

Comment améliorer la durée de vie des sols bétonnés des aires de circulation des animaux ?

Le béton reste la solution la plus économique et la plus souple en termes de préparation de chantier. Pourtant, il n'est pas toujours conforme à ce qui est souhaité : les conditions météorologiques, la rapidité des chantiers, la facilité de mise en œuvre sans finition, la réduction des coûts, le non-respect des contraintes liées aux aléas climatiques, l'auto-construction mal maîtrisée, etc... sont autant de raisons à l'origine de sols bétons qui vieillissent mal et responsables de problèmes de santé sur les animaux (glissance prématurée, etc...).

L'objectif de cette brochure est d'apporter quelques recommandations sur la réalisation de sols bétonnés durables, adaptés aux animaux en termes de comportement et de santé des onglons (glissance, rugosité), faciles à entretenir et à nettoyer...



L'AUTO-CONSTRUCTION

L'auto-construction : oui si elle est bien maîtrisée !

Des éleveurs veulent réaliser des chantiers par eux-mêmes, soit par goût, soit par nécessité économique. Ceci implique la connaissance des techniques mais aussi des risques auxquels ils s'exposent. Il est indispensable d'intégrer la sécurité sur le chantier et cela dès la conception. Les erreurs lors des travaux ont des conséquences négatives sur la durée de vie des bétons, la santé des animaux, les retards de mise en service, la santé des éleveurs. De nombreux éleveurs témoignent que « si c'était à refaire, on ne s'y engagerait pas ! ».

Tester ses compétences, ses capacités et son aptitude à l'auto-construction

La recherche du moindre coût conduit des éleveurs à entreprendre leur chantier de maçonnerie en auto-construction. Le Béton Prêt à l'Emploi (BPE) est alors le plus adapté. Matériau de qualité, sa mise en application nécessite le respect de règles qui conditionnent la durabilité de l'ouvrage avec pour objectif : résistance et étanchéité. Un chantier de dallage peut être une occasion de tester ses capacités et son aptitude à ce nouveau métier.

Ne pas sous-estimer le temps nécessaire

Le temps passé à la commande, la réception des matériaux, la préparation du chantier, et au coulage est important. Il faut, dès le départ, considérer l'incidence de l'auto-construction sur le suivi et la surveillance du troupeau et ne pas oublier l'incidence sur la santé. Un chantier est toujours une épreuve pour l'éleveur. Avec l'auto-construction, si la charge de travail est mal évaluée, s'accumulent la fatigue, la souffrance et les risques d'accidents.

L'auto-construction est plutôt adaptée à des petites surfaces de sol. En effet, les gros chantiers sont très chronophages et toujours plus techniques.

Document ressource sur l'auto-construction :

[Idele et al., 2011, L'auto-construction des bâtiments d'élevage, 77 pages, en ligne sur le site \[idele.fr\]\(http://idele.fr\), Domaine d'expertise Equipement.](#)

DÉFINITION DE QUELQUES TERMES TECHNIQUES

- **Béton** : Matériau de construction formé par un mélange de ciment, de granulats et d'eau, éventuellement complété par des adjuvants et des additifs.
- **Résistance des bétons et son évolution dans le temps** : Le durcissement est une étape dans l'évolution des bétons ; après la prise, le matériau passe de l'état plastique à l'état solide et acquiert sa résistance au fil du temps.
- **Béton empreinte** : Béton frais sur lequel on a appliqué un colorant et/ou une matrice pour reproduire en négatif le motif qu'elle porte en positif ; on peut ainsi obtenir, par exemple, un effet de pavés ou un sol non glissant en stabulation.
- **Béton rainuré** : Béton dont le rainurage est réalisé mécaniquement après durcissement.
- **Compactage (ou serrage ou fermeture) du béton** : Opération consistant à tasser mécaniquement un béton, par vibration (règle ou aiguille vibrante) ou pilonnage afin d'éliminer les vides d'air présents dans le mélange pour en augmenter la compacité.
- **Neutralisation des bétons** : Le lait de chaux qui remonte à la surface des bétons neufs (ou après rainurage) crée un milieu basique qu'il est nécessaire de neutraliser avec un apport d'acide faible dilué.
- **Pente longitudinale et transversale** : Une pente transversale de 2,5 à 3 % et une pente longitudinale de 1,6 % sont l'optimum pour une bonne évacuation des liquides dans le canal.
- **Ragréage** : Opération d'enduction partielle d'une maçonnerie ou d'un voile à l'aide d'un mortier fin. On y a recours pour obturer le bullage, les épaufures et les défauts de surface éventuels consécutifs au décoffrage, et obtenir un parement lisse.
- **Laitance** : Mélange très fluide de ciment, d'éléments fins et d'eau, qui a tendance à migrer vers la surface et à couler dans les irrégularités, trous et interstices des moules, créant en surface des taches et auréoles dues à l'enrichissement en grains de ciment.

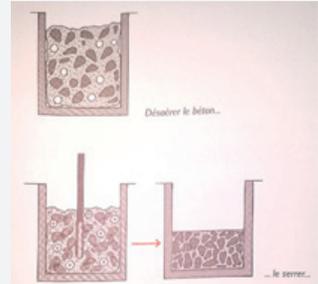


Illustration 1 : Schéma d'un compactage du béton

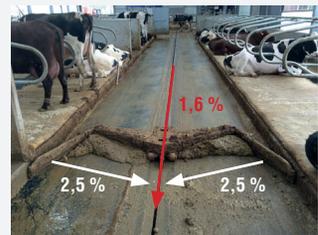


Photo 1 : Schéma explicatif d'une pente longitudinale et d'une pente transversale d'après la plaquette IDELE « Quelles innovations pour éliminer l'humidité sur les sols pleins bétonnés des aires de circulation des animaux ? »

Source : d'après <http://www.infociments.fr/glossaire/>

Mais attention : « ce n'est pas parce que c'est une entreprise qui a fait, que c'est forcément bien fait ! »

Au-delà du choix du béton et de sa mise en place, **l'enjeu c'est la finition !**

Le type de finition dans la demande de devis est bien à préciser. Et au moment de la réalisation des bétons, des vérifications s'imposent !



