

L'entreposage des fumiers

3^e édition

Guide technique

L'entreposage des fumiers

3^e édition

Cette nouvelle édition a été réalisée en grande partie grâce à une aide financière de la Direction de l'agroenvironnement et du développement durable du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

*Agriculture, Pêcheries
et Alimentation*

Québec





Lorsque vous achetez nos publications, vous encouragez la diffusion des nouvelles connaissances et la mise à jour de nos outils de référence. Merci!

Avertissements

Au moment de sa rédaction, l'information contenue dans le présent guide était jugée représentative des connaissances dans le secteur de l'entreposage des fumiers au Québec. Son utilisation demeure sous l'entière responsabilité du lecteur. Certains renseignements ayant pu évoluer d'une manière appréciable depuis la rédaction de cet ouvrage, le lecteur est invité à en vérifier l'exactitude avant de les utiliser et de les mettre en application.

Il est interdit de reproduire, imprimer, traduire ou adapter cet ouvrage, en totalité ou en partie, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit, incluant la photocopie et la numérisation, sans l'autorisation écrite préalable du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ).

Dans le présent document, le masculin englobe le féminin et est utilisé uniquement pour alléger le texte.

Modifications futures

Les ingénieurs qui souhaiteront proposer des modifications à la présente édition doivent écrire au CRAAQ ou à l'Association des ingénieurs en agroalimentaire du Québec (AIAQ). S'il y a lieu, l'AIAQ formera un comité de révision. Ce comité sera composé, entre autres, de représentants de l'Association des ingénieurs en agroalimentaire du Québec (AIAQ), du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et de l'Union des producteurs agricoles (UPA). Une fois les modifications acceptées, le CRAAQ sera responsable de leur diffusion.

Pour information et commentaires

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ)

Édifice Delta 1

2875, boulevard Laurier, 9^e étage

Québec (Québec) G1V 2M2

Téléphone : 418 523-5411

Télécopieur : 418 644-5944

Courriel : client@craaq.qc.ca

Site Internet : www.craaq.qc.ca

© Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 2012

PING0101-PDF

ISBN 978-2-7649-0448-0

ISBN 978-2-7649-0299-8 (imprimé, 2012)

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives Canada, 2013

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013

Une référence
qui a la cote!



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

Un catalogue de
230 publications
comprenant des
ouvrages imprimés
et électroniques

Plus de 15 évènements
pour le secteur agricole et
agroalimentaire chaque
année

250 feuillets
technico-économiques
regroupés dans les
Références économiques

Plus de 15 services en
ligne comprenant
des répertoires et
plusieurs outils
d'information

32 banques
d'informations
spécialisées sur
Agri-Réseau

Un calendrier
électronique regroupant
l'ensemble des activités
du secteur agricole
et agroalimentaire

Le CRAAQ remercie ses...

...membres partenaires

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec 

**Un partenaire
de premier plan !**



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

La Coop
 **féderée**

**La Financière
agricole**

Québec 



**L'Union des
producteurs
agricoles**



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

www.craaq.qc.ca • 1 888 535-2537



FIER PARTENAIRE !

DONNER LE GOÛT DU QUÉBEC

Photographie : Richard Laroche, MAPAQ.

*Agriculture, Pêcheries
et Alimentation*

Québec 

COMITÉ DE RÉVISION ET MÉTHODE DE TRAVAIL

Le comité de révision du *Guide technique d'entreposage des fumiers – Deuxième édition* était composé d'intervenants du milieu et d'experts provenant de diverses institutions. Le comité s'est réuni une première fois en décembre 2011 afin de discuter des diverses modifications à apporter au guide à partir des suggestions reçues des utilisateurs au cours des dernières années. Chaque membre a été invité à commenter en détail le guide afin de le mettre à jour et de le bonifier. Une deuxième réunion du comité a eu lieu en mars 2012 en vue d'apporter les dernières modifications et de produire cette troisième édition.

Daniel Bernier, agr., Union des producteurs agricoles, Longueuil

Marie-France Blais, ing., ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec

Patrick Brassard, ing. jr., Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Québec

Yves Choinière, ing., Les Consultants Yves Choinière Inc., Ange-Gardien

Dominique Chouinard, ing., M.Sc., Bureau de normalisation du Québec, Québec

Caroline De Foy, ing., M.Sc., MGP., ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de l'agroenvironnement et du développement durable, Québec

Christian Drolet, ing., Christian Drolet Consultant Inc., Saint-Jean-Chrysostome

Nathalie Dupont, ing., M.Sc., Bureau de normalisation du Québec (BNQ), Québec

Stéphane Godbout, ing., P.Eng., agr., Ph.D., Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Québec

Jean-Denis Major, ing., Consumaj Inc., Saint-Hyacinthe

Jocelyn Marceau, ing., ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de l'agroenvironnement et du développement durable, Québec

Frédéric Pelletier, ing., M.Sc., Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Québec

Pierre Vallée, ing., Association des ingénieurs en agroalimentaire du Québec, Québec

COORDINATION

Lyne Lauzon, biologiste, chargée de projets aux publications, CRAAQ, Québec

ÉDITION

Chantale Ferland, M.Sc., chargée de projet à l'édition, CRAAQ, Québec (deuxième édition)

Danielle Jacques, M.Sc., agronome, chargée de projet à l'édition, CRAAQ, Québec

CONCEPTION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

Nathalie Nadeau, technicienne en infographie, CRAAQ, Québec

PHOTOS (PAGE COUVERTURE)

© Marc Lajoie, MAPAQ

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES FIGURES	IX
AVANT-PROPOS	1
CHAPITRE 1. INTRODUCTION	7
1.1 Contexte, but et structure du guide.....	7
1.2 Étapes de conception et de réalisation d'une structure d'entreposage.....	7
1.2.1 Études préalables à la conception.....	7
1.2.2 Réalisation de la structure : la conception.....	8
1.2.3 Réalisation de la structure : la construction.....	8
1.2.4 Attestations et suivi après la construction.....	8
1.3 Documents constituant le projet.....	8
CHAPITRE 2. ÉTUDES PRÉALABLES À LA CONCEPTION	11
2.1 Site et sols.....	11
2.2 Protection des eaux souterraines en milieu agricole.....	12
2.3 Capacité d'entreposage.....	15
CHAPITRE 3. RÉALISATION DE LA STRUCTURE : LA CONCEPTION	17
3.1 Charges générales de conception.....	17
3.2 Charges particulières en pratique agricole.....	18
3.3 Le cas particulier des structures en béton armé ou autres matériaux rigides.....	19
3.3.1 Charges spécifiques.....	19
3.3.2 Qualité du béton et de la fondation.....	19
3.3.3 Facteur de fissuration.....	19
3.3.4 Murs.....	19
3.3.5 Dalle.....	19
3.3.6 Détails de construction.....	20
3.3.6.1 Joint de coulée.....	20
3.3.6.2 Joint de mouvement.....	20
3.3.6.3 Joint de retrait.....	21
3.3.7 Documents de référence.....	21
3.4 Cas particulier des structures en sol ou partiellement en sol.....	21
3.4.1 Critères de conception pour fumier liquide et fumier solide.....	21
3.4.1.1 Caractéristiques de la structure.....	21
3.4.1.2 Barrière hydraulique.....	22
3.4.1.3 Digue.....	22
3.4.2 Critères de conception pour fumier égoutté.....	22
3.5 Critères de conception pour une structure en sol protégée d'une membrane d'étanchéité....	23
3.6 Résumé des exigences relatives au site.....	24

3.6.1 Fumier liquide entreposé dans une structure en sol.....	24
3.6.2 Fumier solide entreposé dans une structure en sol.....	24
3.6.3 Fumier solide entreposé dans une structure en béton armé.....	25
3.6.4 Fumier égoutté et purin entreposés dans des structures en sol.....	25
3.6.5 Fumier égoutté et purin entreposés dans des structures en béton armé.....	26
3.7 Ouvrages connexes aux structures d'entreposage.....	26
3.7.1 Remblai.....	26
3.7.2 Drain et regard.....	26
3.7.3 Conduites d'amenée des déjections vers la structure d'entreposage.....	27
3.7.4 Éléments de sécurité.....	27
3.8 Documents constitutifs du projet.....	28
3.8.1 Documents techniques.....	28
3.8.2 Plan de localisation.....	28
3.8.3 Plans et devis.....	30
3.8.3.1 Élaboration.....	30
3.8.3.2 Structures en béton armé.....	31
3.8.3.3 Structures en sol.....	31
3.8.3.4 Ouvrages connexes.....	32
3.8.3.5 Autres considérations.....	32
3.8.4 Informations complémentaires.....	32
CHAPITRE 4. RÉALISATION DE LA STRUCTURE : LA CONSTRUCTION.....	33
4.1 Surveillance du chantier.....	33
4.1.1 Aspects généraux.....	33
4.1.2 Structure en béton armé.....	33
4.1.3 Structure en sol.....	35
4.1.4 Ouvrages connexes.....	35
4.2 Contrôle de la qualité.....	36
4.2.1 Béton.....	36
4.2.2 Les autres matériaux.....	36
4.2.2.1 Conformité des produits et des matériaux normalisés.....	36
4.2.2.2 Conformité des produits et des matériaux faisant l'objet d'un avis technique.....	38
4.2.2.3 Conformité des produits et des matériaux non normalisés.....	38
4.2.2.4 Exigences supplémentaires concernant les produits non normalisés.....	38
4.2.3 Compactage des sols.....	39
CHAPITRE 5. ATTESTATIONS ET SUIVI APRÈS LA CONSTRUCTION.....	41
5.1 Attestation de conformité – fin des travaux.....	41
5.2 Attestation d'étanchéité suivant la mise en service.....	42
5.3 Suivi de l'étanchéité et vie utile.....	42
5.4 Mesures préventives et entretien de la structure d'entreposage.....	43

CHAPITRE 6. ÉVALUATION D'UNE STRUCTURE D'ENTREPOSAGE DES FUMIERS EXISTANTE	45
6.1 Démarches générales	45
6.2 Évaluation spécifique des structures en béton armé ou matériaux équivalents.....	46
6.2.1 Collecte d'informations et inspection	46
6.2.2 Possibilités de réparation des structures présentant des fuites visibles.....	47
6.3 Évaluation spécifique des structures en sol, partiellement en sol et/ou avec membrane d'étanchéité	48
6.4 Plans et devis de réfection	48
BIBLIOGRAPHIE	49
ANNEXE 1. Étapes d'un projet de construction d'une structure d'entreposage	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 Études préliminaires	11
Tableau 3.1 Granulométrie du sol pour le fumier liquide et le fumier solide.....	22
Tableau 3.2 Granulométrie du sol pour le fumier égoutté	23

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 Principales sources de contamination des eaux souterraines	13
Figure 2.2 Transport des contaminants vers les eaux souterraines et risques potentiels pour les sources d'eau potable	14
Figure 3.1 Schéma des charges applicables sur une structure d'entreposage en béton.....	18
Figure 3.2 Aménagement d'une structure en sol pour fumier liquide	24
Figure 3.3 Aménagement d'une structure en sol pour fumier solide	24
Figure 3.4 Aménagement d'une structure en béton armé pour fumier solide	25
Figure 3.5 Aménagement d'une structure en sol pour fumier égoutté et purin	25
Figure 3.6 Aménagement d'une structure en béton armé pour fumier égoutté et purin.....	26

AVANT-PROPOS

Toutes les activités humaines, qu'elles aient lieu en milieu urbain, industriel, agricole ou naturel, perturbent l'équilibre et la qualité de l'environnement. Face à ce constat est né le concept de développement durable défini comme étant « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ». Ce concept a été diffusé par le rapport *Notre avenir à tous*, aussi appelé *Rapport Brundtland*, de la Commission des Nations Unies sur l'environnement et le développement (1989).

Pour sa part, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a adapté cette définition au secteur agricole en indiquant que :

« Le développement durable de l'agriculture, de la foresterie et des pêcheries doit préserver la terre, l'eau et les ressources génétiques végétales et animales, ne pas dégrader l'environnement, et être techniquement approprié, économiquement viable et socialement acceptable. »

Le Québec, par l'adoption de sa Loi sur le développement durable, apporte sa propre définition du développement durable, soit « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Le développement durable s'appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement ».

Au Québec, le développement durable vise les objectifs suivants :

- maintenir l'intégrité de l'environnement pour assurer la santé et la sécurité des communautés humaines et préserver les écosystèmes qui entretiennent la vie;
- assurer l'équité sociale pour permettre le plein épanouissement de toutes les femmes et de tous les hommes, l'essor des communautés et le respect de la diversité;
- viser l'efficacité économique pour créer une économie innovante et prospère, écologiquement et socialement responsable.

Des informations supplémentaires concernant le développement durable sont disponibles en ligne sur le site du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) à l'adresse suivante : www.mddep.gouv.qc.ca/developpement/inter.htm.

Activités agricoles

Une entreprise agricole réalise des activités annuelles (cultures, épandages d'engrais, de pesticides, etc.) et des activités à moyen terme (drainage, construction de bâtiments, de systèmes d'entreposage, etc.) susceptibles d'entraîner des perturbations dans l'environnement. En conséquence, le secteur agricole est soumis à la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q. chapitre Q-2, 1972) qui vise à assurer, dans une perspective de développement durable, la protection de l'environnement et la conservation des habitats naturels.

