porcs et pour bovins. Attention, cela ne signifie pas que le caillebotis standard satisfait automatiquement aux autres exigences du PTV 203 et donc qu'il s'agit d'un produit BENOR !

|                        | Largeur (mm) | Hauteur (mm) | Longueur (mm) | Largeur des fentes (mm) | Largeur des poutres (mm) |
|------------------------|--------------|--------------|---------------|-------------------------|--------------------------|
| Bovins<br>200 - 825 kg | 1000         | 180          | 2000          | 38                      | 105                      |
|                        |              |              | 2250          |                         |                          |
|                        |              |              | 2500          |                         |                          |
|                        |              |              | 2750          |                         |                          |
|                        |              |              | 3000          |                         |                          |
|                        |              |              | 3250          |                         |                          |
| Porcs<br>25 - 250 kg   | 500          | 100          | 800           | 20                      | 79 à 82                  |
|                        |              |              | 900           |                         |                          |
|                        |              |              | 1000          |                         |                          |
|                        |              |              | 1250          |                         |                          |
|                        |              |              | 1500          |                         |                          |
|                        |              |              | 1750          |                         |                          |
|                        |              |              | 2000          |                         |                          |
|                        |              |              | 2250          |                         |                          |
|                        |              |              | 2500          |                         |                          |

Tableau 3 : Dimensions des caillebotis standards pour bovins et pour porcs

### LES CAILLEBOTIS POMMES DE TERRE

Les caillebotis pommes de terre sont des dalles préfabriquées en béton armé. Ces dalles possèdent des fentes longitudinales ou transversales permettant un parfait passage de l'air soufflé dans la fosse. La charge de circulation maximale par essieu sur ces éléments varie classiquement de dix à douze tonnes.



Cl. Ployaert



## 2. AMENAGEMENT DES ETABLES POUR BOVINS

Dans notre pays, les vaches laitières sont gardées en étable de fin septembre à début mai. Le reste de l'année, elles paissent dans les champs. L'étable doit donc protéger les animaux des conditions hivernales et offrir des possibilités de logement confortable aux animaux tout en garantissant un revenu décent à l'éleveur. Au cours des dernières décennies, la construction d'étables destinées au bétail laitier a connu une évolution en profondeur. Jusqu'en 1960, les vaches étaient abritées exclusivement dans des étables empaillées à stabulation non libre. A cette époque, quelques étables empaillées à stabulation libre, réalisées sur le modèle américain, sont apparues. Toutefois, l'importante consommation de paille (8 kg par animal et par jour) rendait ce type de stabulation peu économique. Ensuite, les étables à stabulation libre avec logettes ont été découvertes. Elles peuvent être de différents types (la stabulation libre empaillée, la stabulation libre avec plancher à claire-voie ou la stabulation libre avec logettes) et sont le plus utilisées de nos jours dans les entreprises laitières spécialisées. Le passage des étables à stabulation non libre à celles à stabulation libre a conduit à la naissance des stabulations avec logettes et couloir d'alimentation.

Dans une stabulation libre, un certain nombre de caillebotis sont remplacés par des dalles préfabriquées en béton armé (appelées plaques logettes) comme aire de repos pour les animaux (fig. 2). Ces emplacements ont en général une pente de 2 à 3 % afin que l'urine s'écoule rapidement vers les caillebotis. La finition de ces dalles peut être lisse mais aussi rugueuse. Il est à noter qu'il n'existe pas encore de norme ni de prescriptions techniques pour ces plaques logettes préfabriquées, et qu'il est donc impossible de trouver ce type d'éléments portant la marque BENOR sur le marché.

En fin de logettes, on prévoit généralement un muret qui est également en béton préfabriqué.

Le couloir d'alimentation se compose d'une dalle de compression armée coulée en place et d'éléments de plancher en double T renversé. Ces éléments peuvent supporter des charges par essieu de dix tonnes, voire de quinze ou vingt tonnes (fig. 3).

- 1 - éléments de plancher
- 2 - mortier de pose
- 3 - armature de joint ( $\varnothing$  5 # 150)
- 4 - armature de retrait flexion ( $\varnothing$  4 # 100)
- 5 - dalle de compression

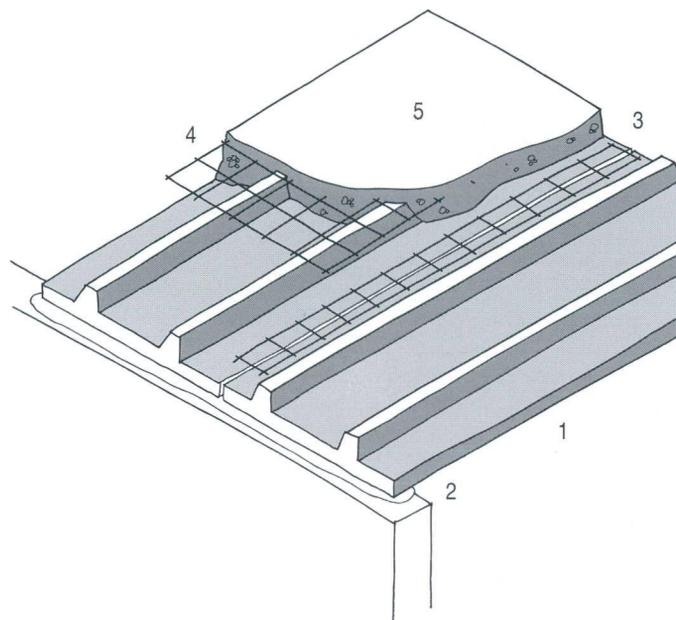
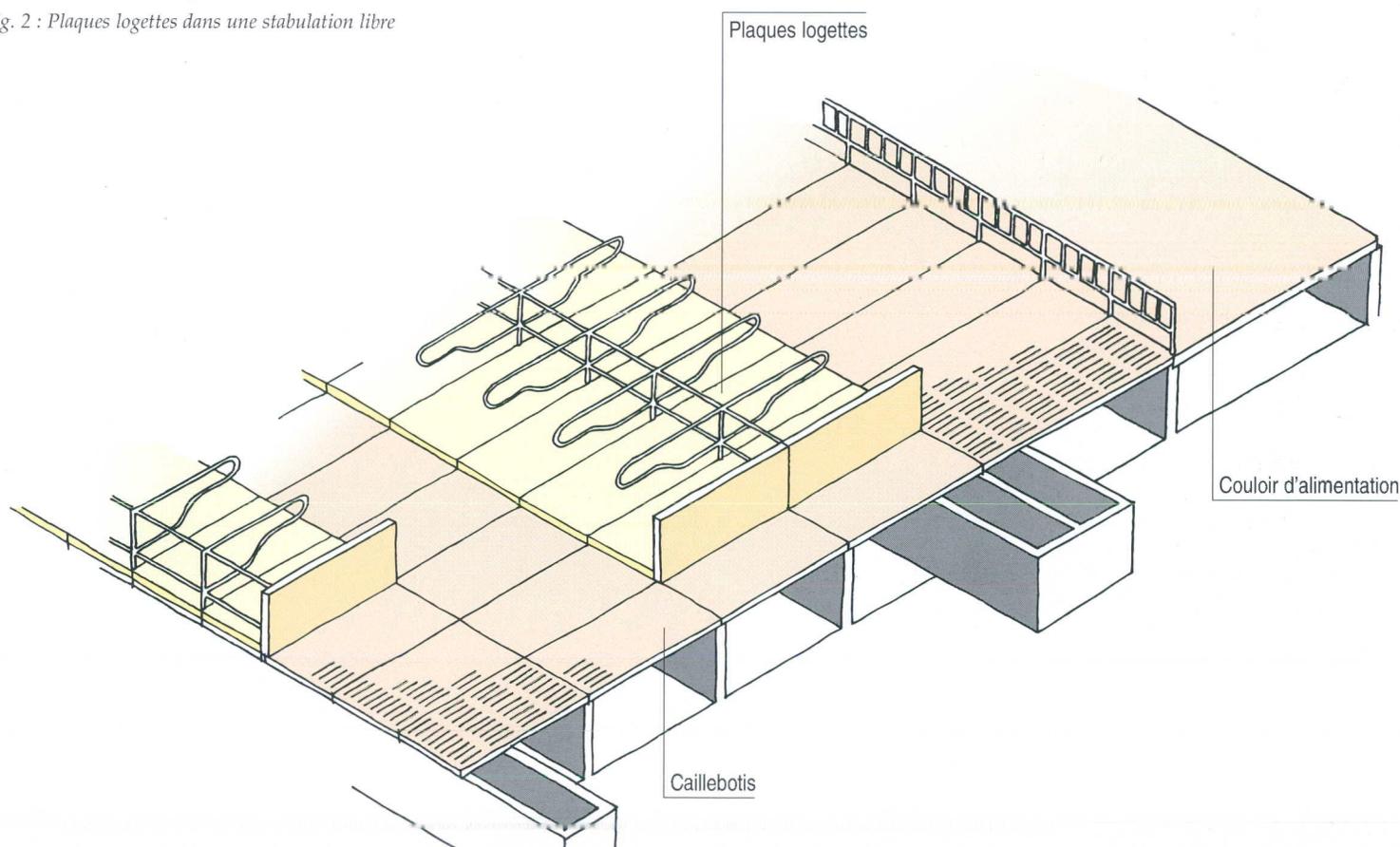