Photo 2 : Réalisation du coulage d'une dalle béton

DÉFINITION D'UN « CAHIER DES CHARGES » DES BESOINS POUR LES SOLS EN BÉTON DES AIRES DE CIRCULATION

La nature et les caractéristiques du sol des aires de circulation sont centraux tant pour le comportement des animaux et la santé des pieds que pour la propreté et l'entretien de ces aires de vie, la pérennité et donc le coût de l'installation.

UNE RÉSISTANCE ADAPTÉE À L'UTILISATION

La conception du dallage doit tenir compte des charges qui seront supportées par le sol durant toute la durée de vie de l'ouvrage (utilisation uniquement par des animaux et/ou avec accès au matériel). Plusieurs éléments permettent d'y répondre :

- décapage de la terre végétale ;
- empierrement, compactage, mise à niveau, finition sous dalle ;
- épaisseur du dallage ;
- ferrailage, à bien intégrer dans la dalle et non collé au sol (utilisation d'écarteurs) ;
- type de béton.

UN COMPROMIS ENTRE GLISSANCE / RUGOSITÉ, ADAPTÉ AUX BESOINS DES ANIMAUX

Une méthode simplifiée peut être proposée pour mesurer la glissance des sols : le test avec les bottes selon la grille inspirée d'Aschan et *al.* (2009) et mise au point en Finlande (tableau 1).

Les sols bétonnés ne doivent pas être trop glissants pour permettre aux animaux de se déplacer facilement et sereinement et d'exprimer leurs besoins naturels (léchage sur 3 pattes, chevauchements - cf. photo 3). Ils ne doivent pas non plus être trop rugueux ou abrasifs au risque d'user la sole et la corne des onglons de façon excessive, ce qui poserait des problèmes de santé des pieds et de locomotion. Ils ne doivent pas non plus présenter de parties saillantes pouvant blesser les onglons.

Un compromis est à établir entre non-glissance et non-abrasivité dans la mesure où l'aspect rugueux opposé à l'aspect lisse, générateur de glissance, est un facteur d'adhérence des onglons et ne doit pas être un facteur de leur usure accélérée.

L'étude SOLVL (2013-2017 : cf. tableau 2) a permis de montrer que les sols bétons étaient considérés glissants par

TABLEAU 1 : MESURE DE LA GLISSANCE DES SOLS SELON LA GRILLE INSPIRÉE D'ASCHAN ET AL.

Code	Signification	Mouvement de botte
TG	Très glissant (very slippery)	La botte n'adhère pas sur un pas normal
G	Glissant (slippery)	La botte avance fortement mais s'arrête au-delà de 15 cm
I	Intermédiaire (neutral/uncertain)	La botte avance de l'ordre de 10 -15 cm
R	Résistant (slip-resistant)	La botte avance un peu (quelques cm) mais avec résistance marquée
TR	Très résistant (very slip-resistant)	La botte reste en place

TABLEAU 2 : AGE DES SOLS CONSIDÉRÉS GLISSANTS PAR LES ÉLEVEURS (CASDAR SOLVL)

Type de sol	Effectif	Age du sol	Temps d'utilisation ramené à 100 % en années
Béton rainuré < 1 an	9	9,4	3,7
Béton rainuré > 1 an	13	27,8	11,9
Béton avec empreinte à la confection	7	18	11,5
Béton gratté	3	1,3	1,2
Caillebotis standards	5	12,8	6,4
Tapis ajouré	2	10,5	6,4

les éleveurs selon le type de réalisations :

- Le délai entre la confection du béton et le rainurage mécanique semble influencer l'apparition de la glissance : environ 4 ans pour un rainurage mécanique précoce (moins d'un an) et environ 12 ans pour un rainurage plus tardif ;
- Un béton gratté devient glissant au bout d'environ une année d'utilisation. Cette finition du béton n'a pas l'ambition de rendre le béton non glissant très longtemps mais permet de retarder d'autant la solution corrective comme le rainurage mécanique qui devient alors plus durable ;
- Les bétons avec empreinte à la confection ont un résultat équivalent (11,5 ans) par rapport au béton rainuré mécaniquement au-delà d'un an : ces sols peuvent être rainurés mécaniquement par la suite et sont potentiellement plus durables ;
- Les caillebotis (comme les tapis) obtiennent une durée équivalente (6,4 années d'utilisation à 100 %), ce qui est inférieur aux bétons avec empreintes ou rainurés mécaniquement au-delà d'un an.

SOL VL



Photo 3 : Vache à l'aise pour se lécher sur 3 pattes sur un sol non glissant

TABEAU 3 : POURCENTAGE DE SURFACE SALE ET/OU HUMIDE APRÈS RACLAGE DES COULOIRS

Catégorie de sol	Sols pleins (lisier et fumier)	Caillebotis
50 % les meilleurs	27% à 100%	0% à 13%
50 % les moins bons	100%	14% à 62%



FACILITÉ DE NETTOYAGE

La facilité de nettoyage est un élément à prendre en compte. L'humidité est favorable aux infections podales type dermatite digitée. L'onglon étant plus sensible à l'usure dès lors qu'il est en permanence en milieu humide, la limite de l'abrasivité est rapidement atteinte.

Par ailleurs, un sol sale, raclé partiellement, devient plus glissant. L'entretien des sols et l'élimination de l'humidité sont aussi des facteurs de maîtrise de bonne santé des animaux. Le croûtage en période chaude et sèche ou dans les bâtiments très ventilés doit être surveillé avec une prise en charge dès le démarrage du croûtage (décapage, basculement d'abreuvoirs en tête de couloir, etc...).

Les sols de circulation des animaux (couloirs de circulation, passages entre rangées de logettes, aire d'attente, etc...) doivent être faciles d'entretien pour garantir une bonne hygiène de l'aire de vie et du lieu de traite.

Après raclage, d'après l'étude SOLVL, plus de la moitié des élevages équipés

de caillebotis avaient des sols propres et non humides, tandis que 100 % des sols pleins étaient systématiquement souillés sur au moins 30 % de la surface d'aire d'exercice. Les sols en bétons étudiés sont donc perfectibles en termes d'efficacité du raclage quotidien (cf. tableau 3) et de conception.