Les activités agricoles, à travers les productions animales et les productions végétales, ont pour conséquence d'émettre des contaminants dans l'environnement. Les contaminants risquant le plus de produire des répercussions négatives sont les matières en suspension, l'azote, le phosphore, les bactéries et les pesticides. Les activités agricoles entraînent aussi des pertes d'habitats pour la faune et la flore naturelle. L'analyse de la qualité des rivières du Québec indique que les activités découlant de l'agriculture sont une des sources les plus importantes de ces contaminants dans les cours d'eau. Contrairement aux rejets urbains et industriels qui sont de type ponctuel, les rejets agricoles sont plutôt diffus. Or, s'il est relativement aisé de déterminer des normes de qualité de l'eau et de vérifier la conformité des résultats obtenus d'un rejet ponctuel en ce qui concerne les contaminants, il est quasi impossible d'établir ces mêmes normes et d'en vérifier les résultats lorsqu'il s'agit de rejets diffus. Afin de s'ajuster à cette situation particulière, les exigences environnementales en agriculture sont actuellement basées sur l'utilisation de moyens techniques ou de méthodes de gestion tels l'entreposage des fumiers et l'application des engrais de ferme selon un plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF).

Contrairement aux milieux urbains et industriels où l'efficacité environnementale des techniques de traitement est relativement bien connue et maîtrisée à la suite des efforts scientifiques nombreux et à l'investissement de ressources importantes, le secteur agricole dispose de peu de données scientifiques sur la quantification des impacts environnementaux provenant de l'agriculture. Par conséquent, les connaissances des experts en production agricole sur l'efficacité environnementale des techniques agricoles utilisées ou en voie de développement sont partielles et peu véhiculées.

À titre d'exemple, le concepteur d'une usine de traitement municipal détermine les seuils de qualité des rejets de la future usine à partir des résultats scientifiques reconnus. Par la suite, il peut confronter les résultats recueillis après la construction et lors de l'activité en continu de l'usine. Dans le secteur agricole, le concepteur d'un lieu d'entreposage des fumiers n'est pas pour l'instant en mesure de déterminer la quantité de rejets déversés dans l'environnement ou de vérifier scientifiquement les quantités réellement émises après la construction et lors des opérations ultérieures.

Afin de pallier cette difficulté, le législateur a opté pour la promotion de meilleures méthodes de gestion agricole plutôt que de déterminer, comme dans le secteur industriel, des concentrations maximales de contaminants et des charges annuelles basées sur les meilleures technologies applicables. Des seuils de gestion maximaux ou minimaux, tel un nombre de jours minimal pour la capacité d'un système d'entreposage de fumier, sont plutôt utilisés.

Cet objectif permet de minimiser les rejets lorsque des techniques éprouvées existent, comme les systèmes d'entreposage, et d'ajuster les exigences environnementales en fonction de l'amélioration des connaissances en agroenvironnement.

Notions d'étanchéité

Le terme *étanchéité* fait appel à la notion de *fermeture hermétique*, c'est-à-dire à une fermeture parfaite. En l'absence de définition dans le Règlement, la définition suivante est retenue : caractère de ce qui est étanche (qui ne laisse pas passer les fluides, ne fuit pas). En pratique toutefois, la notion de l'équivalence de l'étanchéité est prise en considération lorsque des études scientifiques reconnues le justifient.

Ainsi, l'étanchéité parfaite n'est certainement pas nécessaire puisqu'il est permis d'épandre les fumiers sur les sols. Cependant, en raison de la concentration des contaminants en un lieu restreint, de la charge élevée qui constitue un potentiel de contamination important et du non-recyclage des produits, le niveau d'étanchéité requis est quasi absolu et laisse peu de marge de manœuvre. Les systèmes

d'entreposage représentent un risque pour les eaux souterraines. Or, l'eau souterraine est très fragile et tolère peu de contaminants faute de moyens pour la décontaminer. De plus, il est techniquement très complexe et économiquement dispendieux, même impossible, de vérifier sur le terrain un degré de non-étanchéité, surtout lorsque les pertes sont très faibles et que des facteurs de dilution s'y ajoutent. Sur une ferme, parmi les différentes sources de contamination, l'entreposage des fumiers apparaît comme le chaînon étant le plus facile à contrôler compte tenu des techniques actuellement disponibles. Devant ces faits, il y a lieu de réfléchir afin de trouver le meilleur moyen de maximiser chaque dollar investi en protection de l'environnement sur une ferme.

À la base, si l'étanchéité parfaite est à rechercher, certaines pertes sont tolérables. Toutefois, deux difficultés surgissent : établir les seuils acceptables pour maintenir la qualité de l'eau et, surtout, mesurer les résultats. À l'heure actuelle, comme il n'existe pas de moyens pratiques pour mesurer l'atteinte ou le dépassement des seuils, aucun seuil n'est encore retenu. D'autres avenues sont cependant possibles et méritent d'être examinées. L'objectif à long terme étant la protection de l'eau, certaines d'entre elles peuvent être proposées en vue d'une réflexion sur la notion d'équivalence. À titre exploratoire, il serait possible de réactualiser la méthode de comparaison avec d'autres sources et de déterminer les pertes de contaminants acceptables. Une autre avenue serait de considérer la ferme dans son ensemble et de déterminer le bilan des pertes diffuses et acceptables des contaminants par hectare (bilan des flux) pour l'ensemble de la ferme. Enfin, une approche par bassin versant pourrait aussi être examinée. Elle consisterait à déterminer une méthode pour rencontrer en tout temps les paramètres d'usages actuels de l'eau. Cette méthode implique de s'assurer d'une marge de sécurité suffisante qui considère l'éventualité de charges additionnelles de contaminants, telle l'augmentation prévisible du cheptel. Il y aurait aussi lieu de développer des moyens pour suivre l'évolution des paramètres à surveiller tout en tenant compte des facteurs de dilution des contaminants.

Ainsi, dans le cadre d'une méthode qui comparerait les charges annuelles et les concentrations de contaminants des structures d'entreposage des fumiers avec celles d'autres sources, comme les systèmes de traitement des eaux usées domestiques individuels, de traitement des eaux usées municipales (étang d'épuration) et les lieux d'enfouissement sanitaire, les données pourraient être comparées et servir de point de repère. Il faut cependant se rappeler que la capacité des eaux souterraines et des cours d'eau à recevoir des contaminants est limitée et qu'il faut aussi considérer les autres sources de contamination ou activités humaines. À titre indicatif, un système d'épuration domestique a un potentiel de charge d'environ 70 kg d'azote/ha, un étang municipal d'environ 55 kg d'azote/ha d'étang et un étang à fumier de 1 400 kg d'azote/ha d'étang. Ce calcul ne tient pas compte des effets attribuables aux fissures, aux chemins préférentiels, à l'action du gel et du dégel, à l'effet de l'ensoleillement, à celui de la salinité sur l'argile, aux phénomènes de colmatage et de décolmatage, aux arrachements, etc.

La méthode du bilan des flux de la ferme représente un deuxième concept potentiel. Même si cette méthode déborde de l'entreposage seul, elle permettrait, dans le cas de certaines fermes non industrielles, de bénéficier de systèmes d'entreposage minimaux. Par exemple, une ferme dont la totalité des flux est inférieure à la norme de contamination établie pour les rejets n'aurait pas à construire un ouvrage d'entreposage étanche, à moins que la protection de l'eau le requière ou que le cours d'eau soit déjà saturé. Selon une étude réalisée par Gangbazo *et al.* (2000), la pollution diffuse agricole contribue à 70 à 90 % des flux annuels d'azote total dans les rivières au Québec et à 60 à 85 % pour le phosphore total.

Enfin, il existe différents paramètres de la qualité de l'eau établis selon l'usage prévu (eau potable, baignade, qualité de la vie aquatique, etc.). Les différents critères de qualité de l'eau sont disponibles en ligne sur le site du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) à l'adresse suivante : www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp. Le système d'entreposage

doit être conçu de façon à en maintenir les usages actuels et futurs. Pour les cours d'eau, cette méthode devient difficilement réalisable, car il faut aussi considérer les apports des autres sources de contamination de la ferme et des sources exogènes à la ferme.

Lois et règlements

Au Québec, le gouvernement s'est doté d'une Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., chapitre Q-2, 1972) qui confère au MDDEP les fonctions et pouvoirs en vue de prévenir la détérioration de l'environnement et de protéger les espèces vivantes et les biens pour les générations actuelles et futures. Cette Loi stipule que « Nul ne doit émettre, déposer, dégager ou rejeter ni permettre l'émission, le dépôt, le dégagement ou le rejet dans l'environnement d'un contaminant au-delà de la quantité ou de la concentration prévue par règlement du gouvernement. La même prohibition s'applique à l'émission, au dépôt, au dégagement ou au rejet de tout contaminant, dont la présence dans l'environnement est prohibée par règlement du gouvernement ou est susceptible de porter atteinte à la vie, à la santé, à la sécurité, au bien-être ou au confort de l'être humain, de causer du dommage ou de porter autrement préjudice à la qualité du sol, à la végétation, à la faune ou aux biens (art. 20). » et que « Nul ne peut ériger ou modifier une construction, entreprendre l'exploitation d'une industrie quelconque, l'exercice d'une activité ou l'utilisation d'un procédé industriel ni augmenter la production d'un bien ou d'un service s'il est susceptible d'en résulter une émission, un dépôt, un dégagement ou un rejet de contaminants dans l'environnement ou une modification de la qualité de l'environnement, à moins d'obtenir préalablement du ministre un certificat d'autorisation (art. 22). » De plus, le Règlement sur les exploitations agricoles (REA) stipule que « Le propriétaire d'un terrain ainsi que la personne à qui il en a cédé la garde, le contrôle ou l'usage doit prendre les mesures nécessaires pour empêcher que les déjections animales atteignent les eaux de surface ou les eaux souterraines (art. 5) ».

Objectifs

L'objectif à long terme est d'assurer une protection adéquate des cours d'eau et des eaux souterraines. Ce document se veut aussi un outil pour rassembler les concepteurs et uniformiser les méthodes de conception. En ce sens, les approches de développement devront prioriser :

- la détermination d'une méthode de conception de systèmes d'entreposage capable de garantir un seuil de contamination inférieur aux normes pour les usages actuels et futurs des eaux souterraines et des cours d'eau. Les critères de conception doivent pouvoir respecter la qualité de la vie ou l'usage retenu tout en considérant les autres sources de contamination. Cette méthode doit aussi fournir des moyens pratiques pour vérifier l'atteinte de ces objectifs;
- la recherche du meilleur équilibre sur chaque ferme pour que chaque dollar investi protège le plus efficacement possible l'usage qui est fait des eaux souterraines en préservant les eaux d'une contamination et en diminuant au minimum les flux de contaminants vers les cours d'eau (bilan de la ferme).

La protection de l'environnement est un sujet de préoccupation qui concerne chaque individu. Lors de la conception d'un système d'entreposage, chaque intervenant est confronté à une multitude de choix devant minimiser les impacts sur les milieux touchés. Tout projet doit être conçu dans le souci de réaliser des aménagements qui respectent l'environnement, c'est-à-dire qui tiennent compte des grandes composantes du milieu que sont l'homme, les animaux, les végétaux, l'eau, l'air et le sol. De plus, la réalisation d'un projet doit s'effectuer de façon à ne pas endommager le milieu et en compromettre

l'équilibre. Ainsi, chaque projet doit être conçu en ayant à l'esprit l'héritage qui sera laissé aux générations futures.

Une gestion de qualité signifie que toutes les actions doivent reposer sur des bases scientifiques et techniques reconnues et intégrer des préoccupations d'ordres environnementaux, de sécurité et d'économie. Par conséquent, la considération des préoccupations environnementales s'intègre à toutes les étapes de réalisation d'un projet.

Ce guide technique d'entreposage des fumiers représente une source importante de renseignements à caractères environnemental et scientifique, et s'avérera un outil de référence indispensable pour tous ceux et celles qui participeront à la conception du projet d'entreposage.

Il convient de prendre note que, dans le présent document, une référence normative datée signifie que c'est l'édition donnée de cette référence qui s'applique, tandis qu'une référence normative non datée signifie que c'est la dernière édition de cette référence qui s'applique.

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 Contexte, but et structure du guide

Un ouvrage d'entreposage des fumiers tel que présenté dans le présent guide est défini comme étant une structure ayant une capacité totale d'entreposage de plus de 100 m³, excluant les dalots. L'aménagement d'ouvrages d'entreposage des fumiers se doit d'être conforme aux règles de l'art de la construction en vigueur au Québec ainsi qu'aux lois et règlements des différents paliers gouvernementaux. Ceci exige de la part des intervenants une analyse parfois complexe du projet en raison de la multitude d'éléments et d'informations à considérer, que ce soit sur les différents modes de gestion des fumiers, la localisation des ouvrages d'entreposage, les aspects du design, l'aménagement d'ouvrages connexes ou la surveillance des travaux. Outre la localisation et l'opération du système d'entreposage, deux notions caractérisent les exigences du MDDEP : une capacité suffisante (pour qu'il n'y ait pas de débordements) et l'étanchéité.

Ce guide a pour but de déterminer les critères de conception des ouvrages d'entreposage des déjections animales afin d'en assurer la qualité de construction. **Ces critères s'appliquent pour des conditions générales, mais avec des justifications reconnues scientifiquement. Le concepteur peut appliquer d'autres hypothèses le conduisant à un résultat équivalent.** Cependant, il est à noter que ce guide ne détermine pas les critères pour définir les volumes de déjections animales produites, ce qui doit être fait par l'ingénieur en collaboration avec un agronome.

1.2 Étapes de conception et de réalisation d'une structure d'entreposage

Plusieurs intervenants sont concernés par un projet de réalisation d'une structure d'entreposage des fumiers : l'entrepreneur, le consultant privé, l'agriculteur, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et le MDDEP. Un schéma des différentes étapes à suivre par ces intervenants est présenté à l'annexe 1. Plus spécifiquement, les étapes à suivre par l'ingénieur concepteur pour atteindre l'objectif de protection de l'environnement sont énumérées ci-après. Celles-ci s'appliquent à tout type de structure.