Fig. 3 : Coupe d'un couloir d'alimentation

Fig. 2 : Plaques logettes dans une stabulation libre

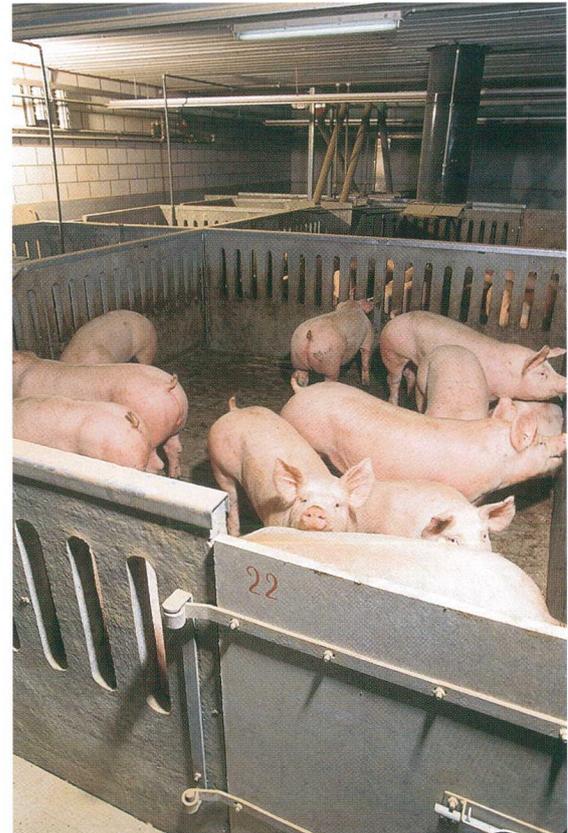


### 3. AMENAGEMENT DE PORCHERIES

Avant les années soixante, les porcs étaient logés dans des petites unités installées dans des étables primitives sans isolation thermique. Les compartiments offraient peu de protection contre la mort des porcelets : la truie se promenait et se couchait librement, écrasant les porcelets qui, engourdis par le froid, n'avaient pas le temps de s'écarter. Au fil des ans, le compartiment d'accouchement, placé dans un endroit spécial, est apparu. Ce compartiment a été de mieux en mieux isolé et chauffé et à partir des années 1970, il a même été équipé de caillebotis ; le confort des animaux a été amélioré jusqu'au niveau actuel. En effet, les porcheries doivent aujourd'hui répondre à de nombreuses prescriptions de confort, par exemple :

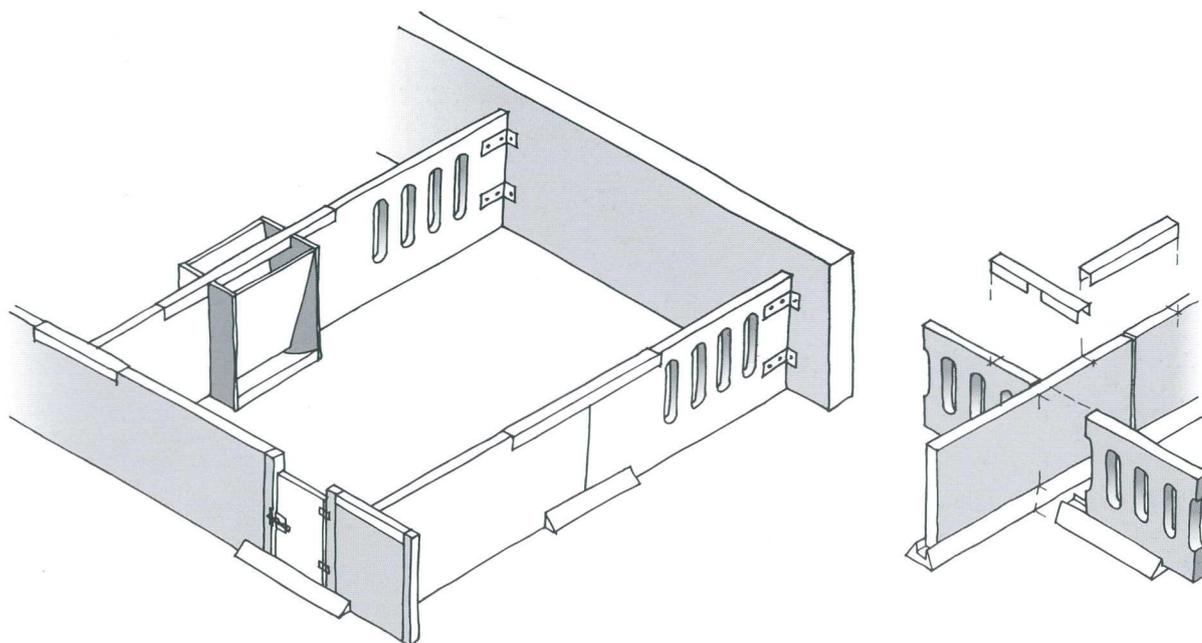
- Les porcheries doivent être construites et aménagées de façon à ce que chaque porc puisse se coucher et se lever sans problème. Il doit disposer d'un endroit propre pour se reposer et pouvoir voir les autres porcs.
- Les sols des compartiments doivent former une surface solide, stable et non glissante, mais sans parties saillantes pour éviter que les porcs ne se blessent.
- Les installations d'alimentation doivent être conçues, mises en place et entretenues de façon à limiter le risque de salissement de la nourriture ou de l'eau.
- Au moyen de l'isolation, du chauffage et de la ventilation du bâtiment, il y a lieu de veiller à ce que la circulation d'air, la teneur en poussière et les concentrations de gaz restent dans certaines limites de façon à ce qu'elles ne soient pas nocives pour les porcs.
- Lors de l'utilisation d'une ventilation artificielle, une ventilation de secours et un système d'alarme sont requis.
- Tous les appareils automatiques ou mécaniques doivent être inspectés au moins une fois par jour, les pannes doivent être réparées le plus vite possible, ...

L'industrie des produits préfabriqués en béton offre une large gamme de possibilités pour réaliser des compartiments (fig. 4). Les parois en béton sont soit ouvertes, soit semi-ouvertes, soit fermées. Toutes les fixations nécessaires sont généralement fournies par le fabricant. Des bacs d'alimentation en béton sont également disponibles.



M. Gronemberger

Fig. 4 : Exemple de compartiment pour porcs



L'industrie des produits préfabriqués en béton offre également de nombreuses possibilités pour la climatisation. Celles-ci combinent par ailleurs la ventilation à une réduction des émissions d'ammoniaque. Il s'agit entre autres d'un système de ventilation par amenée d'air souterraine (par les fosses à lisier).

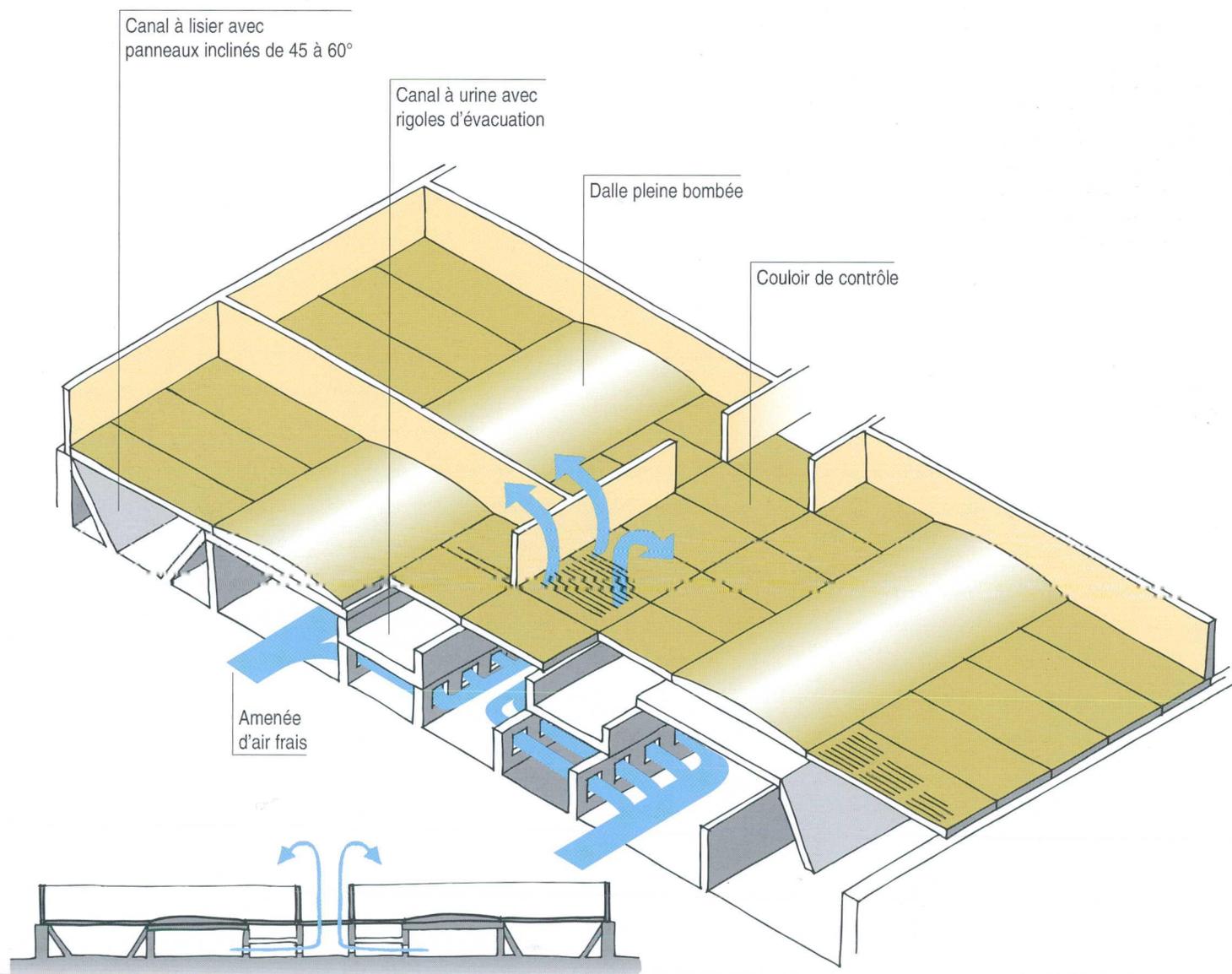
Ce système consiste en une fosse 100 % en béton préfabriqué, constituée d'une combinaison de parois, d'un caniveau, de parois inclinées, de dalles de plancher bombées et de caillebotis (fig. 5).