LES ERREURS À ÉVITER : L'AJOUT D'EAU

L'humidité dans les bâtiments et notamment au niveau du sol est un problème majeur pour la santé des bovins. Le caillebotis est une solution efficace pour maintenir les sols secs, dès lors qu'ils sont raclés fréquemment. En effet, après raclage seulement 18 % des caillebotis évalués étaient toujours humides, quand cette humidité des sols était observée pour 46 % des sols pleins. Cependant, les sols pleins peuvent aussi permettre d'éliminer l'humidité de façon efficace si la pente est suffisante et l'entretien régulier.

ZOOM

LA NORME NF EN 206/CN

Elle définit la désignation normalisée du béton telle que reprise sur les bons de livraison et mentionnant les caractéristiques principales du produit : Depuis de nombreuses années, l'industrie du béton s'est engagée dans le développement des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) basées sur l'Analyse du Cycle de Vie (ACV).

CHOIX DES BÉTONS

L'entreprise de mise en œuvre du béton est le prescripteur du matériau. Il est essentiel que l'échange entre cette entreprise et le fournisseur de Béton Prêt à l'Emploi (BPE) permette de définir précisément le type de béton souhaité en fonction du type d'ouvrage, de la durabilité attendue, des caractéristiques mécaniques et de sa mise en œuvre.

Le matériau « béton » est encadré par un contexte normatif et réglementaire visant à optimiser la qualité des bétons et la durabilité des ouvrages.

Ce contexte normatif comprend :

- la norme béton NF EN 206/CN,
- les normes applicables aux composants (ciment, granulats, addition, adjuvant, eau, etc.),
- les normes de calculs (Eurocodes),

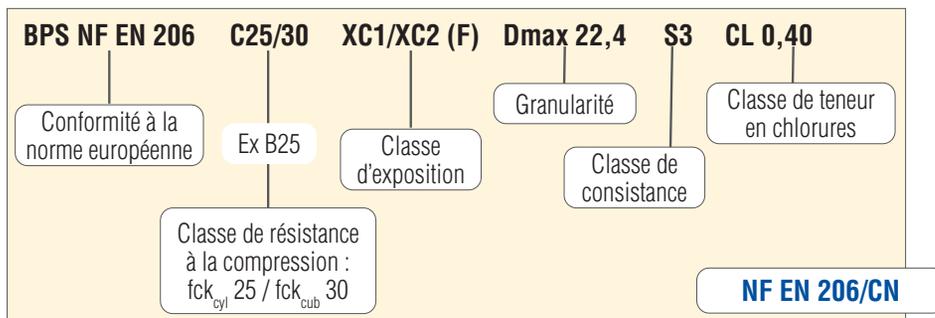
- les normes d'exécution (NF EN 13670, DTU 13.3, DTU 21, etc.),
- les normes d'essais.

L'ensemble de ce contexte normatif, homogène et complet, vise à assurer la durabilité de l'ouvrage. Il contribue à conserver les fonctions d'usage et à maintenir le niveau de fiabilité et l'aspect esthétique, tout en maîtrisant les frais de maintenance et d'entretien.

Il concourt au fait que le béton reste synonyme de :

- longévité,
- peu d'entretien,
- résistance à la plupart des agents agressifs et corrosifs,
- adaptation à tous les types d'environnements.

ILLUSTRATION 2 : DÉSIGNATION NORMALISÉE DU BÉTON SUR LES BONS DE LIVRAISON



CLASSES D'EXPOSITION

La norme NF EN 206/CN définit les formulations du béton adaptées, en fonction des contraintes liées à chaque partie d'ouvrage. La norme béton NF EN 206/CN définit ainsi les classes d'exposition regroupées par risque de corrosion ou d'attaques dépendant des actions et conditions environnementales auxquelles le béton de l'ouvrage, ou de la partie de l'ouvrage, est soumis. À ces classes sont associées des exigences minimales que le béton doit respecter.

Un même béton peut être soumis à plusieurs classes d'expositions différentes. Dans ce cas, le béton doit respecter la sélection des exigences les plus sévères définies pour chaque classe.

Les sols des bâtiments d'élevage sont des aires soumises à des agressions importantes et répétées. Pour nettoyer certaines aires de vie des animaux, il faut parfois effectuer un nettoyage sous jets d'eau à haute pression, mélangés à de puissants produits détergents, ce qui éprouve durement le sol, comme également le passage répété et fréquent du racleur à lisier. Mais la plus forte dégradation provient des zones en contact avec l'ensilage.

Pour les aires de vie et les stabulations, les classes d'expositions des bétons utilisés couramment sont les suivantes :

- fondations :
 - cas courant : XC1/XC2,
 - cas particulier si sol agressif : XA1 à XA3.
- radier ou dallage :
 - Cas courant : XA1.
- table d'alimentation :
 - avec foin : XA1,
 - avec ensilage d'herbe ou maïs : XA2 ou XA3 en fonction de l'agressivité des effluents,
- silos : XA3.

CONSISTANCE

La consistance est une mesure de la fluidité ou de l'ouvrabilité du béton : la consistance est directement liée à la mise en œuvre du béton en fonction de l'ouvrage et en fonction de la durée du coulage. La fluidité du béton doit se prévoir lors de la commande : l'ajout d'eau sur chantier est interdit et engendre des désordres dans le béton (impact sur la durabilité du béton, sur ses résistances mécaniques, etc...).