1.2.1 Études préalables à la conception

- La définition de la capacité d'entreposage nécessaire :
 - période d'entreposage,
 - volumes de déjections animales (en collaboration avec un agronome),
 - précipitations moins évaporation,
 - eaux de lavage et de procédés,
 - volume supplémentaire pour une capacité de réserve en cas de situation exceptionnelle.
- Le relevé du site et la localisation.
- L'identification de tous les types de contraintes (environnementales, physiques, etc.).
- L'étude du sol.
- La définition des paramètres de calcul de la structure.

En plus des paramètres précédents, lorsqu'il s'agit d'une structure d'entreposage en sol, il faut tenir compte de :

- l'étude des eaux souterraines :
 - hauteur de la nappe d'eau,
 - direction de l'écoulement des eaux souterraines (amont et aval),
 - si le suivi de la qualité des eaux souterraines est nécessaire : échantillonnage afin de déterminer le taux actuel de contamination.

1.2.2 Réalisation de la structure : la conception

- La définition des charges.
- Les calculs (des charges et des contraintes).
- La conception (quantité d'armature, épaisseur des murs, dimension de la fondation, géométrie de la structure, etc.).
- Le plan de localisation de l'exploitation agricole.
- Les plans de construction.
- Le devis.

1.2.3 Réalisation de la structure : la construction

- La réalisation des travaux.
- La surveillance.

1.2.4 Attestations et suivi après la construction

- Attestation de conformité - fin des travaux.
- Attestation d'étanchéité suivant la mise en service.
- Suivi de l'étanchéité et vie utile.
- Mesures préventives et entretien de la structure d'entreposage.

1.3 Documents constituant le projet

En plus du devis général, du devis particulier, du bordereau et de l'appel d'offres (si jugée nécessaire), d'autres documents et éléments doivent être produits par le concepteur. Ces documents sont des compléments d'information nécessaires à l'analyse du projet par le MDDEP :

- le plan de localisation des ouvrages, des préfossees et des systèmes d'amenée;
- le calcul du volume des fumiers et des eaux souillées;
- la dimension de la structure;

- un plan et devis du système de drainage, du regard, du drain d'évacuation et de la bouche de décharge munie d'une grille ou de la station de pompage;
- un plan et devis pour une protection sécuritaire de l'ouvrage.

Cette liste se rapporte essentiellement au présent guide et n'exclut pas les éléments qui doivent être fournis pour répondre aux différentes exigences réglementaires. Les renseignements, les documents demandés dans cette section et les normes à respecter s'appliquent à tous les lieux d'entreposage.

CHAPITRE 2

ÉTUDES PRÉALABLES À LA CONCEPTION

2.1 Site et sols

Les travaux préliminaires ont pour objectif de caractériser les sols en place. Pour effectuer cette caractérisation, plusieurs tests et analyses doivent être effectués afin d'évaluer le site avant la réalisation. Les tests qui doivent être réalisés, en fonction du type de structure, sont présentés au tableau 2.1.

Tableau 2.1 Études préliminaires

Essai	Méthodologie des essais	Type de structure ¹			
		1	2	3	4
Sur le terrain					
Profil et texture du sol	2 à 3 puits à la rétrocaveuse distants de 15 m	X	X	X	X
Mesure du niveau de la nappe d'eau souterraine (perchée, captive ou phréatique)	Mesure directe par puits d'observation reliée au point de repère du nivellement	X	X	X	X
Mesure du sens de l'écoulement de la nappe	Selon des mesures des niveaux des trous de sondage	X	X	X	
Mesure de la profondeur du socle rocheux	Avec sonde à marteaux ou par observations visuelles	X	X	X	X
Essais de perméabilité ²	Avec perméamètre de Guelph	X	X	X ³	
Évaluation de la capacité portante	Évaluation minimale par stratigraphie				X
En laboratoire					
Analyse granulométrique	Une analyse par couche de sol rencontrée	X	X	X	
Essai de perméabilité ²	Triaxial ou oedomètre	X	X	X ³	
Analyse de la qualité de l'eau souterraine	Analyse des coliformes fécaux et des nitrates	X	X	X	

¹ Type de structure : (1) Structure d'entreposage de lisier en sol naturel; (2) Structure d'entreposage de lisier en sol avec géomembrane; (3) Dalle en béton avec murs en sol; (4) Structure d'entreposage ou plate-forme entièrement en béton.

² Essais sur le terrain ou en laboratoire. Le choix de la méthode sera fonction de la nature du sol.

³ Si purin entreposé à même la plate-forme.

Dans les régions où il est suspecté que le béton est exposé aux sulfates, que ce soit par le biais de l'eau souterraine ou du sol, il est recommandé :

- d'effectuer les analyses stipulées dans la norme CSA A23.2 (*Canadian Standards Association*) selon les méthodes 2B et 3B respectivement;
- s'il y a lieu, de respecter les exigences additionnelles applicables au béton exposé aux attaques par les sulfates (voir tableau 3 de la norme CSA A23.1-09).

Également, la localisation d'une structure d'entreposage doit respecter les règlements en vigueur en rapport avec :

- les points d'eau, les cours d'eau et les zones inondables;
- les odeurs;
- les produits laitiers et succédanés;
- une municipalité ou une municipalité régionale de comté (MRC).

Les règlements et les directives à respecter sont :

- la réglementation en vigueur sur les exploitations agricoles;
- la réglementation en vigueur sur les aliments;
- la réglementation en vigueur sur le captage des eaux souterraines;
- la réglementation en vigueur sur l'aménagement de la municipalité ou de la MRC concernée.

Si les distances ne sont pas respectées pour un lieu d'entreposage existant ou s'il y a un danger environnemental, la construction d'une structure conçue d'après des critères plus sévères (réurrence plus grande, facteur de risque pour l'environnement plus élevé, mesure de mitigation en cas de débordement ou des odeurs) peut être permise selon les dispositions de la réglementation en vigueur.

2.2 Protection des eaux souterraines en milieu agricole

On entend par *eau souterraine* toute eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels les sables et les graviers. En général, l'eau souterraine que l'on exploite au Québec circule dans les 100 premiers mètres de profondeur sous la surface du sol.

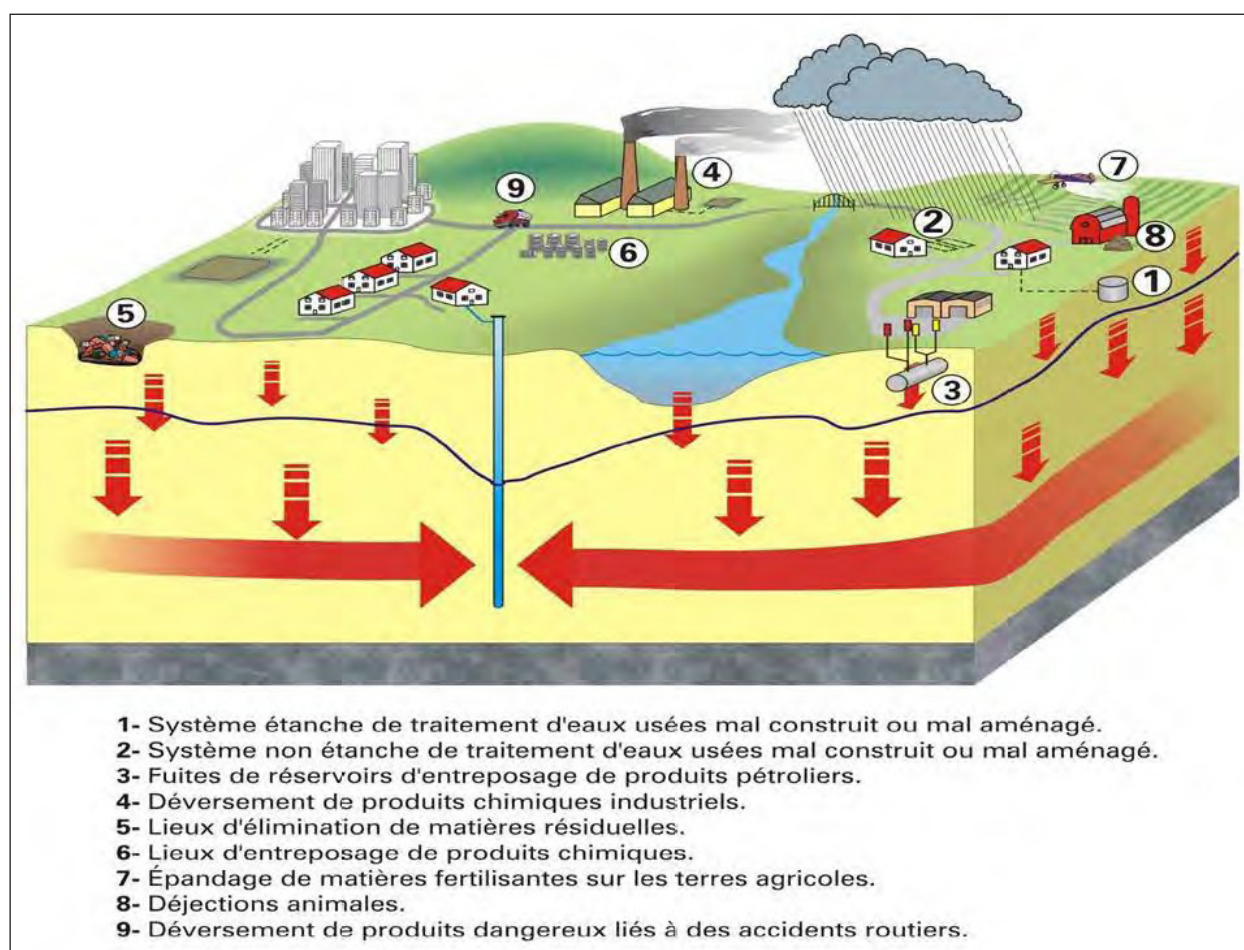
L'eau est une ressource indispensable à la vie. Les eaux souterraines, bien qu'elles soient cachées et invisibles, sont fragiles et souvent vulnérables aux nombreuses sources de contamination découlant des activités humaines (Figure 2.1).

Il existe en milieu rural des sources de contamination potentielles liées aux activités agricoles qui peuvent compromettre la qualité des eaux souterraines. Il peut s'agir de sources de contamination ponctuelles, c.-à-d. concentrées en des points précis, comme un ouvrage de stockage des déjections animales. Il peut aussi s'agir de sources de contamination diffuses où les contaminants sont répandus sur une grande surface, comme c'est le cas des fertilisants ou des pesticides qui sont épandus sur les terres agricoles.

Des pratiques agricoles inadéquates peuvent provoquer la contamination biologique, chimique ou physique d'une source d'eau. La contamination peut être le résultat de microorganismes, d'agents pathogènes, d'éléments fertilisants, etc. que l'on retrouve dans les déjections animales, les pesticides utilisés dans les cultures agricoles, les produits dangereux, comme l'essence ou l'huile, les produits pharmaceutiques utilisés pour l'élevage, etc. La figure 2.2 illustre le transport des contaminants vers les eaux souterraines et les risques potentiels pour les sources d'eau potable, par exemple un puits.

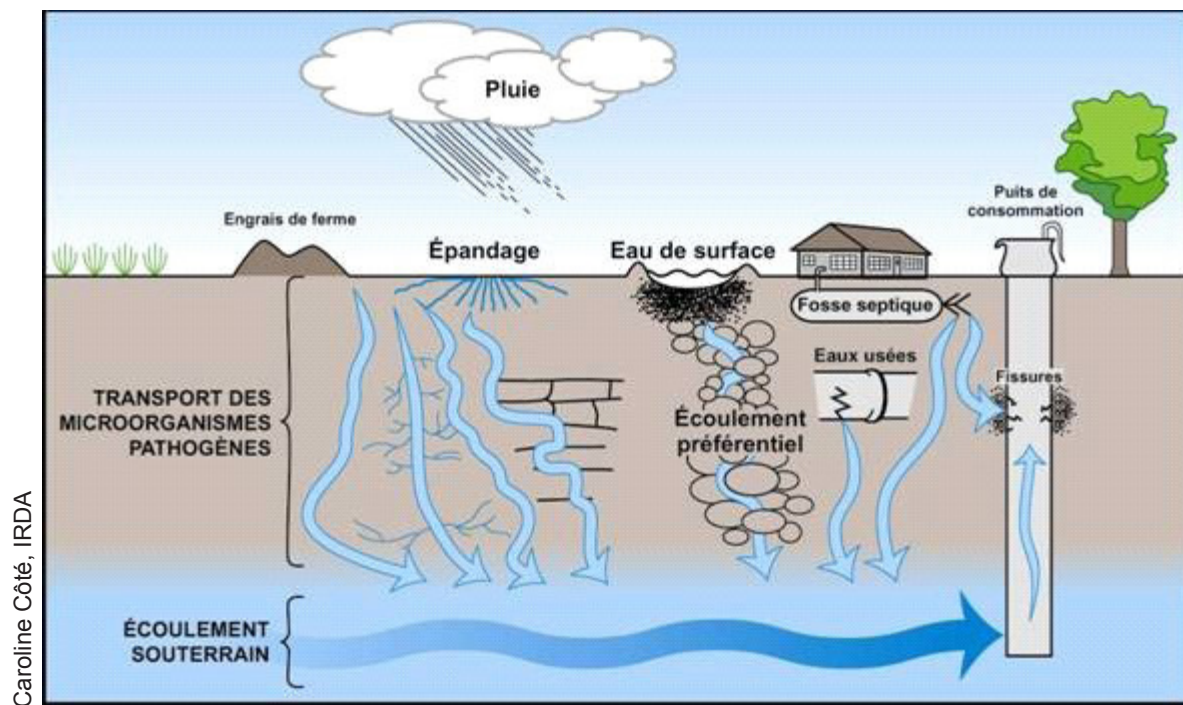
Le traitement d'une eau souterraine contaminée peut s'avérer long et coûteux, voire impossible, dans certains cas. Voilà pourquoi il est impérieux de la protéger adéquatement afin de minimiser les risques de contamination qui la menacent.