En ce qui concerne le système de ventilation, l'air frais entre dans l'étable (par des bouches d'air placées à l'extérieur de l'étable), en utilisant l'espace situé sous le plancher-courette des animaux comme canal de circulation d'air. L'air passe ensuite via des ouvertures dans le mur porteur du plancher sous le caniveau dans le canal à urine. Ensuite, l'air monte via les caillebotis en béton dans le couloir de contrôle le long des compartiments étanches. Enfin, l'air frais passe lentement dans les différents compartiments. Le système de ventilation souterrain a un fort effet conditionnant sur l'air frais de ventilation. En été, il permet de refroidir l'air entrant et en hiver de le réchauffer, d'où une remarquable économie d'énergie. Un atout supplémentaire est qu'il est totalement soustrait à l'influence du vent.

En ce qui concerne la réduction de l'émission d'ammoniaque, celle-ci est surtout basée sur :

- la diminution de la surface d'émission, c.-à-d. la surface totale où le lisier est en contact avec l'air de l'étable. A cet effet, des dalles bombées pleines sont utilisées en remplacement des caillebotis, ainsi que des panneaux ayant une inclinaison de 45 à 60° placés dans la fosse à lisier. Le fait que les dalles soient bombées permet une réduction supplémentaire des émissions d'ammoniaque par la diminution du salissement des loges.
- une évacuation rapide des urines et des matières fécales : ceci est obtenu par l'équipement des canaux à lisier et à urines de dispositifs d'écoulement vers une fosse de stockage.

Fig. 5 : Représentation schématique du système de ventilation par amenée d'air souterraine dans une porcherie



#### 4. COLONNES ET POUTRES EN BETON : L'OSSATURE D'UN BATIMENT

Les colonnes transmettent les charges verticales et horizontales aux fondations. Les poutres portent les pannes (aussi dénommées "poutraîn") sur lesquelles reposent les éléments de couverture.

L'assemblage colonnes-poutres constitue un portique. Une suite de portiques identiques constitue l'ossature d'un bâtiment. Les ossatures en béton permettent la construction d'étables et de hangars plus ou moins spacieux sans entraves intérieures, offrant ainsi un espace polyvalent requis aujourd'hui par l'évolution des techniques de production et d'exploitation. De plus, le béton dispose de plusieurs atouts spécifiques réduisant les frais d'exploitation des bâtiments. Parmi ceux-ci, il faut citer son excellente durabilité sans aucun entretien, sa résistance au feu (voir cadre "La résistance au feu des bâtiments industriels"), son indéformabilité, la protection qu'il offre contre la corrosion.

Il existe deux grands types d'ossatures en béton basées toutes deux sur une succession de portiques à deux ou quatre rotules, à savoir :

- les ossatures cadres,
- les ossatures à versants.

Les ossatures cadres (fig. 6) sont composées de poutres et de colonnes rectilignes. Les colonnes sont considérées comme encastrées dans la fondation et articulées à leur sommet où elles reçoivent la charge des poutres qui y sont simplement appuyées. Les colonnes sont de section carrée ou rectangulaire et peuvent être pourvues d'une ou de plusieurs consoles destinées à supporter des poutres pour un plancher intermédiaire par exemple (fig. 7).

Les poutres présentent soit une hauteur constante (membrures droites), soit une hauteur variable (membrure supérieure à double pente et membrure inférieure droite).

Les poutres de hauteur constante – profil rectangulaire I ou T – peuvent être utilisées pour :

- la poutraison d'un plancher intermédiaire éventuel ;
- une toiture à simple pente.

Les poutres de hauteur variable sont uniquement utilisées en toiture des bâtiments. Elles présentent l'inertie maximum à mi-portée, c'est-à-dire dans la zone du moment fléchissant le plus élevé. Leur double pente, comprise suivant les fabricants entre 20 et 100 mm/m, facilite l'écoulement des eaux. Ces poutres sont allégées par l'adoption d'un profil I (le plus courant et le plus rationnel) ou T (impositions esthétiques ou d'entretien) avec abouts rectangulaires (fig. 8).

Les ossatures à versants (fig. 9) sont, par contre, composées d'éléments non rectilignes, colonnes en forme de béquilles et poutres à forte pente en V inversé. Les béquilles sont semi-articulées à leur pied et articulées aux poutres dans la zone où le moment dû aux charges permanentes est nul. Ces éléments sont de sections rectangulaires. Ce type d'ossature se révèle particulièrement économique lorsque la portée est de l'ordre de vingt mètres.

Fabriqués en usine dans des moules métalliques, les éléments d'ossature sont réalisés en béton armé ou précontraint. Lorsqu'ils sont en béton précontraint, ils sont fabriqués avec une contre-flèche, réduisant leurs déformations en service.

Les pannes sont des poutres à âme pleine en béton armé ou précontraint reposant librement sur deux appuis. Aux abouts des pannes, deux courtes consoles facilitent leur mise en place sur les poutres de toiture. La forme de la section transversale est trapézoïdale, en I, en T... Dans le cas d'éléments verticaux de bardage fixés aux pannes ou en cas de pente de toit plus raide, les pannes extérieures sont sollicitées en flexion oblique et ont une section renforcée en L ou en TT (fig. 10). Les pannes ont des portées comprises entre cinq et douze mètres tandis que leur entre-distance peut atteindre trois mètres.

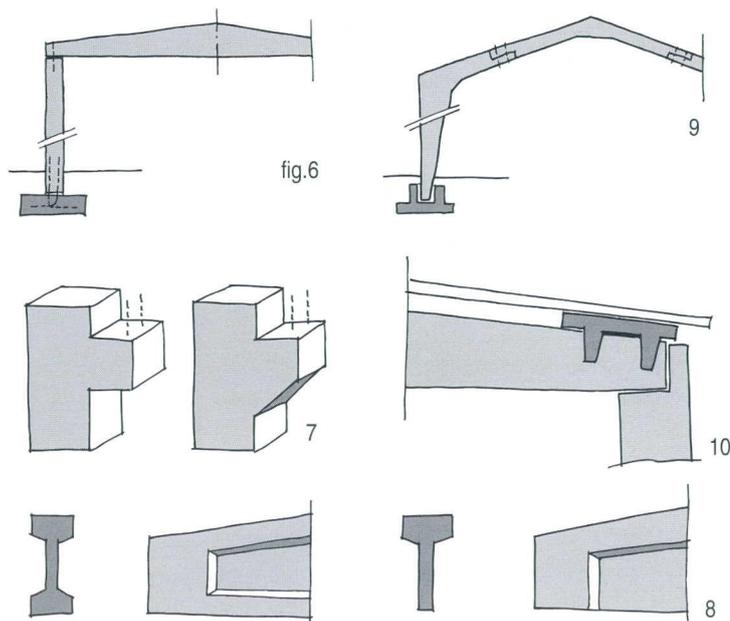


Fig. 6 : Ossature cadre  
 Fig. 7 : Exemple de consoles, console droite et console oblique  
 Fig. 8 : Poutres de hauteur variable de section I ou T  
 Fig. 9 : Ossature à versants  
 Fig. 10 : Pannes en TT posées sur une poutre à hauteur variable

## 5. LES ELEMENTS DE PLANCHER

Les éléments de plancher sont des éléments-dalles préfabriqués en béton précontraint. Parmi leurs applications les plus répandues, on peut citer la réalisation de dalles de sol au-dessus d'une fosse ou d'une cave, la réalisation de planchers intermédiaires (par exemple pour le stockage de paille au-dessus d'une stabulation) ou encore leur utilisation comme éléments de toit. D'une manière générale, ils sont utilisés dans des applications requérant de grandes portées, de lourdes charges et/ou de faibles hauteurs de construction.

Les éléments de plancher les plus répandus sont (fig. 11) :

- les types en U renversé ;
- les éléments alvéolés.

Ces éléments présentent l'avantage d'avoir des évidements longitudinaux, ce qui diminue nettement leur poids propre. De plus, ils sont autoportants et ne doivent en général pas être étançonnés.



Fig. 11 : Élément type U renversé - Élément alvéolé

Les éléments en U renversé se composent, en coupe, de deux nervures verticales inclinées et reliées à leur niveau supérieur par une dalle. Grâce à l'utilisation de coffrages métalliques lisses, les éléments présentent une surface inférieure lisse. La face supérieure est rugueuse, ce qui favorise l'adhérence d'une chape/dalle de compression éventuelle (voir cadre).

Les éléments alvéolés sont de section trapézoïdale et pourvus d'un certain nombre d'alvéoles longitudinales. Ils sont obtenus par extrusion. La surface inférieure est lisse, la face supérieure est rugueuse afin de faciliter l'adhérence de la chape. A noter qu'il est possible de se procurer des éléments alvéolés portant la marque BENOR. Ces éléments répondent alors aux prescriptions du document normatif PTV 201 - "Éléments préfabriqués de planchers alvéolés en béton armé et précontraint". Ces prescriptions concernent :

- la fabrication (type de béton, type d'armatures et emplacement de celles-ci, mise en précontrainte du béton) ;
- le produit fini (dimensions, aspect, résistance mécanique, résistance au feu) ;
- la conception et la mise en œuvre des éléments.