Il existe 5 classes de consistance des bétons (S1 à S5, du plus ferme au plus fluide). Ces bétons doivent être vibrés lors de leur mise en œuvre. Le choix de la classe (Cf. tableaux 5 et 6) est un compromis entre la maniabilité (béton fluide) et la nécessité de réaliser des pentes et des formes imprimées (béton plus ferme). **La classe la plus adaptée se situe entre S2 et S3.**

ILLUSTRATION 3 : EXEMPLES DE CHOIX DE BÉTON EN FONCTION DE SA DESTINATION DANS L'OUVRAGE (SELON LA NORME NF EN 206-1)

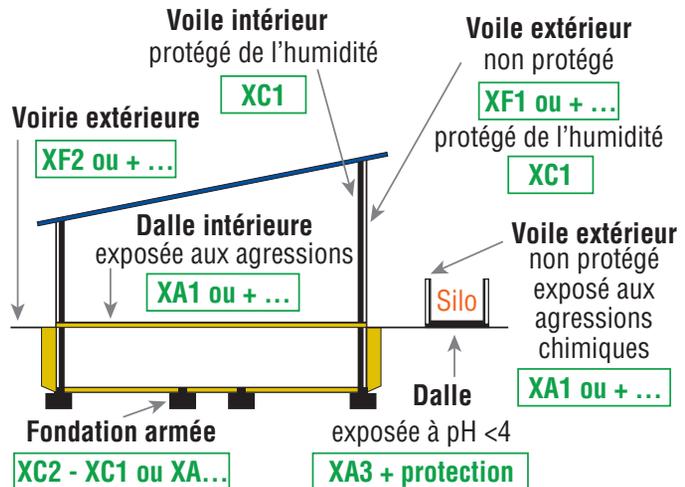


TABLEAU 4 : TYPES DE BÉTONS SELON LES OUVRAGES AGRICOLES

Exemples d'ouvrages	Classes d'exposition	Classes de résistance minimale (se référer aux études de dimensionnement de l'ouvrage qui peuvent exiger une classe supérieure)
Fosses à lisier et à fumier, aires d'ensilage, parcs de stabulation	XA1* XA2* XA3*	C 30/37 C 35/45 C 40/50
Fondations et dallages intérieurs en contact avec le sol	XC1*	C 25/30
Intérieurs de bâtiment (milieu sec) : poutres, planchers, poteaux	XC1*	C 25/30
Bétons extérieurs non protégés : murs, plates-formes	XF1** XF3**	C 25/30 C 30/37
Voiries extérieures, plates-formes exposées au gel et aux sels de déverglaçage	XF2** XF4**	C 25/30 C 30/37

* 1. Selon le degré d'agressivité chimique et tout particulièrement le pH, il y a lieu de se référer au fascicule FD P 18-011. Pour des ouvrages tels que des silos d'ensilage pouvant être exposés à des jus dont le pH est inférieur à 4, des précautions supplémentaires comme la mise en œuvre d'une protection de type enduit, peinture ou la réalisation d'une dalle flottante d'usure sont nécessaires.

2. Si le béton est exposé à une attaque chimique, utiliser les classes XA1, XA2 ou XA3.

** Selon zones de gel.

TABLEAU 5 : CHOIX DE LA CLASSE DE CONSISTANCE DES BÉTONS

Classe d'affaissement au cône d'Abrams	S1	S2	S3	S4	S5 (BAP)
Affaissement (en mm)	10 - 40	50 - 90	100 - 150	160 - 210	> 220
Utilisation sol des aires de vie des animaux	Non recommandé (trop ferme) Adapté au sol pour réaliser de forte pente	Adapté au sol pour réaliser des pentes ou marquer des empreintes		Non recommandé (trop fluide pour réaliser des pentes ou marquer des empreintes)	

Classe d'affaissement	S1	S2	S3	S4	S5
Affaissement au cône d'Abrams	De 10 à 40 mm 	De 50 à 90 mm 	De 100 à 150 mm 	De 160 à 210 mm 	≥ 220 mm 
Exemples indicatifs	Ouvrages avec forte pente ou demandant une mise en place immédiate (garage avec forte pente)	Ouvrages avec faible pente (accès, dalle pleine vibrée)	Ouvrages sans pente demandant une mise en place simplifiée (fondations, voiles)	Ouvrages sans pente (fondations, dalles, voiles avec forte densité d'armatures)	Ouvrages demandant une éventuelle planéité ou dans le cas d'un coffrage, etc. sans vibration (voiles complexes, fondations)



Photo 4 : Cône d'Abrams

Il existe également des bétons autoplaçants (BAP) qui sont les seuls ne nécessitant pas de vibration : ils se mettent en œuvre sous l'effet de leur propre poids et sont ainsi plus fluides. Ce type de béton en général n'est pas adapté pour réaliser des sols d'aire de vie compte-tenu des pentes.

Le prescripteur du béton est l'entreprise de maçonnerie ou le maître d'œuvre (éleveur, bureau d'études). Il est essentiel de dialoguer avec le fournisseur de béton pour définir ensemble le béton adapté aux besoins pour réaliser les sols souhaités. L'expérience et le savoir-faire du maçon (ou de l'auto-constructeur) est primordiale. Un tel chantier d'apparence simple requiert une forte technicité pour obtenir un sol de qualité et durable.

COMMANDE DE BÉTON

Lors de la commande du béton, il est nécessaire d'aborder les points suivants :

- adresse du chantier,
- date de livraison,
- horaire de livraison souhaitée,
- cadence de livraison : à détailler en fonction de la surface, des personnes sur le chantier, des conditions climatiques (cela évite l'ajout d'eau à proscrire !),
- quantité commandée (m³),
- classe d'exposition,
- dimensions maximales du plus gros granulat (à définir en fonction de la densité de ferrailage),
- consistance du béton choisi,
- mode de livraison mise en place (brouette, goulotte, tapis, pompe, toupie adaptée à la localisation, la distance et la rapidité d'approvisionnement du chantier, etc...).

MISE EN ŒUVRE DES BÉTONS

Avant la livraison du béton, le chantier doit être prêt et propre. Les coffrages sont en place, le positionnement et le calage des armatures effectués.

Les treillis soudés sont utilisés pour éviter le phénomène de retrait et augmenter la résistance du béton. Pour cela, il est nécessaire de les enrober dans la dalle.

Les fibres ne remplacent pas les armatures structurelles. Elles ont pour rôle de renforcer l'action de ces armatures en s'opposant à la propagation des microfissures.