Chaque citoyen est interpellé par cette question. L'ingénieur, conseiller auprès des exploitants agricoles, doit veiller, lors de la conception et de la construction d'une structure d'entreposage, à la protection des eaux de surface et souterraines contre la contamination, partant du principe qu'il vaut mieux ne pas polluer que de chercher à réparer les effets de la pollution. Il convient donc de lutter dans la mesure du possible à la source même de celle-ci en limitant la pollution agricole, en utilisant des technologies plus propres, en gérant mieux les eaux de ruissellement, en garantissant l'étanchéité des ouvrages de stockage des déjections animales, etc.



Source : Guide technique - Captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2008

Figure 2.1 Principales sources de contamination des eaux souterraines



Source : Gestion des engrais de ferme et qualité microbienne de l'eau souterraine, IRDA, 2003

Figure 2.2 Transport des contaminants vers les eaux souterraines et risques potentiels pour les sources d'eau potable

Le gouvernement du Québec, dans le cadre de l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement et de la Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et visant à renforcer leur protection, a pris certaines mesures nécessaires pour protéger nos réserves d'eau souterraine en milieu agricole.

La réglementation en vigueur concernant le captage des eaux souterraines vise à assurer un niveau minimal de protection dans les environs immédiats de l'ouvrage de captage principalement dans l'aire d'alimentation de cet ouvrage ou la portion du territoire sur laquelle l'eau qui s'infiltré aboutira tôt ou tard au point de captage. De plus, elle vise à minimiser ou à éliminer tout risque d'épandage ou de déversement dans les environs immédiats de l'installation de captage, y compris les risques liés à la présence d'eau stagnante ou au ruissellement d'eau potentiellement contaminée. À cet effet, elle prévoit l'interdiction ou la modification de certaines activités ou pratiques agricoles.

Le Règlement sur les exploitations agricoles vise notamment une gestion adéquate des déjections animales, favorisant ainsi une réduction de l'impact environnemental sur les eaux de surface et souterraines. La règle de base de ce règlement consiste à stocker les déjections animales de manière étanche. De plus, il interdit tout débordement des ouvrages de stockage des déjections animales ainsi que le rejet vers les eaux de surface et souterraines d'eaux contaminées par les déjections animales provenant des installations d'élevage.

Dans la réalisation de ses mandats, l'ingénieur doit s'assurer que ceux-ci sont minimalement conformes à ces mesures, notamment la réglementation concernant les exploitations agricoles et le captage des eaux souterraines.

Pour faciliter et soutenir l'application de cette réglementation, le MDDEP a produit des documents techniques. Ces documents ainsi que les mises à jour de ces différents règlements sont disponibles aux adresses suivantes :

- www.mddep.gouv.qc.ca/eau/souterraines/index.htm
- www.mddep.gouv.qc.ca/milieu_agri/inter.htm

Également, les textes officiels des lois et des règlements en vigueur concernant les exploitations agricoles et le captage des eaux souterraines sont disponibles sur le site des Publications du Québec à l'adresse suivante : www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca.

Pour obtenir de plus amples informations à ces sujets, veuillez contacter une direction régionale du MDDEP (www.mddep.gouv.qc.ca/ministere/rejoindr/adr_reg.htm).

2.3 Capacité d'entreposage

La capacité d'entreposage des structures est un des facteurs les plus importants à considérer lors de la conception. Des débordements peuvent survenir si la structure est sous-dimensionnée, augmentant ainsi le risque de contamination. En collaboration avec l'agronome, l'ingénieur concepteur doit tenir compte de la gestion des fumiers à l'intérieur du bâtiment d'élevage, de la capacité maximale du bâtiment, du plan de valorisation des fumiers ou du plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF), des risques pour l'environnement ainsi que du captage potentiel des eaux de dilution (larmier, gouttière, toiture, pente de terrain, etc.).

Au minimum, la dimension de la structure d'entreposage doit faire en sorte que sa capacité :

- soit conforme à la réglementation et aux exigences de l'exploitant agricole afin de lui permettre une flexibilité dans la gestion des épandages prévus dans le PAEF lors de la conception de la structure;
- inclue le volume des eaux de précipitation avec une récurrence minimale de 10 ans (MAPAQ, publication 93-0058).

De même, il faut prévoir des hauteurs libres minimales, en haut et au fond de la structure d'entreposage, de 100 mm pour une structure en béton et de 300 mm pour une structure en sol. Ce facteur de sécurité est nécessaire pour prendre en compte notamment les accumulations des résidus et les limitations de l'équipement de pompage. Ces valeurs sont fonction du type de structure et de matériel entreposé (se référer à la section 3.0 *Réalisation de la structure : la conception*).

De plus, un volume supplémentaire devra être estimé et pris en compte lors du calcul de la capacité d'entreposage de la structure, selon les conditions d'utilisation particulières. Notons, par exemple, des vents dominants influençant les apports de pluie et de neige, l'absence de gouttières, la teneur en matière sèche du fumier et la méthode d'agitation. L'ordre de grandeur de ces ajustements peut varier de 100 à 300 mm.

Les documents suivants sont utiles pour calculer la capacité des structures d'entreposage :

- *Accumulation d'eau dans les installations d'entreposage des fumiers à ciel ouvert*, MAPAQ, publication 93-0058;
- *Définition des problèmes causés par le captage et l'accumulation de neige dans les structures d'entreposage pour fumier solide*, MAPAQ, publication 94-0245;
- *Déjections animales - production* (IRDA-MAPAQ-AIAQ, 2012) disponible à l'adresse suivante : <http://www.irda.qc.ca/fr/publications/dejections-animales-production-2012/>

CHAPITRE 3

RÉALISATION DE LA STRUCTURE : LA CONCEPTION

3.1 Charges générales de conception

L'ingénieur concepteur définit l'usage de la structure et les conditions de terrain rencontrées, notamment par rapport à la capacité portante du sol en place gouvernant les dimensions des fondations et la constitution du lit granulaire. Il applique les charges nécessaires afin d'assurer un niveau de protection adéquat de l'environnement.

Les différentes charges à considérer lors de la conception d'un ouvrage d'entreposage sont les suivantes (Figure 3.1) :

- la charge hydraulique vers l'extérieur. Le fumier liquide et le purin sont considérés comme des fluides d'une masse volumique de 10 kN/m^3 (Code canadien de construction des bâtiments agricoles [CCCBA], 1995, article 2.2.1.13 par. 3);
- la charge hydraulique vers l'intérieur;
- le poids des fumiers;
- les pressions horizontales du sol. Elles sont considérées comme un fluide ayant l'une des masses volumiques suivantes :
 - sable et gravier propres, bien drainés : $4,7 \text{ kN/m}^3$,
 - sable et gravier avec particules fines, perméabilité limitée : $5,7 \text{ kN/m}^3$,
 - argiles et silts résiduels durs : $7,0 \text{ kN/m}^3$,
 - argiles et silts mous, mal drainés : $16,0 \text{ kN/m}^3$(CCCBA, 1995, article A-2.2.1.13 par. 4);
- la circulation. S'il y a circulation de citernes à purin ou de camions à $1,5 \text{ m}$ des parois de la structure, il faut prévoir une surcharge horizontale de $5,0 \text{ kPa}$ appliquée uniformément en dessous du niveau du sol (CCCBA, 1995, article 2.2.1.13 par. 5);
- la pression verticale vers le haut occasionnée par les eaux souterraines;
- le poids mort de la structure pour la vérification de la capacité portante du sol;
- les autres surcharges causées par la machinerie telle la charge des équipements d'épandage circulant dans la structure d'entreposage;
- toutes les autres surcharges (toiture, neige, puits de pompage, etc.).

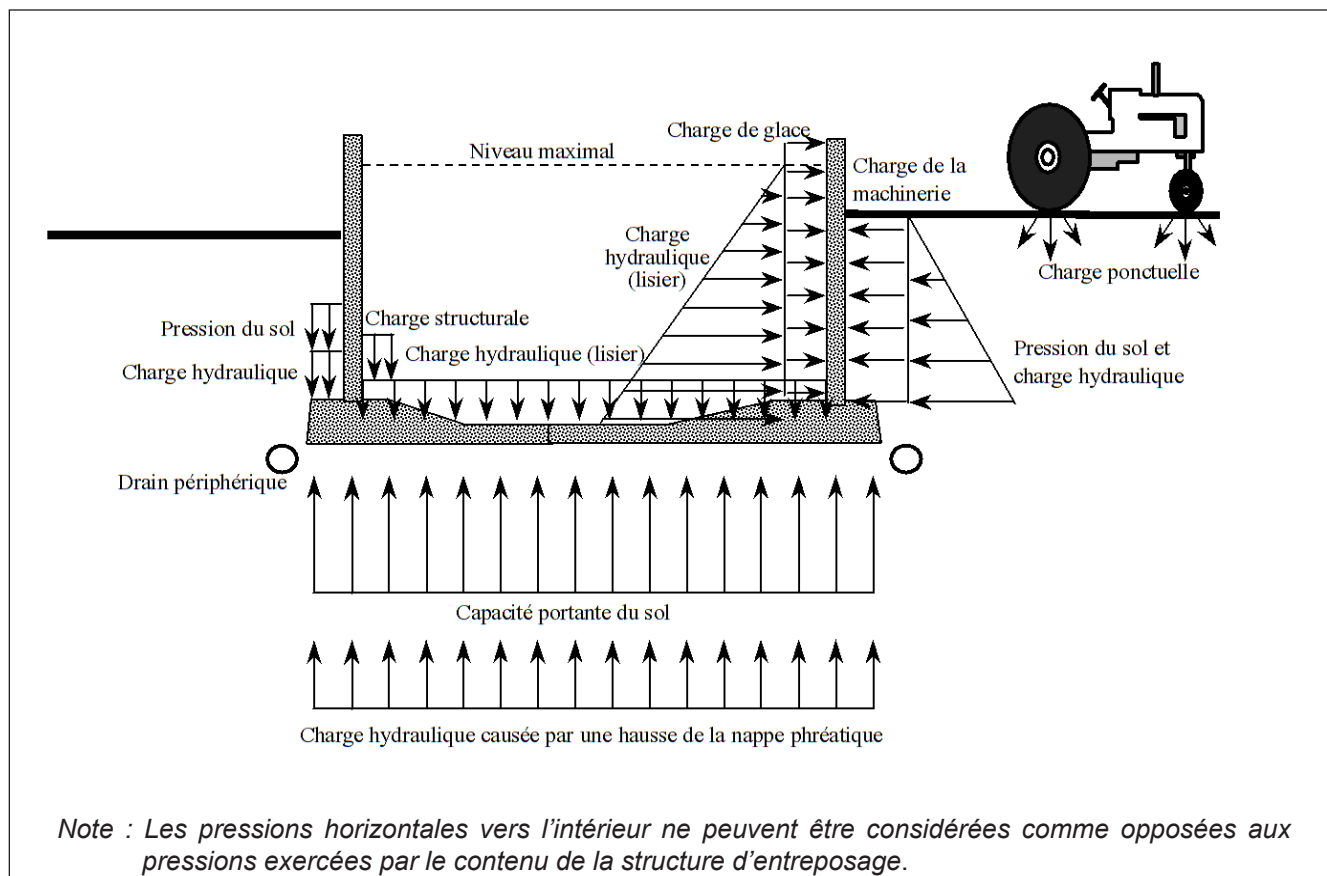


Figure 3.1 Schéma des charges applicables sur une structure d'entreposage en béton

3.2 Charges particulières en pratique agricole

En plus des charges générales, les ingénieurs doivent, en fonction des conditions locales, prendre en compte la charge de glace. Cette charge est l'une des plus complexes à prendre en compte lors de la conception et elle est la moins documentée dans les autres guides et cahiers de normes. La glace est un matériel viscoélastique. Son module d'élasticité est influencé par la température et elle flue sous la pression de façon importante. De plus, la pression exercée par la glace sur une structure est dépendante du gradient de température, de son épaisseur, de son module d'élasticité et de la rigidité de la structure sollicitée.

Dans le cas d'une structure ouverte et extérieure avec fumier liquide ou purin entreposé seul, la pression peut atteindre 50 kPa. Selon diverses études (CCCBA, 1995; Godbout *et al.*, 1992; Carrier *et al.*, 1995), cette pression s'applique sur l'épaisseur du couvert qui varie en fonction des régions et peut atteindre 0,6 m au centre de la structure et 1,2 m le long de la paroi.

Ces études se sont limitées à la structure ouverte (sans toiture). Cependant, les chercheurs ont constaté que la glace dans les structures couvertes n'était pas identique à celle dans les structures non couvertes. Le couvert de glace semblait plus mince mais la glace plus pure, la rendant un peu plus dure. L'ingénieur concepteur devra alors juger de la pertinence de cette importante nuance.

3.3 Le cas particulier des structures en béton armé ou autres matériaux rigides

3.3.1 Charges spécifiques

En plus des charges générales, dans le cas de structures en béton armé, le concepteur doit tenir compte des charges supplémentaires risquant de causer des fissures, notamment les effets thermiques, le retrait du béton et le mouvement de structures (CCCBA, article 2.2.1.13 par. 7). Les différentes valeurs à retenir pour ces charges seront définies par l'ingénieur concepteur et sont reliées généralement aux conditions locales.

3.3.2 Qualité du béton et de la fondation

Un béton de classe d'exposition correspondant à l'ouvrage construit doit être utilisé (voir tableau 1 de la norme CSA A23.1) et les exigences relatives à cette classe d'exposition doivent être telles que définies dans le tableau 2 de la norme CSA A23.1, et ce, en incluant le régime de cure admissible. Le devis spécifiera d'autres paramètres importants, tels l'affaissement et la grosseur des granulats; la température du béton lors de la mise en place doit se situer à l'intérieur des limites acceptables stipulées dans la norme CSA A23.1 (tableau 14 de l'édition 2009).