### REALISATION DE LA DALLE DE COMPRESSION

L'épaisseur nominale d'une couche de béton coulé en place sur les éléments de planchers est au moins de 30 mm. Les couches de béton coulé sur place d'une épaisseur nominale de 50 mm ou plus sont armées. Il y a lieu de respecter les recommandations suivantes concernant la composition du béton et l'armature :

- classe de résistance du béton : au minimum C 25/30
- dimension nominale maximale des granulats : 14 mm
- armature : - charge utile < 10 kN/m<sup>2</sup> : Ø5 - 150 x 150
- charge utile ≥ 10 kN/m<sup>2</sup> : Ø5 - 100 x 100

Avant coulée, la poussière, la saleté, les particules libres et l'eau stagnante sont enlevées de la surface supérieure des éléments de planchers, qui est ensuite humidifiée. Au droit des appuis et des joints longitudinaux (créés par les éléments préfabriqués), les dispositions nécessaires sont prises pour éviter la perte de coulis de béton.

Concernant la finition et la cure de la chape, le lecteur se référera aux recommandations du bulletin n° 24 - "Sols industriels en béton de ciment (2) - Mise en œuvre".

A noter qu'une chape en béton sur support préfabriqué (on parle d'une dalle rapportée) doit obligatoirement être adhérente au support. La dalle ne peut se déformer indépendamment de ce dernier. Dans ce cas, la création de joints de retrait s'avère non justifiée. Si l'adhérence est insuffisante, les contraintes dues au retrait créent des efforts de cisaillement dans le plan d'adhérence qui peuvent occasionner un décollement et une fissuration.



B. De Blatere

## LA RESISTANCE AU FEU DES BATIMENTS INDUSTRIELS

La conductivité thermique faible du béton favorise un échauffement très lent de sa masse. Cette propriété physique lui confère une résistance élevée lors d'un incendie. Ceci explique la prédilection des maîtres d'ouvrage, des architectes, des services d'incendie et des assureurs pour ce type de matériau. Le béton permet la réalisation d'éléments de construction présentant la résistance au feu requise avec des épaisseurs courantes sans surdimensionnement.

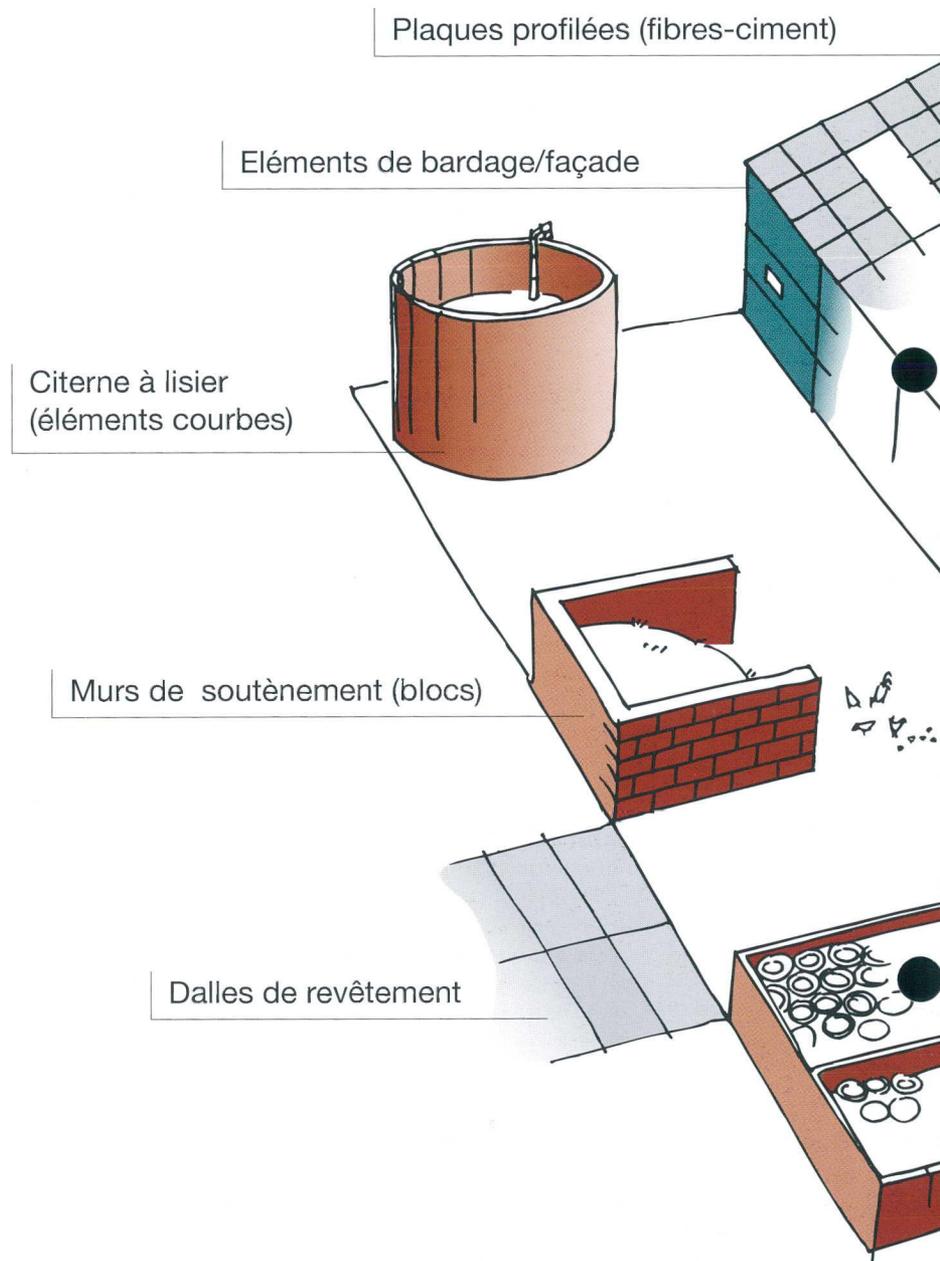
La plus simple des vérifications par calcul de la résistance au feu des éléments en béton armé et précontraint se limite à l'usage de tableaux donnant les sections minimales et les enrobages minimaux des armatures. Ils sont donnés dans le document d'application nationale belge (le "DAN" belge) de la partie 1.2 de l'Eurocode structurel béton (l'EC2). Ces tableaux montrent que les éléments structurels en béton offrent aisément une résistance au feu  $R_f$  d'une heure.

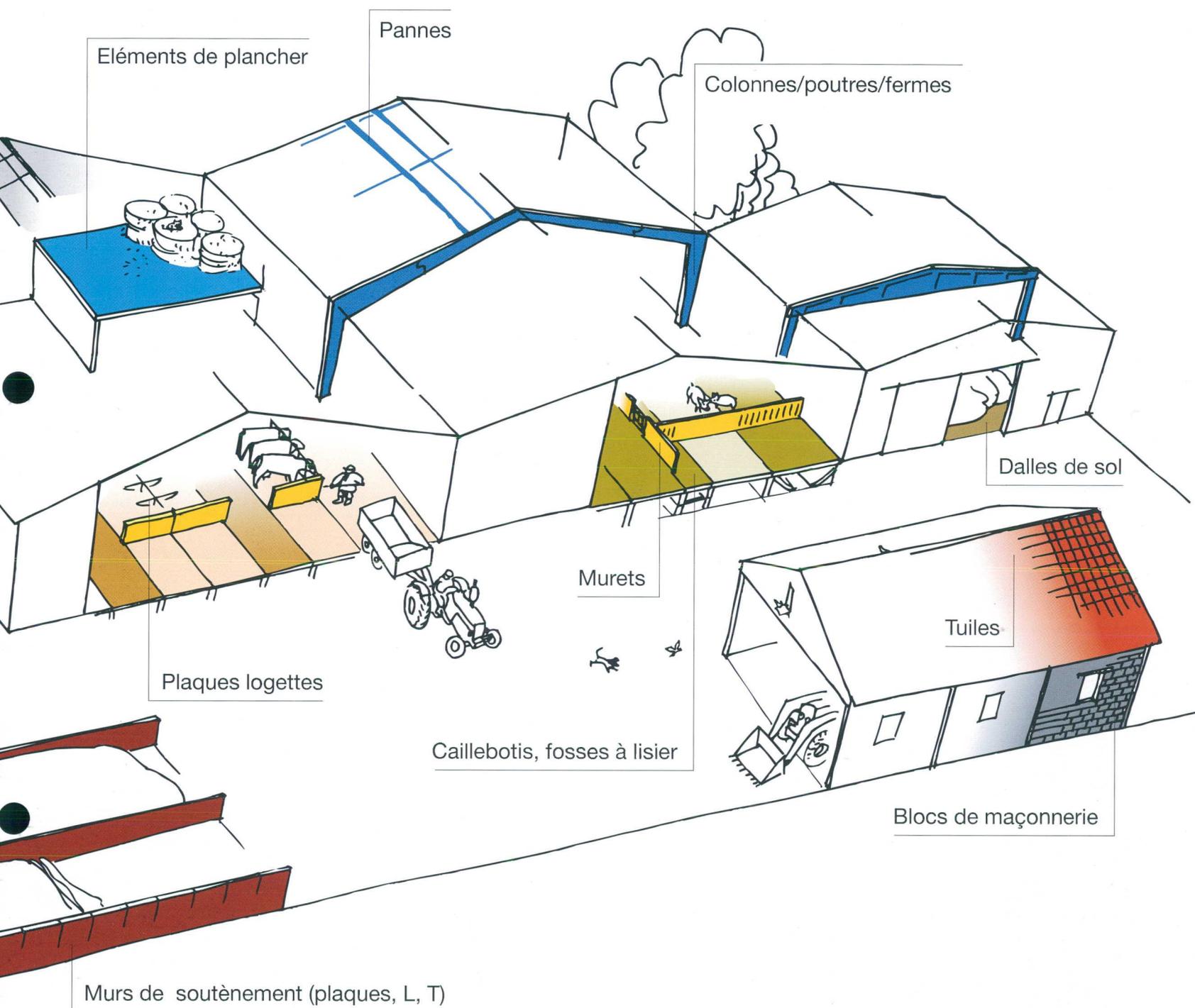
Dès la conception, le maître de l'ouvrage ainsi que l'architecte doivent être attentifs aux exigences des services d'incendie et des assureurs. Ils préfèrent le matériau béton par la sécurité "passive" qu'offrent ses propriétés intrinsèques : incombustibilité et stabilité en cas d'incendie. Les méthodes de sécurité "active" telles que le sprinklage, la détection automatique et l'intervention des pompiers sont seulement complémentaires aux méthodes de sécurité passive car elles comportent de par leur nature un certain risque lié à des erreurs humaines (non-fonctionnement, entretien négligé...). Autant le compartimentage constitue un élément fondamental de limitation de risques pour tous les intervenants, autant la maçonnerie en blocs de béton et les murs coupe-feu en béton ou béton cellulaire se prêtent naturellement à cette fonction de compartimentage. Une stabilité au feu de quatre heures peut être facilement obtenue. L'expérience a montré qu'un incendie, même très violent, ne compromet pas la stabilité des structures en béton, là où un bâtiment voisin avec une charpente métallique en acier non protégé s'est effondré. De plus, la remise en état rapide sur place de la structure béton à la suite d'un incendie séduira certainement le maître d'ouvrage qui désire minimiser ses pertes d'exploitation.