L'INFLUENCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES

Dans la mesure du possible, il faut privilégier les situations climatiques optimales de 5°C à 25°C et peu venteuses en cas de chantier en extérieur pour éviter un assèchement trop rapide. Sinon en cas de températures extrêmes, les fournisseurs de béton peuvent proposer des formules adaptées (en fonction du choix du ciment et de l'incorporation d'adjuvants) :

1) Cas du bétonnage par temps chaud

L'élévation de température agit sur :

- l'hydratation du ciment,
- la rhéologie du béton (= étude de la déformation et de l'écoulement du béton sous l'effet d'une contrainte appliquée) et son évolution : baisse de la maniabilité,
- la vitesse de prise,
- la cinétique ou la vitesse de réaction d'hydratation et de durcissement,
- l'évaporation de l'eau et la dessiccation du béton.

Pour des températures hautes, on constate :

- une incidence défavorable sur les propriétés du béton frais, les performances du béton durci et sur la durabilité,
- une baisse des résistances mécaniques,
- une augmentation du retrait,
- un risque de fissuration.

2) Cas du bétonnage par temps froid

La prise et le durcissement du béton sont retardés par une baisse de la température. Les résistances du béton soumis à des basses températures sont donc très faibles, même au bout de quelques jours. Pour des températures basses mais supérieures à 0°C, les réactions d'hydratation du ciment ralentissent. On constate un retard du début de prise et un allongement du temps de durcissement.

La cinétique d'hydratation du ciment et le durcissement s'arrête dès que la température du béton descend en-dessous de 0°C. Un béton gelé devient friable.

LE TRANSPORT DU BÉTON PRÊT À L'EMPLOI (BPE)

Le délai cumulé depuis la fabrication, de transport et de mise en œuvre ne doit pas dépasser 2h, délai ramené à 45 minutes par temps chaud. Sinon, le risque de perte de maniabilité est accru. Dans le cas où des délais plus longs seraient nécessaires, l'emploi de retardateurs de prise ou de plastifiants est indispensable.

Pour ne pas réduire les performances du béton, tout ajout d'eau est interdit pendant le transport, au cours du déchargement et au cours du chantier !

LE SERRAGE DU BÉTON (OU VIBRATION)

Le serrage est indispensable pour obtenir des bétons solides et durables (sauf dans le cas de bétons autoplaçants).

On utilise généralement pour le serrage des aiguilles vibrantes électriques, pneumatiques ou thermiques, de 25 à 150 mm de diamètre, en fonction du volume du béton à vibrer.

Les règles suivantes doivent être respectées :

- immerger l'aiguille verticalement ou sous un angle faible,
- remonter l'aiguille lentement (10 à 15 secondes) sur une hauteur n'excédant pas 60 cm,
- choisir des points de vibration successifs avec un écartement en fonction du diamètre de l'aiguille,
- ne pas vibrer trop près du coffrage et ne pas toucher les armatures avec l'aiguille.

LA PLANÉITÉ ET LES PENTES DES SOLS

Les recommandations du DTU 21 définissent l'exécution d'une surface horizontale en bâtiment.

En stabulation, il est recherché des pentes pour éviter les flaques. Les pentes longitudinales et transversales sont des solutions techniques de plus en plus conseillées sur les aires de circulation des animaux.

LES JOINTS (DILATATION, RETRAITS...)

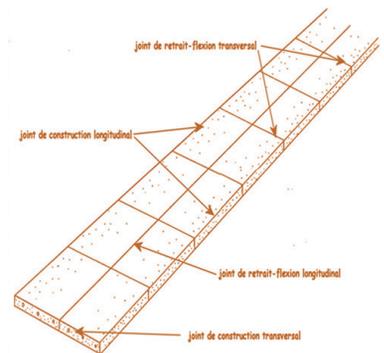
Le plan de calepinage du dallage doit prévoir la réalisation de joints. Leurs objectifs sont de :

- pérenniser la structure vis-à-vis de la pénétration de l'eau (infiltration) à l'interface,
- éviter une fissuration anarchique du dallage.

Les joints sont de trois types :

- joints de construction (longitudinaux ou transversaux) : localisés aux limites soit de l'ouvrage, soit de certaines opérations lors de sa mise en œuvre (arrêts de bétonnage, largeur de mise en œuvre) ;
- joints de retrait-flexion (longitudinaux ou transversaux) : canalisent la fissuration naturelle du béton (tous les 25 à 30 m²). Deux méthodes sont possibles : au moment du coulage, ou après le coulage par sciage du béton ;
- joints de dilatation, entre structures différentes, nécessaires pour les dalles extérieures tous les 25 m en traversant toute l'épaisseur de la dalle. Pour les sols intérieurs, ils sont réalisés tous les 45 m.

ILLUSTRATION 4 : EXEMPLE DE CALEPINAGE DES JOINTS DE RETRAIT OU DE CONSTRUCTION



POUR EN SAVOIR PLUS

Synthèse « Quelles innovations pour éliminer l'humidité sur les sols pleins bétonnés des aires de circulation des animaux ? »
- Novembre 2021, Institut de l'Élevage, Coll. Synthèse, 8 p.



Photo 5 : Exemple de différence de hauteur de seuils entre les passages et les logettes

LES TRAITEMENTS DE SURFACE ET LA CURE

Après compactage, différentes méthodes de traitements de surface peuvent être appliquées sur les dallages pour les rendre antidérapants, faciles à nettoyer et esthétiques. Béton lissé à la règle, taloché, balayé, brossé, désactivé, etc... : le traitement à effectuer est en fonction de la destination de l'ouvrage à réaliser. Les différents procédés sont développés dans le chapitre suivant.

La cure du béton est la protection apportée pour éviter sa dessiccation (perte d'eau par évaporation) pendant les premières journées après la mise en œuvre. La dessiccation entraîne une déshydratation du mortier de surface et un retrait rapide ayant pour conséquence des fissurations. **La cure est toujours nécessaire, mais malheureusement très peu mise en œuvre !**

Elle est réalisée :

- pour les dallages, après la fin du surfacage, soit par la pulvérisation d'un produit de cure, soit par la mise en place d'un film de polyéthylène translucide ou d'un géotextile régulièrement humidifié ;
- pour les murs en élévation, après décoffrage, par la pulvérisation d'un produit de cure ou par la mise en place d'un géotextile régulièrement humidifié.