Les fondations des structures de béton soumises aux cycles gel-dégel doivent avoir un matelas granulaire d'au moins 300 mm, toutes les autres fondations doivent avoir un matelas granulaire d'au moins 150 mm. Le taux de compaction nécessaire du lit granulaire doit être inscrit aux plans et devis.

3.3.3 Facteur de fissuration

Certains critères particuliers doivent être considérés lors de la conception de ce type de structure afin d'être étanche. Il est d'usage général d'utiliser et de respecter un facteur de fissuration (facteur « z ») afin de limiter celle-ci. Ce facteur dépend de plusieurs paramètres et est défini par la norme canadienne A23.3. Dans la majorité des cas, ce facteur de fissuration « z » doit être d'au plus 20 kN/mm (norme ACI 350R). Cependant, pour la protection d'un milieu fragile, le facteur de fissuration « z » devrait être abaissé et atteindre dans certains cas un maximum de 17 kN/mm. On entend, par milieu fragile, une frayère, une rivière à saumon, une prise d'eau potable, un milieu qui subirait de lourdes pertes si un déversement avait lieu, etc.

3.3.4 Murs

L'épaisseur minimale des murs ayant une hauteur maximale de 3,7 m est de 200 mm et l'armature principale est constituée de rangs d'armature vertical et horizontal disposés au centre du mur. Également, lorsque l'épaisseur de la paroi est supérieure à 250 mm, l'armature doit être disposée sur deux rangs dans les deux directions tout en respectant le recouvrement minimal exigé par la norme canadienne (CSA A23.3), soit 50 mm. Ces exigences sont minimales et peuvent être supérieures si l'ingénieur concepteur le juge opportun.

3.3.5 Dalle

L'épaisseur d'une dalle sur sol est basée sur la charge que la dalle doit supporter (incluant le ratio charge/tassement), sur le type de béton et sur la qualité de l'infrastructure (capacité portante).

Dans le cas d'une structure d'entreposage de lisier et de purin, puisque la charge est uniforme sur toute la surface de la plaque, une épaisseur de la dalle de 125 mm s'avère adéquate. Dans des conditions particulières de capacité portante excessivement réduite, cette épaisseur pourrait être majorée. Dans tous les cas, une vérification de l'épaisseur minimale de la dalle devrait être effectuée par l'ingénieur concepteur.

Dans le cas où la dalle est soumise à une charge ponctuelle telle qu'un tracteur, il faut alors faire des vérifications supplémentaires en utilisant les charges de machineries exigées par le code canadien de construction des bâtiments agricoles (ex. : 23 kN par roue). L'épaisseur minimale de la dalle doit être calculée à partir de ces charges. Pour ce faire, l'ingénieur pourra consulter le document de l'Association canadienne du ciment Portland sur la conception des dalles sur sol. Dans ces conditions particulières, il est fréquent, pour un sol de capacité portante moyenne, que l'épaisseur minimale de la dalle atteigne 150 mm.

L'armature minimale d'une dalle est, selon la norme CSA A23.3, fonction de l'épaisseur de celle-ci. À titre d'exemple, la norme indique que pour une dalle de 150 mm d'épaisseur, la surface minimale d'acier est de 300 mm² par mètre de longueur de dalle. Pour une dalle de 125 mm, cette surface d'acier est de 250 mm² par mètre. Dans certains cas, le béton avec fibre accrédité pour le contrôle de la fissuration pourra être utilisé.

3.3.6 Détails de construction

Les structures en béton armé tolèrent peu les mouvements différentiels. Il est donc nécessaire de prévoir des joints contrôlés afin de s'assurer de leur étanchéité. Les détails de conception de ces joints devraient être présentés aux plans et devis, car ils faciliteront leur réalisation sur le chantier. Il y existe trois principaux types de joint : joint de coulée, joint de mouvement et joint de retrait.

3.3.6.1 Joint de coulée

Lorsque deux pièces de béton sont coulées indépendamment, il est nécessaire d'installer un joint de coulée, car il n'y a pas de liaison étanche entre ces deux pièces et les liquides peuvent traverser la paroi.

Plusieurs produits sont disponibles pour confectionner des joints étanches. Entre autres, on retrouve les lames de PVC et les bandes rectangulaires en bitume enrobées de gravillons, bentonite et autres. Le succès de l'utilisation de ces matériaux repose sur la qualité de la mise en place et le respect des recommandations des manufacturiers.

3.3.6.2 Joint de mouvement

Ce type de joint est nécessaire lorsqu'il y a contact de deux pièces de béton dont l'une partie subit un mouvement et l'autre est fixe, par exemple une plate-forme avec des murs protégés des cycles gel-dégel et une descente coulée par la suite et subissant les cycles gel-dégel. Cette descente est flottante. À la jonction des murs et de la descente, il faut un joint de mouvement.

Le joint de mouvement doit permettre un déplacement sans effritement du béton et assurer l'étanchéité malgré l'amplitude du déplacement.

Lors de la vidange annuelle, il est important de vérifier le joint et de voir aux réparations nécessaires afin d'assurer une bonne étanchéité de ce joint.

3.3.6.3 Joint de retrait

Le joint de retrait est utilisé pour contrôler la fissuration par le séchage et le retrait thermique. Généralement, pour les structures d'entreposage en béton armé circulaires, aucun joint de retrait n'est nécessaire. Pour les structures d'entreposage rectangulaires, la norme 350R de l'ACI (*American Concrete Institute*) indique les distances requises entre les joints de retrait. Le principe d'utilisation de ce joint est la création d'une faiblesse dans le béton pour s'assurer que le retrait s'effectue à cet endroit. Un joint de même type qu'un joint de coulée est installé à ce point de faiblesse afin d'assurer l'étanchéité.

3.3.7 Documents de référence

Une fois les dimensions et les charges bien définies, l'ingénieur concepteur peut utiliser, pour la conception, les normes et les références de conception suivantes :

- *Acier d'armature*, Association canadienne de normalisation; norme G30.18 M;
- *Concrete Floors on ground*, EB075, Association du ciment Portland;
- *Environmental Engineering Concrete Structure*, n° 86-S30, *American Concrete Institute*; norme ACI-350R;
- *Règles de calcul des ouvrages en béton dans les bâtiments*, Association canadienne de normalisation (ACNOR); norme CAN3-A23.3 M;
- *Treillis d'acier à maille soudée*, Association canadienne de normalisation; norme G30.5 ou G30.15.

Pour les structures d'entreposage circulaires en béton armé, s'ajoute la référence :

- *Circular Concrete Tanks Without Prestressing*, Association du ciment Portland.

Pour les structures rectangulaires en béton armé, s'ajoute la référence :

- *Rectangular Concrete Tanks Without Prestressing*, Association du ciment Portland.

3.4 Cas particulier des structures en sol ou partiellement en sol

3.4.1 Critères de conception pour fumier liquide et fumier solide

3.4.1.1 Caractéristiques de la structure

Une hauteur libre de 300 mm au haut de la structure et une zone de 300 mm au fond pour l'accumulation des résidus solides des lisiers sont à prévoir lors du dimensionnement de la structure d'entreposage. S'il y a entreposage des purins avec le fumier solide, il faut prévoir une hauteur libre de 300 mm au haut.

L'ouvrage d'entreposage doit avoir les caractéristiques suivantes :

- un sol ayant une perméabilité homogène;
- une géométrie (largeur et longueur au sommet, profondeur, pente maximale des talus) respectant la mécanique des sols;
- une plate-forme de pompage au fond bétonné d'au moins 3 m x 3 m;

- une protection du talus vis-à-vis de la plate-forme de pompage;
- une protection du talus vis-à-vis de la conduite d'amenée.

3.4.1.2 Barrière hydraulique

Les critères du sol pour la conception de la barrière hydraulique doivent satisfaire à la granulométrie présentée au tableau 3.1 et avoir une perméabilité du sol inférieure ou égale à 1×10^{-7} cm/s sur plus de 1 m de sol.

De même, l'épaisseur minimale du sol entre le fond de la structure et le socle rocheux ou une nappe d'eau souterraine doit être de 3 m. Cette épaisseur peut être de 1 m si les sols contiennent 50 % ou plus de particules argileuses. Un système de drainage adéquat peut servir à abaisser et contrôler le niveau de la nappe d'eau qui doit être maintenu plus bas en tout point de la structure.

Tableau 3.1 Granulométrie du sol pour le fumier liquide et le fumier solide

Diamètre des particules du sol (mm)	Proportion passant en poids ¹ (%)
10,0	100
2,0	95
0,2	60
0,02	30
0,002 (argile)	15

¹ Tout l'échantillon doit passer au travers d'un tamis de 10 mm. Il faut qu'au moins 95 % du poids de l'échantillon initial passe dans un tamis de 2,0 mm et ainsi de suite pour les autres diamètres de particules de sol. L'échantillon doit contenir au moins 15 % de particules d'argile (0,002 mm).

3.4.1.3 Digue

Le sol servant au remblai doit respecter des critères particuliers. Spécifiquement, la fraction des particules du sol ayant un diamètre supérieur à 7,6 mm ne peut dépasser 20 % en poids. De plus, la dimension maximale des agrégats de sol et des blocs dans le remblai ne peut excéder les 2/3 de l'épaisseur des levées avant compactage.

3.4.2 Critères de conception pour fumier égoutté

Pour les structures entreposant des fumiers égouttés, aucune hauteur libre au haut de la structure et aucune zone d'accumulation au fond ne sont nécessaires.

Les plans et devis de la structure doivent fournir les informations suivantes :

- la capacité volumétrique utile;
- la géométrie (largeur, longueur, profondeur, pente, hauteur du tas de fumier projeté);
- les détails de la canalisation du purin vers une structure d'entreposage pour fumier liquide.

Les exigences suivantes s'appliquent au lieu d'entreposage du fumier égoutté placé toujours au même endroit, année après année (par exemple en dessous de la montée de l'évacuateur de fumier).

Pour la barrière hydraulique, la granulométrie doit satisfaire aux exigences présentées au tableau 3.2 et, dans ce cas spécifique, aucune norme de perméabilité ne s'applique. De plus, l'épaisseur minimale du sol entre le fond de la structure et le socle rocheux ou du niveau de la nappe d'eau souterraine doit être d'au moins 1 m.

Tableau 3.2 Granulométrie du sol pour le fumier égoutté

Diamètre des particules du sol (mm)	Proportion passant en poids¹ (%)
10,0	100
2,0	80
0,2	40
0,02	15
0,002 (argile)	5

¹ Tout l'échantillon doit passer au travers d'un tamis de 10 mm. Il faut qu'au moins 80 % du poids de l'échantillon initial passe dans un tamis de 2,0 mm et ainsi de suite pour les autres diamètres de particules de sol.

3.5 Critères de conception pour une structure en sol protégée d'une membrane d'étanchéité

Une hauteur libre de 300 mm au haut de la structure et une zone de 300 mm au fond pour l'accumulation des résidus solides des lisiers sont à prévoir lors du dimensionnement de la structure d'entreposage.

Les plans et devis de l'ingénieur concepteur doivent contenir :

- le profil du sol;
- la hauteur de la nappe d'eau souterraine et du socle rocheux;
- la géométrie de la structure (largeur et longueur au sommet, profondeur, pente maximale des talus);
- l'évaluation de la durée de vie utile de la membrane, selon le fournisseur et en fonction de son utilisation.

La membrane proposée doit posséder les caractéristiques suivantes :

- une résistance aux substances chimiques des fumiers;
- une résistance aux rayons solaires ou prévoir une protection;
- une résistance aux forces de glace ou prévoir une protection;
- des soudures réalisées par le fournisseur ou un entrepreneur certifié par le fournisseur;
- une élasticité qui doit se situer dans la gamme de température variant de -40 °C et 40 °C.

De plus, la membrane doit être protégée du sol naturel par un géotextile ou une couche d'au moins 150 mm de sable. Pour toute autre technique de protection utilisée, le concepteur doit apporter des appuis scientifiques et techniques adéquats démontrant l'efficacité de cette protection.

La structure d'entreposage doit avoir :

- une hauteur de 300 mm entre le niveau du liquide et la ligne d'ancrage de la membrane;
- une hauteur libre de 300 mm au fond pour l'accumulation des résidus solides des fumiers;
- des trappes de ventilation afin d'évacuer les gaz accumulés sous la membrane;
- une plate-forme de pompage au fond bétonnée d'au moins 3 m x 3 m et doit être armée si la membrane d'étanchéité n'est pas présente sous l'élément;
- une protection du talus vis-à-vis de la plate-forme de pompage.

3.6 Résumé des exigences relatives au site

Selon les différents aménagements du lieu d'entreposage des fumiers, les figures 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 et 3.6 résument les exigences de granulométrie et de perméabilité du sol et de la hauteur libre de la structure d'entreposage. Dans tous les cas, l'ingénieur doit s'assurer du respect de la réglementation en vigueur en lien avec la protection des eaux souterraines.