Sur le plan réglementaire, la sécurité en cas d'incendie relève de la responsabilité du maître de l'ouvrage. Il détermine avec l'architecte les mesures actives et passives qui protégeront son bâtiment. Elles doivent répondre notamment aux règlements de la Commune (exigences des services d'incendie) et du Gouvernement Fédéral (normes de Base). Les annexes 1 à 5 de l'arrêté royal (AR) du 19 décembre 1997 fixent les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion auxquelles les bâtiments nouveaux à étages doivent satisfaire.

Même si la future annexe 6 de ces normes de base relative aux bâtiments industriels (reprenant également les bâtiments agricoles) n'est pas encore signée, les services d'incendie (ceux qui connaissent ce projet d'annexe 6) l'appliquent déjà. Elle synthétise les règles de l'art en Belgique.

Il convient de souligner que si la réglementation ne prend en considération que la protection des personnes, celle des biens et donc des ouvrages est délaissée par le législateur. Il appartient à l'architecte et au maître de l'ouvrage de faire leur choix.





Le milieu agricole est chimiquement agressif. Pour cette raison un bon compactage ainsi qu'un facteur eau/ciment du béton aussi faible que possible sont certainement les bienvenus pour obtenir une bonne durabilité. Il s'agit là des caractéristiques fondamentales du béton préfabriqué.

La fabrication en usine présente encore de nombreux autres avantages :

- Tout élément que le fabricant jugerait non satisfaisant sera éliminé.

- Après sa fabrication, l'élément repose dans des conditions favorables de durcissement.

- Le personnel de l'usine est spécialisé et l'équipement adapté spécifiquement à la fabrication d'un type d'élément bien précis ; l'expérience n'est pas à sous-estimer.

- Dans certains cas, il peut être intéressant de couler l'élément dans une position différente de celle qu'il prendra sur le site ; ceci permet d'obtenir un fini esthétique intéressant.

Bien entendu, la rapidité de mise en œuvre présente aussi un avantage non négligeable. De plus, celle-ci est généralement simple, mais elle doit dans tous les cas être conforme aux recommandations de l'usine productrice.

## 6. LES ELEMENTS DE BARDAGE

Les éléments de bardage en béton bien liaisonnés à la structure cumulent les fonctions de fermeture et de contreventement des façades des hangars et des étables. Ils assurent l'habillage de l'ossature portante, reprennent, bien souvent sans raidissement complémentaire, les efforts dus au vent et les ramènent vers les fondations par l'intermédiaire des colonnes et des poutres.

Parmi les options courantes de bardage dans les bâtiments à caractère agricole figurent :

- la maçonnerie traditionnelle ;
- les éléments de parois (panneaux en béton).

Chacune d'elles peut être conçue comme auto-stable ou accrochée à l'ossature.

### *Les éléments de maçonnerie*

Par sa double fonction de fermer et d'isoler aussi bien phoniquement que thermiquement, la maçonnerie en blocs de béton se présente comme un moyen classique de parement tant extérieur qu'intérieur.

Les matériaux de maçonnerie vendus sur le marché belge peuvent être divisés en classes selon différents critères, comme par exemple :

- le matériau dont ils sont constitués : béton compact constitué d'agrégats durs utilisé pour les matériaux de maçonnerie à haute résistance mécanique, ou béton léger semi-ouvert constitué d'agrégats légers naturels (p. ex. Bims et laitier granuleux) ou artificiels (p. ex. schiste expansé et argile) ;

- la forme : pleine, creuse ou perforée, grande ou petite ;
- l'application : matériaux pour maçonnerie non apparente ou apparente ; matériaux pour maçonnerie extérieure ou intérieure.

Pour la maçonnerie non apparente, des matériaux en béton léger ou lourd sont utilisés. En général, on retrouve les matériaux en béton léger (masse volumique de 600 à 1900 kg/m<sup>3</sup>) dans la maçonnerie intérieure, où c'est principalement de l'argile expansée qui est utilisée comme agrégat. Comparés aux matériaux de maçonnerie en béton lourd (masse volumique > 1900 kg/m<sup>3</sup>), ils présentent un fluage et un retrait supérieurs, mais également une meilleure isolation thermique et acoustique et une résistance au feu accrue.

Pour la maçonnerie apparente des blocs en béton lourd sont proposés dans une très large gamme : toutes les couleurs sont possibles (blanc, gris, noir, rouge, jaune...). L'utilisation de granulats colorés de qualité confère un très joli aspect et permet en outre d'obtenir une surface apparente de différentes textures et structures.

L'utilisation de blocs en béton portant la marque BENOR constitue une garantie de qualité. Ces blocs répondent aux critères sévères de la norme NBN B21-001 – "Prescriptions relatives aux matériaux de maçonnerie en béton". Les exigences concernent, d'une part, les caractéristiques dimensionnelles, de forme et d'aspect, et d'autre part, les caractéristiques mécaniques et physiques des blocs. Ces dernières concernent la résistance du bloc à la compression, la masse volumique du bloc et du béton, le retrait et le gonflement, l'absorption d'eau et la résistance au gel. Les blocs peuvent alors être subdivisés en diverses classes selon leur application (maçonnerie extérieure, de fondation, apparente ...).

### *Les éléments de parois*

Les éléments de parois sont des éléments en forme de plaque placés verticalement ou en légère pente. Les différentes couleurs et formes disponibles sur le marché permettent de conférer au bâtiment un caractère architectural agréable et de respecter les fonctions techniques lors de la construction. De plus, ils présentent les avantages suivants :

- grand format, avec comme corollaire un nombre de fixations et de joints réduit ainsi qu'un montage rapide ;
- imperméabilité : les joints sont conçus, le plus souvent, avec emboîtement tenon et mortaise, complétés par une masse d'étanchéité ;
- démontabilité, ce qui les rend réutilisables en cas d'agrandissement ultérieur du bâtiment.

Confectionnés en béton armé ou précontraint, ils comportent fréquemment deux ou trois couches différentes dont l'une constitue un noyau continu d'isolation (panneaux sandwichs).

La finition extérieure peut être brute de décoffrage ou présenter un caractère esthétique plus marqué grâce à l'utilisation de béton blanc et/ou à un traitement de surface approprié, par exemple :

- béton lavé à granulats apparents ;
- béton décoratif structuré.

A titre d'exemple, des panneaux de parois courants sont décrits au *tableau 4*.

En ce qui concerne les dimensions, chaque fabricant possède ses propres dimensions standards. Néanmoins, les longueurs sont généralement de cinq et six mètres. Toutes les dimensions peuvent varier dans une certaine gamme en fonction de la demande.

Un groupe de travail au niveau de l'organisme de gestion pour le contrôle des produits en béton (PROBETON), termine actuellement la rédaction de prescriptions techniques en vue de la certification BENOR de ces éléments. Ce document (PTV n° 212 – "Partie A à D – *Eléments de parois préfabriqués en béton armé et précontraint*") donnera des prescriptions relatives aux matières premières, à la fabrication et aux produits finis. Très prochainement, il sera donc possible d'obtenir des éléments de parois portant la marque BENOR, ce qui constitue une garantie de qualité. A noter que le PTV 212 reprend une exigence d'absorption d'eau à la surface des bétons. Il s'agit d'un important aspect eu égard des soucis d'hygiène, des possibilités de nettoyage des bâtiments.