LES SPÉCIFICITÉS DE LA RÉALISATION DES PASSAGES ET DES MARCHES

Les hauteurs de marche d'auge en aire paillée intégrale vont de 20 à 40 cm. Elles doivent être adaptées au gabarit des animaux. De même, leur longueur se situe entre 1 m à 1,20 m pour les veaux et petits ruminants, et 1,90 à 2,40 pour des bovins adultes. La surface doit être traitée de manière à limiter la glissance.

En revanche, une hauteur de passages (cf. photo 5) entre logettes plus basse que les seuils des logettes (voire au niveau des couloirs en système caillebotis ou robots collecteurs) permet de :

- réaliser plus facilement des pentes dans les passages ;
- d'être moins agressif pour le déplacement des animaux (surtout pour les grands troupeaux avec de nombreux passages) ;
- pouvoir transférer du matériel d'un couloir à l'autre (type matériel d'entretien des logettes).

Cas particulier de réfection avec maintien de la hauteur du seuil de logette :

La hauteur des seuils des logettes doit prendre en compte le type de réfection envisagé et réalisé dans un second temps :

- dans le cas d'une réfection par l'ajout d'un support sur la dalle usagée comme l'asphalte ou le tapis caoutchouc (d'épaisseur de 2 à 3 cm), il sera nécessaire d'intégrer la hauteur supplémentaire dans le seuil de logettes : pour un seuil d'origine de 20 cm en système lisier par exemple, la hauteur à réaliser sera de 23 cm ;
- dans le cas d'une réfection avec maintien ou réduction de la hauteur de la dalle (épaisseur du sol plus épais pour permettre une usure) : la hauteur du seuil de logette sera alors maintenu (par exemple 20 cm système lisier ou 25 cm système fumier).

SPÉCIFICITÉS DE LA RÉALISATION DES ZONES D'ATTENTE AVANT LA TRAITE

Les sols des aires d'attente avant la traite doivent être traités de manière à :

- limiter au maximum la glissance du fait d'une concentration importante des animaux favorisant les bousculades et des tensions ;
- permettre un nettoyage facile après la traite afin de faciliter le travail de l'éleveur et obtenir un sol propre pour la traite suivante.

En l'absence de tapis caoutchouc, une finition adaptée des sols sera indispensable (Cf. paragraphe ci-après).

FINITION DES SOLS EN BÉTON FRAIS : UNE ÉTAPE CRUCIALE !

Le but de la finition est d'avoir un sol non glissant à la mise en service et de retarder le plus possible les solutions correctives notamment le rainurage mécanique. En effet, l'étude SOLVL a montré que des interventions correctives trop précoces affectaient la durabilité des sols (cf. tableau 2) difficile à obtenir ce qui aboutit parfois à une glissance prématurée et une intervention trop précoce (10 à 15 % des cas des sols suivis dans l'étude SOLVL).

Différentes solutions en béton frais sont possibles (d'après le document du GIE Lait Viande Bretagne Bretagne : « Le traitement des bétons de sols des aires d'exercice » – avril 2010), sachant que le moment de réalisation peut être différent selon le choix de finition (plus tôt pour « enfoncer les cailloux », ou plus tard pour une finition rugueuse) :

• **finition à la règle** : le béton frais est simplement tiré à la règle. Cependant, il s'avère insuffisant sur les aires d'exercice des animaux sans traitement anti-glissance.

• **finition au rouleau** : après réglage du béton, ce procédé permet de remonter de la laitance pour faciliter le lissage. La finition est rugueuse et équivalente à un balayage.

• **finition balayée ou broyée** : ce système convient pour les couloirs de passages entre logettes. En revanche, il est déconseillé en salle de traite en raison de la difficulté à laver. Sa durabilité est limitée sur les aires d'exercice. Il peut être réalisé en attente d'un rainurage par exemple. Le principe est d'utiliser un balai brosse sur le béton frais avant durcissement complet, mais bien fermé. La technique reste économique puisqu'elle est peut-être réalisée par l'éleveur.

• **finition avec empreintes (ou bouchardage)** : Cette technique convient aux aires d'exercice et aires d'attente. Elle est déconseillée en salle de traite du fait de la difficulté à laver. Le principe est d'imprimer une forme dans le béton frais avant durcissement complet, mais bien fermé. L'avantage est la rapidité de mise en œuvre et un rainurage dans plusieurs directions. La précaution à prendre est d'intervenir au bon moment. Les formes losangées ou carrées avec une épaisseur des fentes 1,5 cm et de côté minimum 8 cm (réf. CIGR = Commission Internationale du Génie Rural) permettent de repousser l'intervention d'un rainurage mécanique une dizaine d'années plus tard.

Il est conseillé d'éviter des rainures trop profondes (0,5 cm) pour limiter l'accumulation de jus, la fermentation



Photo 6 : Béton tiré à la règle



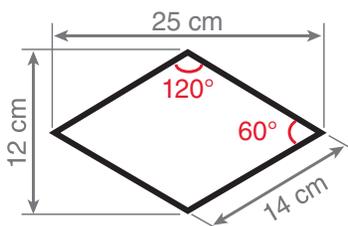
Photo 8 : Béton avec finition balayée



Photo 7 : Béton avec finition au rouleau « Roller Tamper » ou rouleau Lissarde



Photo 9 : Béton avec finition empreintes



Caractéristiques du rouleau :

- diamètre des tiges en inox = 10 mm permettant de faire des rainures de 10 à 15 mm de large et de 0,5 à 0,7 mm de profondeur,
- 5 losanges par tour aboutissent à un diamètre théorique d'environ 20 cm.

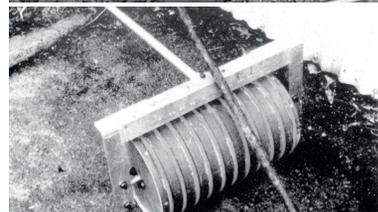
Photo 10 : Rouleau empreinte en losange pour béton frais, utilisée à la SCIA des Coëvrons (53)

et les remontées d'odeurs. Lors de la réalisation, il est nécessaire d'éviter de faire ressortir les granulats de béton.

Un exemple de bouchardage : boucharde SICA des Coëvrons (53) avec des losanges 12 x 14 cm (photo 10).