3.6.1 Fumier liquide entreposé dans une structure en sol

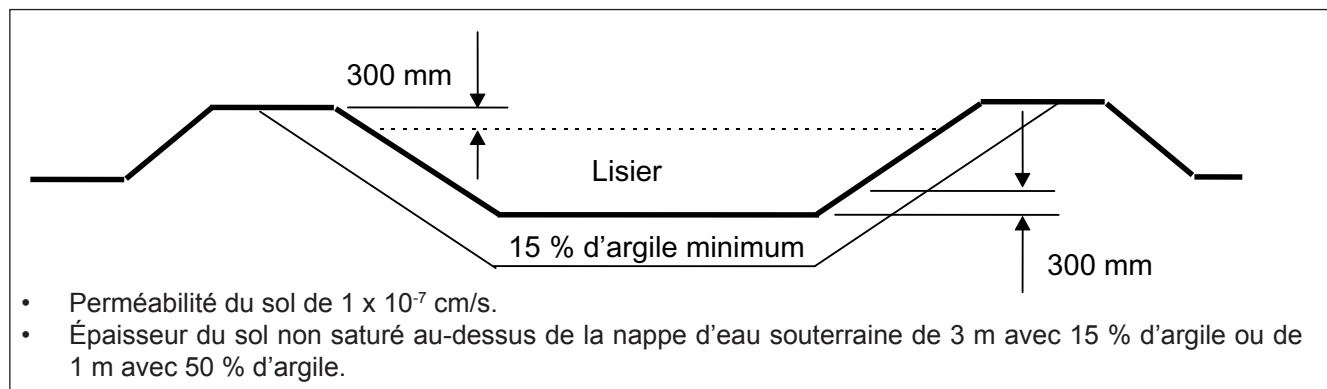


Figure 3.2 Aménagement d'une structure en sol pour fumier liquide

3.6.2 Fumier solide entreposé dans une structure en sol

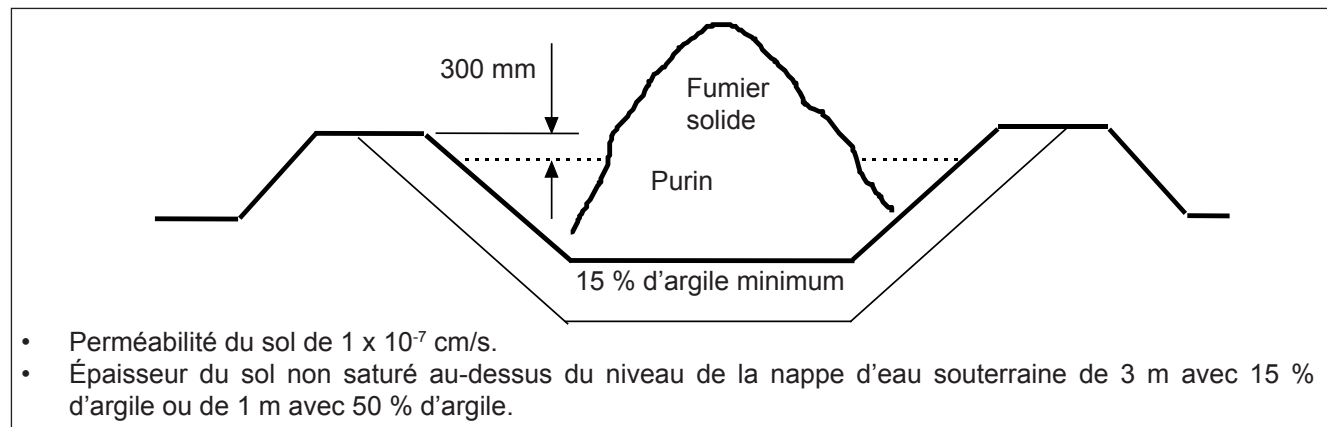


Figure 3.3 Aménagement d'une structure en sol pour fumier solide

3.6.3 Fumier solide entreposé dans une structure en béton armé

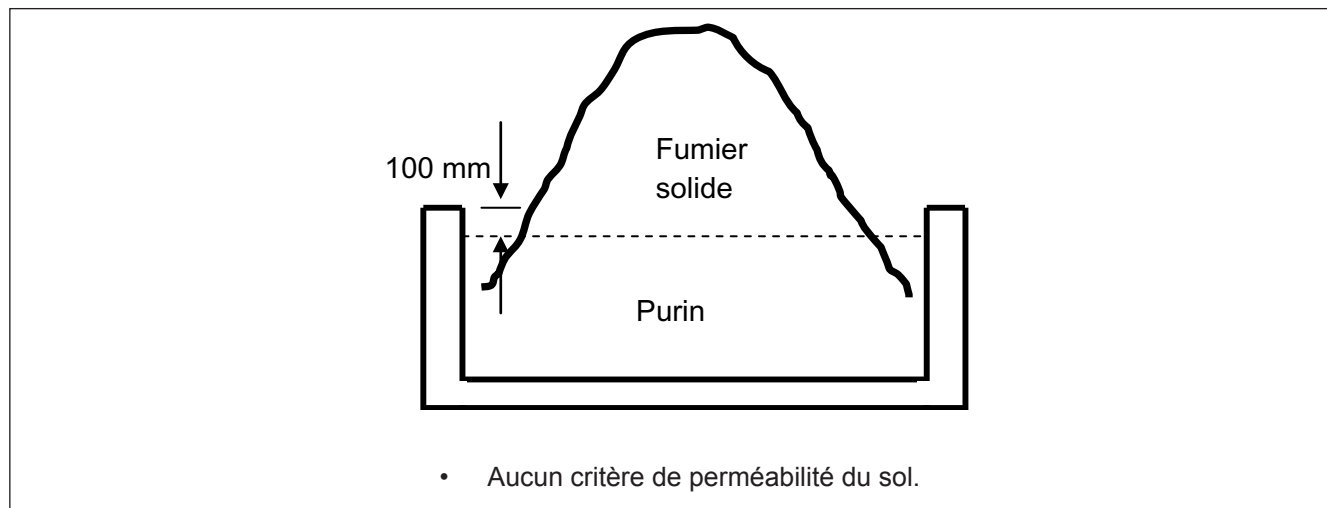


Figure 3.4 Aménagement d'une structure en béton armé pour fumier solide

3.6.4 Fumier égoutté et purin entreposés dans des structures en sol

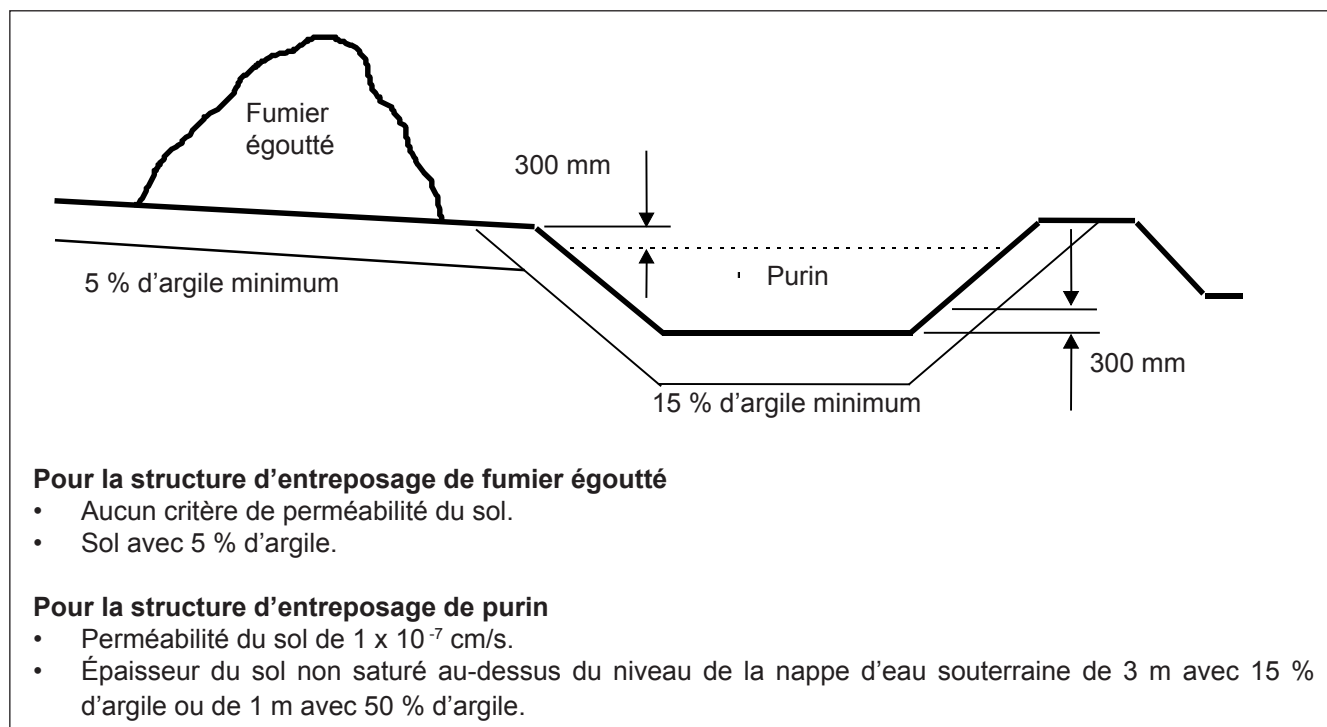


Figure 3.5 Aménagement d'une structure en sol pour fumier égoutté et purin

3.6.5 Fumier égoutté et purin entreposés dans des structures en béton armé

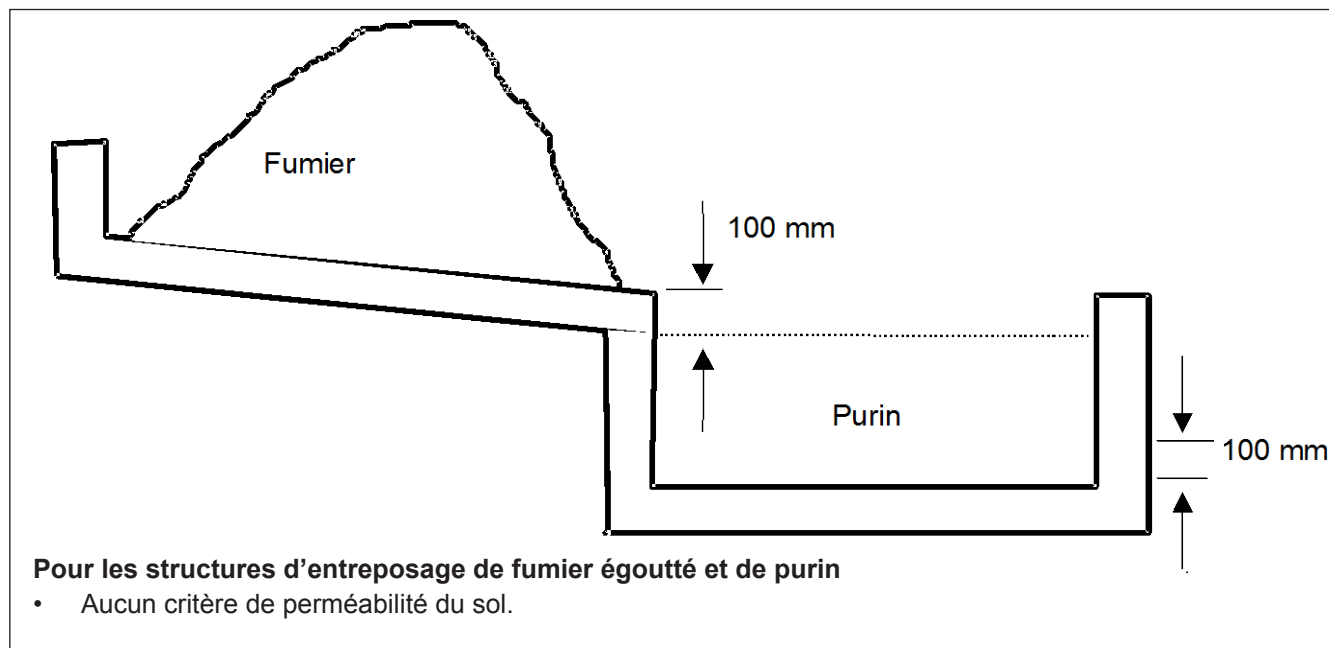


Figure 3.6 Aménagement d'une structure en béton armé pour fumier égoutté et purin

3.7 Ouvrages connexes aux structures d'entreposage

3.7.1 Remblai

Le remblai d'une structure est un élément important qui dépend de plusieurs paramètres (nature des sols en place et capacité portante associée, charges induites par la structure elle-même et par son contenu, etc.) et qui doit donc être établi par le concepteur selon les conditions particulières de chaque projet. Le remblai doit cependant avoir une épaisseur d'au moins 1 m à partir du mur et être recouvert d'au plus 152 mm de terre arable. Le matériau servant au remblai doit être de type non gélif et doit être soumis à une analyse granulométrique. Il peut contenir des particules qui respectent la règle suivante :

- la fraction retenue sur un tamis de 7,6 cm ne doit pas dépasser 20 % en poids;
- la dimension maximale des agrégats de sol et blocs dans le remblai ne doit pas excéder les 2/3 de l'épaisseur des levées avant le compactage.

3.7.2 Drain et regard

Tout lieu d'entreposage doit être muni d'un système de drainage installé de façon à maintenir en tout temps de l'année les eaux souterraines sous le niveau du fond de la structure. Le système de drainage doit être relié à un regard permanent.

Les regards d'égout préfabriqués en béton armé doivent avoir un diamètre minimal intérieur de 400 mm et être conformes aux exigences de la norme BNQ 2622-420. Ils doivent être munis, entre leurs éléments, de joints d'étanchéité constitués d'un caoutchouc dont les caractéristiques physiques doivent

être conformes aux exigences, soit de l'annexe A de la norme BNQ 2622-420, soit de la norme ASTM C 443M (*American Society for Testing and Materials*). D'autres types de regards normalisés peuvent être utilisés.

Le niveau inférieur du tuyau de sortie doit être à au moins 300 mm du fond du regard. Cette profondeur permet l'observation en tout temps de la qualité de l'eau provenant du lieu d'entreposage. La distance minimale centre à centre du système de drainage dans le regard et du drain d'écoulement doit être de 100 mm. Il est souhaitable d'augmenter cette distance lorsque c'est possible afin de faciliter l'échantillonnage. Le système de drainage doit s'introduire dans le regard sur une longueur d'au moins 50 mm. Ces distances permettent l'échantillonnage des eaux provenant du lieu d'entreposage. Pour de grandes profondeurs, il est suggéré d'augmenter le diamètre du regard à 450 ou 600 mm.