| Type d'élément de paroi                          | Nombre de couches | Caractéristiques des couches  |
|--|-------------------|---|
| Panneaux de béton                                | 1                 | Béton lisse coulé sur coffrage métallique. Ces panneaux sont surtout utilisés pour des applications spécifiques telles que murs de soutènement, murs intérieurs, murs coupe-feu, ...  |
| Panneaux alvéolés                                | 1                 | La couche unique est pourvue d'alvéoles continues dans le sens longitudinal. Il s'agit d'une solution avantageuse lorsque l'isolation thermique du bâtiment n'est pas requise. A noter que la face externe est brossée.   |
| Panneaux en silex                                | 2                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Couche extérieure : granulats de silex mélangés avec du sable et du ciment. Cette couche est lavée à haute pression après durcissement de manière à mettre les graviers de silex en relief.</li> <li>- Couche intérieure : béton gris. Cette couche est lissée manuellement.</li> </ul>  |
| Panneaux sandwichs en silex                      | 3                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Couche extérieure : idem panneaux en silex.</li> <li>- Couche interne : couche isolante de polystyrène expansé ou de polyuréthane.</li> <li>- Couche intérieure : idem panneaux en silex.</li> </ul>   |
| Panneaux avec motif brique de maçonnerie         | 1                 | Panneaux coulés sur un caoutchouc avec un motif d'aspect brique de maçonnerie. On obtient finalement un panneau de béton ayant une apparence d'une maçonnerie en brique, mais complètement en béton. Quant au choix des couleurs, il s'agit soit de panneaux gris, qui sont souvent peints ultérieurement, ou de panneaux rouges, qui ne requièrent aucune autre finition. A noter toutefois qu'avec ces panneaux, la "brique" et le "joint" ont la même couleur. |
| Panneaux recouverts d'une mince bande de briques | 2                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Couche extérieure : véritables bandes de briques (briques de façade ordinaires mais moins larges). Il existe différentes couleurs de pierres et de joints.</li> <li>- Couche intérieure : béton gris armé d'un treillis. Cette couche est lissée manuellement.</li> </ul> <p>Le résultat final ne se distingue guère d'un mur maçonné traditionnellement avec des matériaux de façade.</p>                               |



Tableau 1 : Description de différents panneaux de parois

## 7. LES ELEMENTS DE COUVERTURE DES TOITURES

### Les tuiles en béton

Leurs caractéristiques, tant physico-mécaniques qu'esthétiques, leur ont permis de prendre une part importante du marché de la couverture des toitures. Elles présentent les avantages suivants :

- une pose facilitée par leur précision dimensionnelle, leur planéité ;
- une esthétique intéressante suite aux différents coloris disponibles et aux formes variées ;
- un aspect économique.

Il est possible de se procurer en Belgique des tuiles en béton portant la marque BENOR. Celle-ci est délivrée par PROBETON aux tuiles répondant aux exigences de la norme NBN EN 490 – "Tuiles et accessoires en béton – Spécifications des produits". La licence est combinée à un Agrément Technique (ATG) pour le système de recouvrement de toiture.

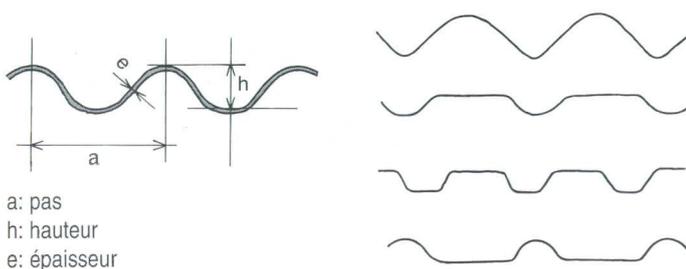
### Les plaques profilées en fibres-ciment

Les plaques profilées en fibres-ciment sont des éléments dont la coupe transversale consiste en ondes telles que montrées à la figure 12. Auparavant, des fibres d'amiante étaient utilisées, mais depuis quelques années, celles-ci sont remplacées progressivement par des produits sans amiante, les produits commercialisés actuellement ne pouvant plus en contenir. Ces plaques sont désignées par la mention NT (*Non asbestos Technology*) conformément à la norme NBN EN 494 – "Plaques profilées en fibres-ciment et accessoires pour couvertures – Spécifications du produit et méthodes d'essai". A l'inverse, les anciennes plaques ondulées contenant de l'amiante portent la mention AT (*Asbestos Technology*). La mention figure toujours sur les plaques ondulées au moyen d'une mention pressée dans le matériau à laquelle d'autres données de fabrication sont ajoutées.

La plaque ondulée en fibres-ciment combine de manière unique les propriétés suivantes :

- résistance aux intempéries : protection durable contre le mauvais temps, le vent, la pluie et le gel ;
- résistance aux agents chimiques : alors que d'autres matériaux sont attaqués très rapidement en milieu corrosif, les produits en fibres-ciment ont une longue durée de vie ;
- diffusion : grâce à leur haute capacité de tampon, ils conviennent idéalement au-dessus des espaces à forte production de vapeur ;
- réaction au feu favorable ;
- isolation acoustique : grâce à leur masse élevée par  $m^2$ , ils atténuent parfaitement le bruit de la pluie et de la grêle ;
- poids léger : permettant une construction de toiture légère ;
- grande résistance biologique : le produit n'est pas atteint par les insectes, etc. ;
- esthétique.

Fig. 12 : Différents types de plaques profilées



(source EN 494 : 1994)



## BÂTIMENTS AGRICOLES : EN HARMONIE AVEC LE PAYSAGE ?

Ces dernières années, les bâtiments agricoles ont évolué pour former des hangars en béton rectangulaires uniformes sans aucune créativité architecturale. Implantation, volume et choix des couleurs expliquent souvent pourquoi ils déparent fortement le paysage.

Pourtant, il est possible de faire en sorte que les bâtiments industriels s'intègrent mieux dans le paysage. Non seulement, c'est plus agréable pour l'agriculteur et l'horticulteur, mais c'est également positif pour l'image de l'agriculture. Voici quelques idées et suggestions :

- Eviter la dispersion des constructions autant que possible. La dissémination des exploitations est économiquement défavorable et dégrade la qualité du paysage.
- Privilégier des bâtiments de forme simple et pas trop grands. Il est recommandé de ne pas dépasser 1200 m<sup>2</sup> de superficie au sol et une longueur de septante mètres maximum. Si cela n'est pas possible, il existe plusieurs possibilités pour atténuer la trop grande longueur du bâtiment, comme scinder le bâtiment en deux volumes. Par exemple, pour les étables du bétail laitier, la longueur du bâtiment peut être dissimulée en aménageant l'aire de traite comme une entité séparée de l'étable. Il est également possible d'adopter une structure apparente permettant de rythmer la façade, planter des hautes tiges pour atténuer l'impact du bâtiment ou encore placer une ou plusieurs portes.
- Toujours essayer d'uniformiser la pente des toitures. Un degré d'inclinaison égal des toitures assure la quiétude, l'unité et l'harmonie de la ferme. Cette uniformité ne concerne pas uniquement l'inclinaison de la toiture, mais également sa forme et l'utilisation des matériaux.

- Eviter les faibles débordements de toiture sur les pignons. En effet, seule une partie du parement est protégée par un tel débordement, ce qui nuit au vieillissement homogène des murs, l'autre partie étant exposée aux rayons ultraviolets et aux pluies.
- Choisir des matériaux de qualité et bien les mettre en œuvre. Qu'ils soient utilisés pour la structure intérieure ou les finitions extérieures, des matériaux de qualité favorisent le meilleur comportement dans le temps du bâtiment. A l'inverse, des matériaux de mauvaise qualité engendrent un vieillissement prématuré et une perception négative du bâtiment. De même, une bonne technique de mise en œuvre de ces matériaux leur permettra de résister au mieux aux intempéries, aux sollicitations mécaniques, etc.
- Les teintes neutres sont le mieux intégrées au paysage. Ces teintes font partie de la gamme des gris/beige/brun. Plus ces teintes seront foncées et mieux le bâtiment s'intégrera à l'environnement. Le noir est cependant à éviter car la dureté de cette couleur affirme trop le volume dans le paysage.
- Choisir aussi des matériaux d'aspect mat : ils reflètent la lumière de manière beaucoup plus ténue que les matériaux brillants. Ces derniers deviennent blancs sous le soleil et attirent le regard.
- Le choix des couleurs des matériaux est fortement tributaire de la ferme existante. Il importe que la couleur du revêtement de toiture soit en harmonie avec les toitures existantes. De même, la couleur des portails doit être assortie à celle des portails existants et/ou au revêtement de toiture.



## 8. LES MURS DE SOUTÈNEMENT

Les murs de soutènement sont des éléments en béton armé, en forme de L, de T renversé, ou encore des plaques. Des blocs massifs en béton emboîtés les uns dans les autres à sec sont parfois également utilisés à cet effet. Les murs de soutènement sont destinés à retenir les produits les plus divers : ensilages, grains, pommes de terre, betteraves, engrais, fumier... (voir également cadre). Leur application principale réside dans la réalisation de silos couloirs. Un tel silo présente plusieurs avantages, notamment par rapport au silo taupinière :

- plus de matière à ensiler par m<sup>2</sup> au sol, l'étendue du silo en est donc réduite.
- meilleure qualité des produits car ils peuvent être mieux comprimés, surtout latéralement et dans de meilleures conditions de sécurité.
- plus facile de couvrir l'ensilage et de le rendre étanche.
- plus facile à désiler, la hauteur de l'ensilage le long des bords est pratiquement la même que la hauteur des murs, il y a par conséquent moins de pertes sur les bords.

### Les éléments en L ou en T renversé

La figure 13 représente différents éléments en L ou en T renversé. A noter que des éléments de coins sont également disponibles. Chaque fabricant possède sa propre gamme d'éléments, mais d'une manière générale, les dimensions peuvent varier comme suit :

- hauteur utile : de 0,50 à 4,00 m ;
- largeur de la base (semelle) : de 0,60 à 2,25 m ;
- épaisseur des parois : de 0,09 à 0,16 m ;
- longueur : de 1,00 à 4,00 m.

Ces éléments de soutènement sont posés sur une assise en sable stabilisé d'au moins 15 cm d'épaisseur et au minimum 20 cm plus large que la semelle des éléments en question. En cas de sols peu portants (sols argileux saturés d'eau, très déformables sous passage d'un essieu de treize tonnes), il peut être nécessaire de réaliser une dalle en béton armé. Néanmoins, on introduira toujours une couche de sable d'au minimum un centimètre d'épaisseur entre la dalle en béton armé et les murs de soutènement. La fondation doit être parfaitement bien réglée, sans ondulations, pour permettre une pose aisée et le bon ajustement des éléments avec les faces latérales jointives sur leur hauteur.