• **finition rainurée frais** : ce principe convient aux aires d'exercice et aux aires d'attente. Il est moins adapté en salle de traite en raison de sa difficulté à laver. Le principe est de réaliser des rainures à la fourche sur béton frais avant durcissement complet, mais bien fermé. La mise en œuvre est rapide, mais ce procédé nécessite d'intervenir au bon moment.

Il est conseillé de prévoir des rainures de 1,5 cm d'épaisseur et espacées de 5 cm. Les dents des fourches sont parfois trop fines et creusent trop en profondeur (accumulation de jus et



Photos 11 et 12 : Exemples d'outils pour rainurer du béton frais

remontées d'odeurs). Ce type de finition est intéressante sur les petits passages, dans les angles, ou pour réaliser des rainures croisées.

La rugosité de surface est indispensable en particulier avec le bouchardage et le rainurage : leur partie plane doit être antidérapante. La finition « industrielle » avec hélicoptère (très bien pour la fermeture du béton) doit être aussi complétée par un apport de rugosité de surface antidérapante.

Il est fortement **déconseillé** de :

- rainurer mécaniquement pour apporter le caractère antidérapant après réalisation du béton fermé à l'hélicoptère ;
- rainurer le plus rapidement possible pendant que le béton est encore tendre, malgré une moindre usure du matériel, une réalisation plus rapide et moins coûteuse.

Le rainurage précoce peut être subi à cause d'une mauvaise finition et un sol prématurément glissant.

Le test de la botte (cf. tableau 1) après durcissement des sols est une bonne

méthode d'évaluation de l'état de glissance des sols.

La durée de vie de la finition de surface est courte mais si elle est bien réalisée, elle retarde le rainurage mécanique le plus possible et au moins un an.

Attention au respect des pentes !

La finition des sols en surface est primordiale mais n'enlève pas les problèmes de « flaques » liées aux défauts de pentes pouvant être à l'origine de problèmes sanitaires !

LA NEUTRALISATION DES BÉTONS PAR ACIDIFICATION

Chaque étape de réalisation du béton doit être respectée sinon elles peuvent être des causes d'échecs, et de dégradation prématurée.

La neutralisation est une des étapes clés. Les erreurs à éviter sont une réalisation de chantier trop tardive ou une neutralisation trop précoce.

Le lait de chaux remonte à la surface des bétons neufs (ou après rainurage) et provoque très souvent des boiteries très sévères. Les milieux basiques peuvent favoriser le développement de bactéries impliquées dans la pathologie du pied. Pour prévenir ce problème, il est nécessaire de neutraliser les bétons avec

un apport d'acide.

En pratique, après un rinçage des bétons à grande eau (élimination des résidus, laitance...), les bétons doivent être arrosés avec une solution d'acide faible, comme du vinaigre par exemple qui contient de l'acide acétique à raison de 5 litres par 100 m². Pour faciliter l'application en évitant le ruissellement, le vinaigre est dilué à raison de 1 litre pour 10 litres d'eau. Un rinçage final sera réalisé pour éliminer les produits de la réaction.

Attention, l'utilisation d'acides forts (comme le produit acide pour le nettoyage de la machine à traire qui contient

fréquemment de l'acide phosphorique) est à proscrire car ils risquent de dégrader fortement les bétons, de faire plus de mal que de bien !

Cette application peut se faire, soit à l'arrosoir, soit au pulvérisateur à dos ou encore au pulvérisateur derrière un tracteur équipé d'une lance. Dans les couloirs qui seront souillés par les déjections, il est possible d'utiliser du lisier de l'élevage.

Cette neutralisation doit être réalisée sur un béton stabilisé (4 semaines minimum après coulage) et une dizaine de jours avant l'entrée des animaux dans les bâtiments.

SOLUTIONS CORRECTIVES SUR SOLS DURS



Photo 13 : Rainurage de béton

Suite à une dégradation précoce et une usure normale des bétons de sols devenant glissants après plusieurs années d'utilisation, des solutions existent afin de les rendre à nouveau plus confortables pour les animaux (d'après le document du GIE Lait Viande Bretagne) :

- **le rainurage mécanique** : il convient aux aires d'exercice et aux aires d'attente. Il est moins adapté en salle de traite en raison de la difficulté à laver. Le principe est de tailler des rainures dans le béton durci à l'aide de disques diamantés montés sur une machine. Le béton est rainuré sur la surface tous les 5 cm. On peut utiliser des machines de gabarit plus ou moins important suivant les surfaces à traiter. En revanche, il est primordial de ne pas dégrader la surface bétonnée en travaillant trop rapidement.

Il est conseillé d'éviter les rainures trop

profondes (> 0,5 cm) afin de limiter l'accumulation de jus, la fermentation et les remontées d'odeurs.

Le coût se situe entre 4 et 6 € par m² de surface traitée.

- **la scarification** : elle convient aux aires d'exercice et aux aires d'attente. Elle peut être adaptée en salle de traite. Le principe est d'attaquer la structure du béton durci en surface à l'aide de disques diamantés très rapprochés et à faible profondeur. Cette technique peut être combinée au rainurage (scarification entre rainures). Les animaux trouvent à la fois des zones de butée pour les sabots, et espacées par une surface rugueuse.

Il faut compter environ 6 € par m².

- **le déglacage** : ce système convient aux aires d'exercice et aux aires d'attente. Il est moins adapté en salle de traite en raison de la difficulté à

POUR EN SAVOIR PLUS

« Le traitement des bétons de sols des aires d'exercice » – avril 2010, GIE Lait Viande Bretagne, 4 p.

laver. Le principe consiste à raboter superficiellement la surface afin de la rendre rugueuse sans être agressive. Deux bandes d'environ 5 cm sur une largeur de 60 cm ne sont pas traitées afin de conserver un appui au système de raclage s'il existe, et ne pas user prématurément le travail réalisé.

Le coût se situe entre 4 et 6 € par m² de surface traitée.

- **le décapage thermique (ou flammage) :** il est adapté pour récupérer d'anciens bétons devenus glissants. Le principe est de réaliser un choc thermique (2 400 à 3 000 °C) à l'aide d'une flamme d'oxytétrène avec une rampe de 50 cm de large. Ce traitement provoque un éclatement de la partie glissante. Simultanément, la chaleur brûle les huiles, les graisses et les agents chimiques incrustés en profondeur. Des précautions sont à prendre pour ne pas détruire les joints de retraits et d'étalement.