Lorsque l'installation d'une pompe électrique dans le regard est nécessaire pour y pomper l'eau, cette dernière doit être reliée au réseau électrique par une installation permanente et être conforme à la version la plus récente du Code canadien de l'électricité (norme ACNOR C22.1) publié par l'Association canadienne de normalisation.

Le tuyau d'écoulement doit être non perforé. Quant au tuyau de sortie, il doit être rigide, muni d'une grille de protection et visible. Le rejet des eaux en provenance d'un système de drainage d'un lieu d'entreposage des fumiers peut être dirigé dans un réseau de systèmes de drainage souterrain sous certaines conditions :

- ajout d'un clapet antiretour;
- ajout d'un coude de 90° dans le regard afin de bloquer temporairement le système s'il y a fuite en attendant de corriger la situation.

Une protection à la sortie, enrochement ou autre, doit être conforme au *Guide de référence technique en drainage souterrain et travaux accessoires* (CRAAQ, 2005).

3.7.3 Conduites d'amenée des déjections vers la structure d'entreposage

Les conduites d'amenée des déjections reliant le bâtiment d'élevage à la structure d'entreposage doivent être conçues et installées de façon à être étanches. L'ingénieur devra s'assurer que le choix des différentes composantes permet une étanchéité parfaite du bâtiment au lieu d'entreposage. De même, une attention particulière doit être portée lors de la mise en place de ces équipements. Tous les éléments nécessaires pour parvenir à l'étanchéité devront être consignés aux plans et devis.

3.7.4 Éléments de sécurité

Une clôture doit être installée sur le pourtour des structures d'entreposage pour en limiter l'accès et éviter que des personnes ou des animaux n'y tombent. Une ou des barrières doivent être prévues pour permettre l'accès aux équipements de reprise.

Les structures d'entreposage non couvertes doivent être entourées d'une clôture permanente, d'un mur ou d'une combinaison des deux, d'une hauteur d'au moins 1,5 m au-dessus du niveau du sol ou du plancher adjacent, solidement ancré et comportant une barrière avec loquet pour empêcher l'entrée accidentelle de personnes ou d'animaux (CCCBA, 1995, article 4.1.1.4).

L'accès aux structures d'entreposage de fumier couvertes doit aussi être limité. Cette limitation peut également être assurée par une clôture, un mur ou une combinaison des deux d'une hauteur d'au moins 1,5 m au-dessus du sol.

La clôture et la barrière doivent être de type maille de chaîne ou tout autre matériau pouvant assurer une protection supérieure. Le feuillet 20731 (*Clôtures et barrières pour lieux d'entreposage de fumier [solide et liquide]*), produit par le MAPAQ et disponible sur Agri-Réseau (www.agrireseau.qc.ca), illustre une installation typique. En tout temps, la dimension des carreaux de la clôture ne doit pas excéder 50 mm x 100 mm. Tout espace libre entre les différentes composantes de la clôture, de la barrière et du sol ne doit pas dépasser 50 mm.

Les ouvertures des structures d'entreposage des fumiers situées au niveau du plancher ou en dessous (par exemple une cave à lisier) doivent être équipées d'un garde-corps ou d'un caillebotis ayant des ouvertures d'au plus 100 mm de largeur (CCCBA, 1995, article 4.1.2.1). Il est interdit d'installer une échelle dans une structure d'entreposage de fumier liquide fermée (CCCBA, 1995, article 4.1.1.3).

Des clapets antiretours ou des siphons doivent être installés lorsqu'une structure d'entreposage distincte est reliée à un bâtiment abritant des animaux pour éviter que les gaz qui se dégagent de la structure ne pénètrent dans le bâtiment (CCCBA, 1995, article 4.1.1.2).

3.8 Documents constitutifs du projet

3.8.1 Documents techniques

L'ingénieur concepteur doit remettre au producteur agricole les documents suivants :

- le plan de localisation;
- des copies des plans et devis en nombre suffisant pour l'appel d'offres et l'archivage;
- le bordereau de soumission incluant l'évaluation des quantités; ce bordereau n'est cependant pas obligatoire pour l'obtention d'un certificat d'autorisation du MDDEP;
- le rapport d'analyse sur l'échantillonnage avant-projet de l'état de contamination des eaux souterraines, si nécessaire;
- l'appel d'offres (facultatif).

3.8.2 Plan de localisation

Pour tout projet de construction d'une structure d'entreposage des fumiers, le plan de localisation doit couvrir un territoire minimum de 500 m autour des installations d'élevage visées et, dans le cas d'une carte à l'échelle de 1:20 000, couvrir un territoire de 1 km autour de ces installations sur lesquels apparaissent les divisions cadastrales des lots, l'emplacement des installations d'élevage, les structures d'entreposage existantes et projetées, les zones protégées ainsi que les distances. Des échelles allant de 1:500 à 1:2 000 permettent généralement une représentation adéquate des lieux. Cependant, il est possible que des points de référence dont la norme de localisation excède 500 m soient applicables au projet. Dans de tels cas, des plans additionnels, à une échelle appropriée, doivent être fournis. En général, il s'agit des distances de la structure par rapport :

- au lit d'un cours d'eau, d'un fossé ou d'un lac;

- à une source, à un puits individuel, à une prise d'eau de surface individuelle, à une prise d'eau servant à la production d'eau de source, minérale ou à l'alimentation d'un réseau d'aqueducs municipal ou privé;
- à un marécage, à un marais ou à un étang;
- à la ligne d'inondation de récurrence de 20 ans d'un cours d'eau ou d'un lac;
- à l'emprise du chemin public;
- à la ligne de lot;
- aux bâtiments, aux maisons des voisins;
- aux immeubles protégés :
 - un commerce ou un centre récréatif de loisir, de sport ou de culture,
 - un parc municipal,
 - une plage publique ou une marina,
 - le terrain d'un établissement d'enseignement ou d'un établissement au sens de la Loi sur la santé et les services sociaux (L.R.Q., chapitre S-4.2),
 - un établissement de camping,
 - les bâtiments sur une base de plein air ou d'un centre d'interprétation de la nature,
 - le chalet d'un centre de ski ou d'un club de golf,
 - un temple religieux,
 - un théâtre d'été,
 - un bâtiment d'hôtellerie, un centre de vacances ou une auberge de jeunesse au sens du Règlement sur les établissements d'hébergement touristique (L.R.Q., chapitre E-14.2),
 - un vignoble ou un établissement de restauration détenteur de permis d'exploitation à l'année;
- au périmètre d'urbanisation;
- à la limite des zones selon la réglementation municipale;
- à la limite de la zone verte selon la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles (L.R.Q., chapitre P-41.1);
- aux emprises des services publics (téléphone, électricité, aqueduc, etc.) situées près du lieu d'entreposage des fumiers.

Toutes les distances sont les distances horizontales les plus courtes entre, d'une part, chaque zone protégée ou point de référence applicable au projet et, d'autre part, l'installation d'élevage (bâtiments et cours d'exercice) et/ou l'ouvrage d'entreposage des fumiers. Chacune de ces distances est mesurée en mètres et tracée (cotée) sur le plan de localisation.

Sur le plan, la zone de la ligne d'inondation de récurrence de 20 ans doit apparaître pour tous les cours d'eau ou les lacs. Ces renseignements peuvent être disponibles auprès des municipalités ou des MRC.

Le plan de localisation doit représenter plusieurs éléments. Ceux-ci peuvent varier en fonction des exigences municipales, régionales et provinciales. Les éléments suivants doivent être indiqués :

- les points de référence;

- le nord géographique;
- l'échelle;
- les élévations du site, des ouvrages existants et à construire;
- les ouvrages d'entreposage existants (à conserver ou à détruire) et projetés, ainsi que le regard d'échantillonnage et la sortie rigide au fossé de chacun de ces ouvrages;
- les dimensions des ouvrages d'entreposage et des installations d'élevage;
- les installations d'élevage (bâtiments et cours d'exercice) et ouvrages d'entreposage (existants ou projetés) appartenant au même demandeur;
- la distance entre chaque installation d'élevage et/ou ouvrage d'entreposage appartenant au même demandeur;
- l'identification et la numérotation des installations d'élevage et ouvrages d'entreposage;
- les cotes d'implantation des projets visés;
- le zonage des lieux selon la réglementation municipale;
- le zonage du territoire en vertu de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles (L.R.Q., chapitre P-41.1);
- les numéros et les lignes de lots.

Dans les cas à hauts risques environnementaux, par exemple lorsqu'un site de captage de l'eau souterraine est situé à proximité, il est probable que plusieurs éléments supplémentaires soient nécessaires (ex. : le ou les parcours sur lesquels transiteront les déjections animales avant l'épandage). Le professionnel devra se référer au MDDEP afin de connaître les éléments qui devront faire partie du dossier de demande de certificat d'autorisation. Ce document devra être signé et daté par un professionnel dûment habilité.

3.8.3 Plans et devis

3.8.3.1 Élaboration

L'élaboration des plans et devis implique une analyse des besoins et des contraintes d'ordres physique, chimique, environnemental ou autres. Les plans et devis sont les principaux outils permettant la réalisation d'une construction étanche qui protégera l'environnement (sol, cours d'eau, eaux souterraines, etc.).

Le devis du projet spécifie tous les paramètres utiles pour l'étude du sol, les paramètres pour le calcul de la résistance du béton armé et les calculs pour la détermination de la capacité volumétrique de la structure. Il doit décrire les travaux pour l'aménagement du lieu d'entreposage.

Sur le plan, une vue en plan et une vue en coupe (longitudinale et/ou transversale) doivent décrire avec précision la structure d'entreposage avec les dimensions géométriques suivantes :

- la profondeur de la structure;
- la largeur et la longueur de la structure au haut;
- la largeur et la longueur de la structure au bas;

- la hauteur maximale des fumiers entreposés;
- la localisation de la structure par rapport au système d'évacuation des fumiers;
- la pente des remblais extérieur et intérieur, s'il y a lieu.

3.8.3.2 Structures en béton armé

Les plans et les devis des structures en béton armé devront contenir les informations spécifiques suivantes :

- les détails structuraux :
 - béton (qualité, épaisseur de la dalle et des murs, dimension des semelles),
 - armature (positionnement, appuis-barres, enrobage, nuance, chevauchement);
- les joints d'étanchéité;
- l'épaisseur du matelas granulaire et le taux de compaction;
- les résultats des différentes analyses de sol.

3.8.3.3 Structures en sol

Les plans et les devis des structures en sol devront contenir les informations spécifiques suivantes :

- une étude du sol :
 - test de granulométrie,
 - test de perméabilité,
 - test de compactage,
 - texture et profil du sol (minimum deux sondages),
 - hauteur maximale de la nappe d'eau, du socle rocheux et de la nappe d'eau souterraine,
 - analyse de la qualité de l'eau souterraine (coliformes et nitrates);
- les travaux à effectuer :
 - remaniement du sol,
 - aménagement des remblais et des déblais;
- une description de l'entretien préventif :
 - les mesures de protection et de contrôle de l'érosion des talus,
 - l'entretien des talus intérieurs et extérieurs,
 - la vitesse de vidange (mm par 24 heures) afin de ne pas créer un gradient hydraulique défavorable pouvant provoquer des instabilités dans les pentes intérieures,
 - la technique utilisée pour vidanger les sédiments accumulés au fond de la structure;
- les caractéristiques des membranes.

3.8.3.4 Ouvrages connexes

Voici la liste des principaux ouvrages connexes à fournir dans les plans et les devis d'une structure d'entreposage :

- le remblai (largeur, longueur, compactage, granulométrie, pente);
- le quai d'agitation (nécessaire pour une structure en sol);
- l'élément de protection du talus vis-à-vis du quai de pompage;
- le système d'évacuation des fumiers incluant la canalisation pour capter le purin à la base de la montée d'écurieur et l'amenée des eaux de laiterie;
- la méthode de reprise des fumiers;
- le système de drainage et le regard;
- la clôture et la barrière.

3.8.3.5 Autres considérations

Pour les exploitations agricoles possédant des structures d'entreposage désuètes, le devis doit décrire les directives de destruction et de nettoyage du site ou la nouvelle utilisation de ces dernières.

Dans le devis, l'ingénieur doit décrire les phases de surveillance lors des travaux et une description de l'entretien préventif de la structure d'entreposage projetée.

Il est conseillé que l'ingénieur concepteur cite toutes les normes et tous les documents utilisés pour l'élaboration de son projet.

Les plans et devis doivent être conçus, signés et scellés par un ingénieur membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ).

3.8.4 Informations complémentaires

L'ingénieur concepteur peut suggérer au producteur agricole :

- d'inviter au moins trois entrepreneurs à soumissionner;
- d'exiger les quittances des sous-traitants et fournisseurs de l'entrepreneur avant le paiement final des travaux.

CHAPITRE 4

RÉALISATION DE LA STRUCTURE : LA CONSTRUCTION

4.1 Surveillance du chantier

4.1.1 Aspects généraux

La surveillance et l'inspection des travaux sont des services qui visent à garantir au client que la qualité réelle des travaux sera conforme aux objectifs du projet et aux règles de l'art (*Guide de pratique professionnelle* de l'OIQ : www.gpp.oiq.qc.ca).

Dans tout ouvrage de génie, la surveillance des travaux est nécessaire pour s'assurer que lesdits travaux sont effectués selon les exigences de l'ingénieur concepteur du projet (plans et devis), les lois et les normes en vigueur.

Elle sert aussi à effectuer les modifications aux plans selon les règles de l'art du génie lorsque des obstacles aux travaux sont rencontrés par l'entrepreneur. L'ingénieur surveillant s'assure que le projet modifié respecte la législation.