En général, les parois intérieures sont lisses de décoffrage, ce qui améliore le tassement des ensilages. Les parois extérieures sont soit lisses de décoffrage, soit talochées manuellement, soit brossées. Sur demande spéciale, certains fabricants proposent une paroi extérieure en béton lavé (granulats apparents).

La conception d'un silo couloir avec des murs en L ou en T renversé présente les avantages suivants :

- le placement des éléments est facile et rapide ;
- l'extension ultérieure du silo est toujours possible ;
- les éléments restent toujours amovibles.

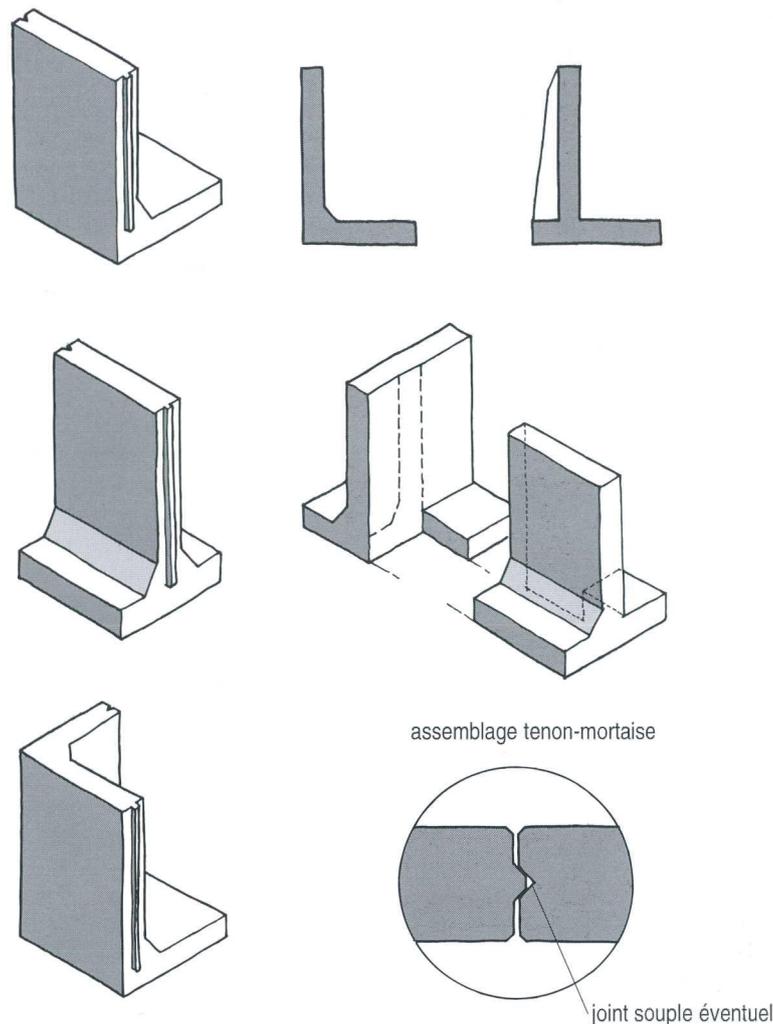


Fig. 13 : Exemples d'éléments en L ou en T renversé

### LES CITERNES A LISIER EN BETON PREFABRIQUE

La construction d'une citerne à lisier (non enterrée) à l'aide de murs de soutènement en béton préfabriqué est également possible. D'une section cylindrique, son diamètre peut varier entre 5 et 31 mètres. Les parois sont constituées de murs de soutènement de hauteur variant entre trois et six mètres ce qui conduit à un volume utile de stockage pouvant dépasser les 3000 m<sup>3</sup>. Les murs de soutènement sont placés sur une dalle de béton et assemblés entre eux par des câbles de postcontrainte placés à l'extérieur des éléments.



## Plaques

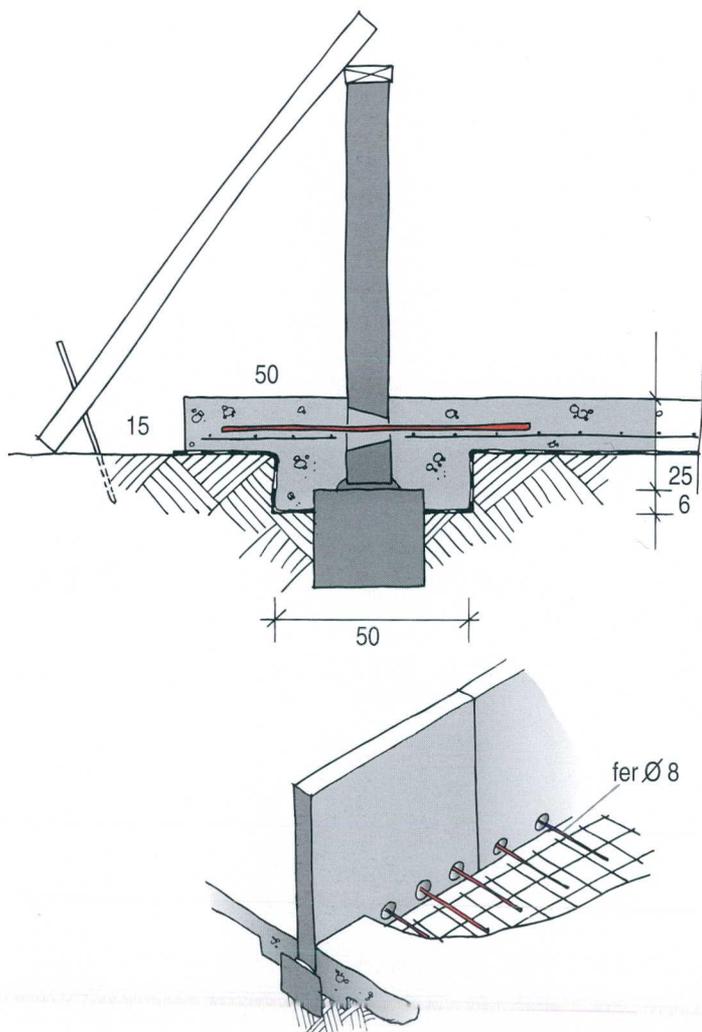
Il s'agit de dalles planes présentant à leur base des évidements qui permettent leur ancrage à l'aide d'armature dans la dalle de fond de silo en béton coulé en place.

La figure 14 explique la pose de ces éléments. Il y a lieu de préparer le terrain en réalisant une tranchée de 40 cm de profondeur et de 50 cm de largeur minimum. On dispose des blocs de béton de  $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$  sur lesquels on vient placer les éléments préfabriqués. Des piquets en bois fixeront les éléments avant le bétonnage. Au travers des évidements, on place une armature. Il s'agira d'une armature de huit millimètres de diamètre pour les éléments dont la hauteur utile est inférieure ou égale à deux mètres ; et de douze millimètres de diamètre pour les éléments dont la hauteur utile est supérieure à deux mètres. On vient ensuite couler la dalle de fond du silo avec du béton prêt à l'emploi. Cette dalle de fond se prolongera à l'extérieur du silo tout le long des éléments sur une largeur de cinquante centimètres.

Tout comme les éléments en L et en T renversé, l'assemblage se fait par tenon et mortaise. Les joints sont éventuellement remplis d'une matière élastique. Une face des éléments est lisse de décoffrage, l'autre est talochée manuellement. Les dimensions peuvent varier comme suit :

- hauteur utile : de 0,80 à 3,50 m ;
- épaisseur des parois : de 0,14 à 0,22 m ;
- longueur : de 1,50 à 3,00 m.

Fig. 14 : Pose des plaques



## Les blocs à emboîtement à sec

Les blocs à emboîtement à sec sont des blocs massifs en béton à disposer les uns sur les autres sans mortier de jointoiment. Il s'agit en fait d'un montage identique au système "LEGO". Afin d'assurer la stabilité d'un mur conçu avec de tels blocs, la gamme de blocs disponibles varie dans les dimensions suivantes :

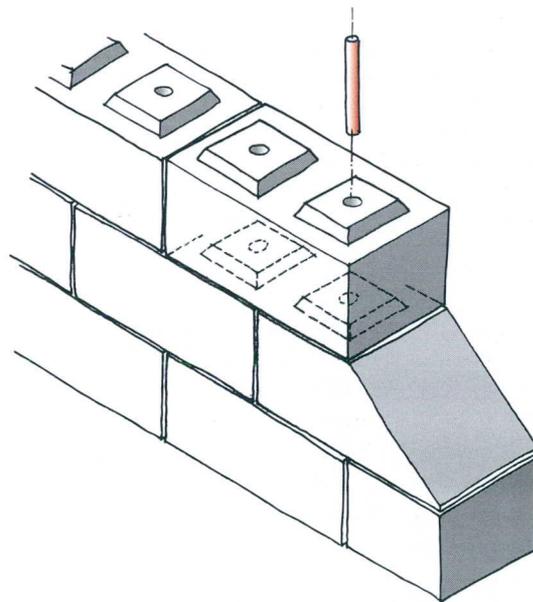
- longueur : de 600 à 1800 mm ;
- largeur : de 600 à 800 mm ;
- hauteur : de 500 ou 600 mm ;
- masse : de 500 à 1500 kg.

La stabilité des murs pouvant atteindre une hauteur de quatre mètres est encore augmentée en insérant dans les blocs des barres en acier (fig.15).

Tout comme pour les éléments en L ou en T renversé, ce système permet la construction d'un mur de soutènement qui reste modulable et qu'il est possible de déplacer à tout moment.