Il faut compter de 6 à 10 € par m² décapé.

La **désactivation** est un procédé utilisé sur un béton qui vient d'être mis en

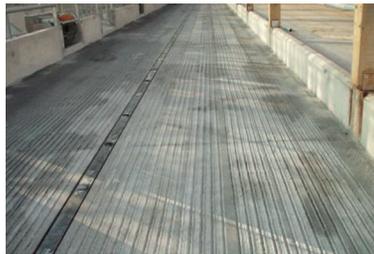


Photo 14 : Sol scarifié

œuvre. Ce système convient notamment aux aires d'attente. Elle peut être adaptée en salle de traite mais reste déconseillée sur les aires d'exercice en raison de la difficulté à racler proprement. Le principe consiste à pulvériser en surface un produit retardateur qui, une fois la prise effectuée, permet à l'aide d'un puissant jet d'eau de faire apparaître les granulats. Une attention particulière est à apporter sur la nature des granulats en évitant des matériaux coupants pouvant blesser les pattes.

Le coût se situe aux alentours de 2,5 € par m² de surface traitée (hors main d'œuvre).



Photo 15 : Opération de scarification



Photo 16 : Béton de sol désactivé

SOLUTIONS DE RÉFECTION

Pour savoir à quel moment envisager une solution de réfection, certains signes ou facteurs peuvent être contrôlés facilement :

- une efficacité moindre du raclage : un racler laissant une pellicule de plus en plus importante peut être le signe d'un sol qui se détériore ;
- une glissance qui s'accroît : le test de la botte (cf. tableau 1) est une très bonne méthode d'évaluation de l'état de glissance des sols ;
- une dégradation excessive sur certaines zones.

La réfection des sols doit être prévue dès la conception car celle-ci aura des conséquences sur les possibilités de rénovation par la suite.

RÉFECTION TOTALE

La réfection totale d'un béton est une solution radicale mais coûteuse. Elle permet d'utiliser le béton approprié avec la finition adaptée à l'utilisation et la durabilité dans le temps.

RECHARGEMENT EN BÉTON

Pour une exécution optimale du rechargement, l'épaisseur à prévoir doit être supérieure à 10 cm. Dans le cas contraire, le risque de décollement est

important.

Le choix d'une chape fluide ou mortier-chape avec résistance maximale est possible : en revanche, sa mise en œuvre est à prévoir par un applicateur agréé et référencé par l'unité de production.

Par rapport aux seuils de logettes et la complexité du chantier, le principe de rechargement en béton est malgré tout à éviter pour les zones de circulation.

DALLE D'USURE

La dalle d'usure est à exclure sauf pour les silos et les milieux agressifs : elle sert de couche de protection (équivalent à une résine époxy par exemple). Ce procédé est possible en rénovation pour redonner vie à des bétons usagés par la corrosion comme les sols d'auge par exemple.

POUR EN SAVOIR PLUS

Un guide d'évaluation des sols de circulation réalisé dans le cadre du projet SOLVL est disponible sur le site idele.fr



RAGRÉAGE OU RABOTAGE

Le ragréage ou le rabotage sont deux procédés qui permettent d'ajouter un autre type de sol, comme l'asphalte par exemple (Cf. fiche « L'asphalte pour les aires d'exercice des bovins » - IDELE – 2017) ou un tapis caoutchouc.

À retrouver sur idele.fr - Domaine d'expertise : Equipement



COÛT ET DURÉE DE VIE

La finition des sols bétons au moment de leur réalisation déterminera la durée de vie et l'entretien de ces derniers.

Le tableau 7 montre l'intérêt d'une finition en béton frais (bouchardage dans l'exemple) en comparaison d'un sol bétonné non traité : la durée de vie est plus que doublée pour un béton traité à la réalisation par rapport à un béton non traité, avec un coût total de réalisation et d'entretien divisé par deux.

Tous les éléments décrits dans cette

fiche permettent d'apporter des solutions concrètes afin d'obtenir des sols bétonnés confortables, non blessants, avec une durée de vie maximum en restant dans un budget raisonnable...

Un sol béton doit rester fonctionnel plus de 20 ans !

POUR EN SAVOIR PLUS

SNBPE, Institut de l'Élevage CIMbéton, SNPB, 2007. Ouvrages et béton pour l'exploitation agricole et les aménagements ruraux : Conception, prescription, réalisations. Brochure B66, Collection technique CIMbéton, 2007, 148 pages

SOL VL

TABLEAU 7 : COMPARAISON DE LA DURÉE DE DEUX BÉTONS TRAITÉS DIFFÉREMMENT

À la confection	Bonne réalisation = Béton durable		Mauvaise réalisation = Béton non durable	
		Béton + finition empreintes	38 + 2,2 €/m ²	Béton sans finition
6 mois			Rainurage mécanique	3,4 €/m ²
5 ans			Scarification ou décapage thermique	6 €/m ²
7 ans				
9 ans	Rainurage mécanique	3,4 €/m ²		
17 ans	Scarification	6 €/m ²		
20 ans	2 ^{ème} Scarification ou décapage	6 €/m ²		
	Durée de vie du sol et coût	> 20 ans 55,6 €/m²		8 ans 47,4 €/m²

2,8 €/m²/an sur la durée de vie du sol	5,9 €/m²/an sur la durée de vie du sol
---	---

Age du sol

Réalisation : beta pictoris • Mise en page : Corinne MAIGRET (Institut de l'Élevage) • Crédits photos : GDS 01, GIE Bretagne, Institut de l'Élevage • Réf : 0021 704 023 • Novembre 2021

Rédacteurs : Jean-Yves BLANCHIN (IDELE), Jean-Luc MENARD (IDELE), Philippe BRIAND (CRAB), Jean-Luc FRENNET (GDS 53), Olivier STEPHAN (SNBPE), Dominique LAGEL (BTPL), François GERVAIS (IDELE), Tanguy MOREL (IDELE)

www.idele.fr