Dans tous les cas décrits ci-dessus, il est utile d'appliquer sur la dalle de fond et les parois du silo un revêtement (*coating*). Celui-ci protégera le béton contre un contact direct avec l'acidité du milieu.

Fig. 15 : Emboîtement des blocs à sec et barres de sécurité en acier



## 9. LES BLOCS DE COFFRAGE

Les blocs de coffrage (fig. 16) sont des blocs creux, en béton, permettant le passage d'armatures verticales et horizontales. Ils sont profilés pour s'emboîter à sec (sans mortier) et former le coffrage d'un squelette en béton armé coulé in situ. De forme droite ou arrondie, ils peuvent être utilisés pour la construction de murs de soutènement pour silo couloir ou autre, de citernes rondes ou rectangulaires, de fosses à lisier... Des hauteurs de murs de soutènement jusqu'à cinq mètres sont possibles. Pour des murs coupe-feu ou porteurs, il n'y a pas de limite de hauteur.

La mise en œuvre de ces éléments est très simple. La pose doit se faire de niveau et sans mortier. En effet, afin de permettre la pose sans mortier, les blocs sont calibrés de manière précise après fabrication. Le premier lit de blocs est posé sur un bloc de fondation et en même temps que les étriers d'attente pour les armatures verticales et pour celles de la dalle de fond. Les armatures horizontales sont placées dans les encoches prévues à cet effet au fur et à mesure de la mise en place des blocs. Les blocs de deux lits consécutifs sont disposés en quinconce. Une fois la hauteur désirée atteinte, les armatures verticales du mur sont placées. Finalement, le pied du mur ou la dalle de fond est bétonnée et après prise de ce béton, du béton est coulé dans les murs (voir cadre).

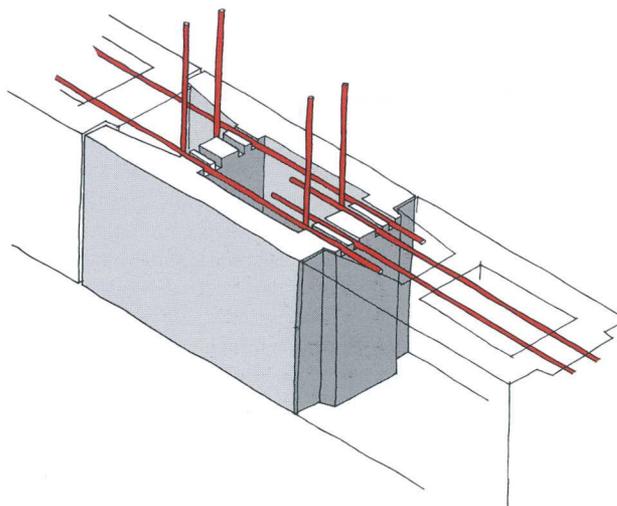


Fig. 16 : Blocs de coffrage

### LE BETON AUTO-PLAÇANT

Le béton auto-plaçant est un béton très fluide, homogène et stable, mis en œuvre sans vibration (le compactage s'effectuant par le seul effet gravitaire) et conférant à la structure une qualité au moins équivalente à celle correspondant aux bétons classiques mis en œuvre par vibration.

La particularité des bétons auto-plaçants réside essentiellement dans leurs propriétés à l'état frais :

- Ce type de béton doit, tout d'abord, s'écouler sous son propre poids.
- Il doit également pouvoir s'écouler, sans apport de vibration, au travers de zones confinées (dans un coffrage très ferrillé...). Une grande fluidité n'est pas une condition suffisante pour cela : ce type de béton doit présenter en plus une bonne résistance à la ségrégation en phase d'écoulement dans une zone confinée.
- Le béton auto-plaçant doit également avoir une bonne résistance à la ségrégation statique (une fois mis en place) jusqu'à sa prise, pour des raisons évidentes d'homogénéité.
- Il ne doit pas subir un tassement ou un ressuage trop important pour limiter la perte d'adhérence des armatures en partie supérieure.
- Ce béton est généralement pompable.

Ainsi, de par la facilité de mise en œuvre de ce béton ainsi que le haut degré de remplissage d'un milieu confiné fortement ferrillé, ce type de béton répond parfaitement au remplissage de murs en blocs de coffrage.





Van der Velden

## 10. LES DALLES DE REVETEMENT

Les dalles de revêtement sont des dalles de sol industriel constituées de béton armé ou non armé ou même précontraint. Ces dalles peuvent être ceinturées par une cornière métallique.

Les possibilités d'application de ces éléments, aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur, sont multiples : dalle de fond pour silo couloir, zone de stockage extérieure ou dalle d'un hangar, cour de ferme, chemin d'accès, revêtement de serre...

En ce qui concerne les dimensions géométriques, la largeur de ces dalles est généralement d'un mètre, tandis que la longueur est de deux ou trois mètres. L'épaisseur varie entre dix et seize centimètres. L'épaisseur de la plaque, la qualité du béton et l'armature assurent l'auto-résistance de l'élément aux sollicitations extérieures. Les dalles sont conçues pour des charges admissibles d'essieux de dix à vingt tonnes (200 kN).

La finition de la surface est :

- soit broyée, essentiellement pour les revêtements routiers, cours de ferme ;
- soit lissée, pour les silos couloirs, les zones de stockage ;
- soit broyée ou lissée avec incorporation d'une couche d'usure.

Les dalles sont pourvues de deux trous de levage facilitant la manutention. Elles sont posées sur un lit de sable compacté de minimum dix centimètres d'épaisseur. Dans le cas de sols peu portants (sols argileux déformables sous passage d'un essieu de treize tonnes), il est nécessaire d'utiliser un sable stabilisé au ciment. Lors de la pose, il faut garder un joint d'au moins cinq millimètres entre chaque élément. Ensuite, les joints sont remplis de sable ; il n'est pas nécessaire de les sceller.

Conçues pour être amovibles, les dalles de revêtement peuvent être réutilisées intégralement et facilement. En outre, des affaissements locaux de l'assise sont aisément rectifiés quelle que soit l'ampleur ou la localisation du tassement.

A remarquer qu'il existe également des dalles de revêtement pourvues de trous (un peu comme un caillebotis perforé de trous pour aire empaillée). Ces dalles sont utilisées comme chemin d'accès de la prairie à l'étable. Elles permettent en effet un ré-engazonnement partiel de l'aire bétonnée. Cette solution est idéale pour éviter les fréquentes étendues de boues séparant les étables et les prairies.





ce bulletin est publié par :  
FEBELCEM - Fédération de  
l'Industrie Cimentière Belge  
rue Volta 8 - 1050 Bruxelles  
tél. 02 645 52 11  
fax 02 640 06 70  
<http://www.febelcem.be>  
e-mail: info@felbelcem.be

auteur :  
Ir C. Ployaert

photos :  
A. Nullens  
(sauf mention contraire)

éditeur responsable :  
J.P. Jacobs

dépôt légal :  
D/2002/0280/05

## BIBLIOGRAPHIE

PTV 203 : *Caillebotis préfabriqués en béton armé et précontraint pour stabulations*

Bruxelles : PROBETON, 1998

PTV 201 : *Eléments préfabriqués de planchers alvéolés en béton armé et précontraint*

Bruxelles : PROBETON, 1997

NBN B21-001 : *Matériaux de maçonnerie – Prescriptions relatives aux matériaux de maçonnerie en béton*

Bruxelles : IBN, 1988

NBN EN 490 – *Tuiles et accessoires en béton – Spécifications des produits*

NBN EN 494 – *Plaques profilées en fibres-ciment et accessoires pour couvertures – Spécifications du produit et méthodes d'essai*

Bruxelles : IBN, 1994

VERVAKE V. ; SONCK B.

*Betonvloeren : kwaliteitseisen, normalisatie, onderhoud en reparaties.*

Studienamiddagen "Bevloering in melkveestallen"  
Ministerie van Middenstand en Landbouw, 2000

SONCK B. ; BOUSSERY K.

*Rundveestallen milieu- en diervriendelijk inrichten – Een hele evolutie*

Boer & Tuinder - Landbouw & Techniek, 2000, n° 23, p. 18

DAELEMANS J.

*De varkensstal : confort voor dier en mens*

*in : Hygiène et confort in de varkensstallen*

Ministère des Classes Moyennes et de l'Agriculture,  
mars 1998

SMOLDERS M. ; VAN WAGENBERG G.

*Ondergronds luchtinlaatsysteem bij vleesvarkens functioneert goed*

*Praktijkonderzoek varkenshouderij*

Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen,  
déc. 2000, n° 6

HENDRIKS J. ; DE LEEUW L.

*Introductie van emissie-arme stallen in Vlaanderen*

AgriBETON, 2e trim. 2001, n° 2, p. 18-21

PIETERS D.

*Systeembouw met steenmotief of steenstrips*

AgriBETON, 4e trim. 1999, n° 4, p. 27

*Conseils pour l'intégration paysagère des bâtiments agricoles*

Direction générale de l'agriculture – Direction générale de  
l'aménagement du territoire, du logement et du patrimoine  
Ministère de la Région wallonne, 2001

STORME K.

*Architecture et agriculture – Les agriculteurs contribuent à la*

*composition du paysage – Bâtiments agricoles : en harmonie avec leur environnement ?*

Construction & Rénovation, sept.-oct. 2000, n° 56

SPINCEMAILLE L.

*Daken in golfplaten van vezelcement*

AgriBETON, 2e trim. 2001, n° 2, p. 14-17

FOUARGE B.

*Les silos*

Revue Béton, n° 148, p. 69-80

Bruxelles : FEBE, déc. 1998

*Les produits en béton préfabriqués en usine*

Fiche Technique AB5

Paris : CIMBETON, 2000

*Bêtons auto-plaçants – Recommandations provisoires*

Documents scientifiques et techniques

Paris : Association française de Génie civil, juillet 2000