C'est par un contrôle adéquat et précis et en recueillant les bordereaux de quantité des différents fournisseurs que l'ingénieur surveillant ou son représentant sera en mesure d'établir les quantités de matériaux utilisées pour le paiement de l'ouvrage et de rédiger l'attestation de conformité.

Dans la plupart des ouvrages, l'ingénieur surveillant doit être assisté par les services d'un laboratoire spécialisé en analyses de sol et de béton. Il doit s'assurer que toutes les étapes de construction sont exécutées comme il avait été prévu aux plans et devis.

La localisation de la structure d'entreposage doit être vérifiée lors d'une visite de l'ingénieur ou de son représentant afin d'être conforme au plan de localisation proposé et/ou modifié en fonction des besoins des équipements d'évacuation des fumiers utilisés ou retenus par le propriétaire.

4.1.2 Structure en béton armé

Tous les travaux doivent être exécutés selon les dispositions prévues dans la norme CSAA23.1. Lors de la construction, le surveillant doit s'assurer que les travaux se déroulent selon les indications des plans et devis. Avant la première coulée, les éléments suivants doivent être vérifiés lors d'une visite spécifique de l'ingénieur :

- la profondeur de l'excavation;
- le type et l'épaisseur du matelas granulaire;
- le compactage uniforme du matelas granulaire;
- le type de granulats;
- le coffrage (matériaux, stabilité);
- le type de treillis métallique, en s'assurant que celui-ci correspond bien aux exigences des plans et devis;
- l'espacement et le chevauchement du treillis métallique;

- le type d'armature;
- la nuance des barres d'armature;
- le chevauchement des barres d'armature;
- la conformité du soulèvement du treillis métallique à la norme CSA A23.1. Le treillis doit être tenu en place avant et pendant le bétonnage, et ce, par des appuis-barres en béton préfabriqué, en plastique ou en acier. Les appuis-barres en béton préfabriqué doivent être constitués d'un béton de qualité au moins égale à celle spécifiée pour l'élément dans lequel ils sont utilisés.

Préalablement au bétonnage de la dalle et des semelles, l'ingénieur doit s'assurer de la conformité des éléments énumérés ci-dessous au regard des exigences stipulées dans les plans et devis :

- la dimension des semelles et de l'ouvrage complet;
- l'épaisseur de la dalle;
- le positionnement de l'armature (ou du treillis) ainsi que la conformité des appuis-barres (article 6.6.7.2 de la norme CSA A23.1, édition 2009) et de l'enrobage minimum requis (voir tableau 17 de la norme CSA A23.1, édition 2009);
- les renseignements apparaissant sur le bordereau de livraison du béton (voir section 3.3.2 *Qualité du béton et de la fondation*).

Le contrôle de la qualité du béton doit être effectué selon les dispositions prévues dans la section 4.2.1 *Béton*.

Pour les joints, il faut notamment vérifier :

- la qualité de la pose;
- l'emplacement;
- les soudures.

Préalablement au bétonnage des murs, l'ingénieur doit s'assurer de la conformité des éléments énumérés ci-dessous au regard des exigences stipulées dans les plans et devis :

- les barres d'armature :
 - choix de la nuance,
 - positionnement ainsi que conformité des cales d'espacement latérales et internes (articles 6.6.7.2 et 6.6.7.4 de la norme CSA A23.1, édition 2009) et de l'enrobage minimal requis (voir tableau 17 de la norme CSA A23.1, édition 2009),
 - chevauchement et espacement de l'acier;
- l'attachement des lames d'étanchéité avec les barres d'armature verticales;
- le coffrage :
 - épaisseur des murs,
 - attachement et stabilité du coffrage.

Le contrôle de la qualité du béton doit être effectué selon les dispositions prévues dans la section 4.2

Contrôle de la qualité. Après le décoffrage, l'ingénieur doit s'assurer que les tirants ont été étanchés adéquatement.

4.1.3 Structure en sol

La surveillance des travaux pour la construction d'une structure en sol demande une surveillance en résidence en raison des variations de la qualité du sol.

Les points suivants, en lien avec les exigences des plans et devis, sont à vérifier :

- l'enlèvement de la terre végétale;
- la profondeur excavée;
- le façonnement de la digue par couche de sol d'au plus 300 mm;
- le taux d'humidité du sol lors du compactage;
- le degré de compactage;
- l'homogénéité du sol.

Les digues doivent être façonnées avec des couches de sol placées parallèlement au profil de la structure. Ces couches ont une épaisseur maximale de 30 cm après compactage. La fréquence minimum des mesures de l'épaisseur de la couche, du taux de compactage et de la teneur en eau est de 10 essais/ha/couche.

4.1.4 Ouvrages connexes

Pour la mise en place des ouvrages connexes spécifiés dans les plans et devis, il faut entre autres vérifier :

- le système de drainage. Pour les structures en béton armé, le drain doit être positionné sous le niveau de la semelle et adjacent au lit granulaire. En aucun cas, le système de drainage n'est positionné au-dessus de la semelle. Dans des cas exceptionnels et pour un motif raisonnable, le drain positionné vis-à-vis de la semelle peut être toléré. Pour les structures en sol, le système de drainage doit drainer les eaux souterraines sous le niveau de la structure;
- le regard;
- les connections du système de drainage au regard;
- les connections du drain d'écoulement au regard;
- le drain d'écoulement;
- la sortie du drain d'écoulement au fossé et enrochement, s'il y a lieu;
- l'installation et l'alimentation électrique permanente de la pompe du regard, s'il y a lieu;
- le remblai (analyse granulométrique, épaisseur);
- la clôture et la barrière;
- le système d'amenée des fumiers;
- la protection du remblai;
- le puits d'observation, s'il y a lieu;
- etc.

4.2 Contrôle de la qualité

4.2.1 Béton

Le béton utilisé dans les structures doit être produit et livré par un producteur détenant un certificat de conformité délivré par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ) en relation avec le fascicule de certification BNQ 2621-905, intitulé *Béton prêt à l'emploi - Programme de certification*.

NOTES —

1. Ce programme de certification a été élaboré à partir des exigences des chapitres 4, 5 et 8 de la norme CSA A23.1-F09/A23.2-F09; certaines adaptations à ces exigences ont été apportées, et ce, telles qu'elles ont été indiquées dans le document *Exigences de certification BNQ 2621-905* qui est fourni avec le fascicule de certification BNQ 2621-905.
2. La liste des usines détenant un certificat de conformité valide est accessible sur le site Web du BNQ à l'adresse suivante : www.bnq.qc.ca.

La mise en place, le finissage et la cure du béton doivent être faits selon les exigences du chapitre 7 de la norme CSA A23.1.

NOTE — On trouve des renseignements complémentaires dans la publication EB101 de l'Association canadienne du ciment (ACC), intitulée *Dosage et contrôle des mélanges de béton*.

Le contrôle qualitatif du béton frais (échantillonnage, confection et cure des éprouvettes, ainsi que la détermination de la teneur en air, de l'affaissement et de la température) et du béton durci (résistance à la compression) doit être effectué selon les méthodes d'essai et les pratiques normalisées décrites dans la norme CSA A23.2. Sauf indication contraire, les cylindres d'essai doivent être éprouvés à 28 jours. La fréquence et le nombre d'essais de résistance à la compression doivent être conformes à l'article 4.4.6.3 de la norme CSA A23.1-09.

NOTE — Lorsque les exigences structurales le permettent, les exigences spécifiées de résistance à la compression pour le béton de masse, le béton à haute résistance, le béton à haute performance, le béton à volume élevé d'ajouts cimentaires et le béton exposé aux attaques des sulfates peuvent être évaluées à un âge plus tardif (56 jours ou 91 jours), selon les spécifications des plans et devis (tiré de la norme CSA A23.1-09, article 4.4.6.4.3.).

Le personnel qui réalise les essais sur le béton frais doit détenir la certification de « *Technicien d'essai du béton au chantier — niveau 1* » de l'*American Concrete Institute (ACI)*, et les essais en laboratoire visant à évaluer la qualité du béton doivent être faits par un laboratoire certifié selon la norme CSA A283 pour la catégorie appropriée ou par un laboratoire accrédité selon la norme ISO 17025 pour les essais visés par le présent document. Par ailleurs, les laboratoires certifiés selon la norme ISO 9001 sont également autorisés à faire les essais visés par le présent document.

4.2.2 Les autres matériaux

4.2.2.1 Conformité des produits et des matériaux normalisés

En plus des exigences spécifiées dans le présent document, l'entrepreneur doit confirmer, avant le début des travaux, que les produits et les matériaux utilisés sont conformes aux exigences des normes

auxquelles on fait référence dans les documents du marché, selon l'une ou l'autre des deux méthodes suivantes.

A) Pour les types de produits et de matériaux pour lesquels un programme de certification d'un organisme de certification (OC) est en vigueur (voir NOTE 3 ci-après), l'entrepreneur doit fournir une copie du certificat de conformité délivré par cet organisme de certification selon la norme à laquelle on fait référence dans le présent document. Dans ce cas, l'organisme de certification doit être accrédité par le Conseil canadien des normes (CCN) dans le domaine du produit ou du matériau concerné. L'organisme de certification doit aussi établir son programme de certification en consultant les parties intéressées de l'industrie (notamment les donneurs d'ouvrage, les fabricants, les autorités de réglementation). Les règles de procédure du programme de certification doivent être connues et accessibles au public, incluant le plan de contrôle interne demandé par l'organisme de certification (OC) et fait par le fabricant et le plan de contrôle externe fait par l'organisme de certification (OC).

NOTES —

1. Les programmes de certification du Bureau de normalisation du Québec (BNQ) sont élaborés en respectant des règles reconnues au niveau international (guide ISO/CEI 65) et répondent à tous les critères susmentionnés. Le BNQ publie, à la suite de consultations des parties intéressées, les règles de procédure de certification. Pour le BNQ, la norme de base, les règles de base en certification (BNQ 9902-001) et le protocole de certification correspondant forment un programme de certification.
2. La liste des programmes de certification du BNQ et la liste des produits, des processus et des services certifiés du BNQ sont accessibles sur le site Web du BNQ (www.bnq.qc.ca).
3. Tous les organismes de certification (OC) accrédités par le Conseil canadien des normes (CCN) fournissent sur demande la liste des entreprises et des produits certifiés dans le cadre de leurs activités de certification (la liste des organismes de certification [OC] et leurs portées d'accréditation sont accessibles sur le site Web du CCN [www.ccn.ca]).

B) Pour les types de produits et de matériaux pour lesquels il n'existe pas de programme de certification, mais pour lesquels il existe une norme à laquelle on fait référence dans le présent document, l'entrepreneur doit fournir une copie d'un document délivré par un des organismes identifiés ci-après, étant entendu que, s'il lui est impossible d'obtenir le document auprès du premier organisme, il s'adressera à l'organisme qui suit immédiatement, et ainsi de suite :

1. soit un organisme de certification (OC) accrédité par le Conseil canadien des normes (CCN) dans le domaine du produit ou du matériau concerné;
2. soit un laboratoire ayant dans sa portée d'accréditation reconnue par le Conseil canadien des normes (CCN) les essais exigés dans la norme concernée;

NOTE — La liste des laboratoires accrédités par le CCN et audités par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ) est accessible sur le site Web du BNQ (www.bnq.qc.ca), en cliquant successivement sur *Évaluation de laboratoires*, sur *Laboratoires accrédités*, puis sur le nom du laboratoire concerné, ce qui permet de connaître sa portée d'accréditation;

3. soit un organisme ou un laboratoire accepté par écrit par le maître d'œuvre.

Ce document doit attester que l'échantillon du produit ou du matériau proposé et examiné est conforme aux exigences de la norme concernée.

En ce qui concerne la fourniture de tout produit ou matériau pour lequel le point B) s'applique :

1. le fournisseur de ce produit ou matériau doit être accepté par écrit par le maître d'œuvre;
2. l'entrepreneur doit soumettre pour visa du maître d'œuvre une liste précisant, pour tout produit ou matériau, le nom du fabricant, le type de produit ou de matériau, ainsi que son numéro de série ou sa provenance, selon le cas;
3. tout produit ou matériau doit provenir d'un lot particulier du fournisseur de l'entrepreneur; pour chaque lot, l'entrepreneur doit fournir le document exigé au point B).

4.2.2.2 Conformité des produits et des matériaux faisant l'objet d'un avis technique

Pour les types de produits ou de matériaux faisant l'objet d'un avis technique, l'entrepreneur doit fournir une copie d'un certificat de conformité délivré par un des organismes identifiés ci-après, étant entendu que, s'il lui est impossible d'obtenir le document auprès du premier organisme, il s'adressera à l'organisme qui suit immédiatement, et ainsi de suite :

1. soit un organisme de certification (OC) accrédité par le Conseil canadien des normes (CCN) dans le domaine du produit ou du matériau concerné;
2. soit un laboratoire ayant dans sa portée d'accréditation reconnue par le Conseil canadien des normes (CCN) les essais exigés dans la norme concernée;
3. soit un organisme ou un laboratoire accepté par écrit par le maître d'œuvre.

4.2.2.3 Conformité des produits et des matériaux non normalisés

Quant aux types de produits et matériaux pour lesquels il n'existe pas de norme, tels le bois d'œuvre et le sable, l'entrepreneur doit fournir un rapport qui provient d'un des organismes identifiés ci-après, étant entendu que, s'il lui est impossible d'obtenir le document auprès du premier organisme, il s'adressera à l'organisme qui suit immédiatement, et ainsi de suite :

1. soit un organisme de certification (OC) accrédité par le Conseil canadien des normes (CCN) dans le domaine du produit ou du matériau concerné;
2. soit un laboratoire ayant dans sa portée d'accréditation reconnue par le Conseil canadien des normes (CCN) les essais dans la norme concernée;
3. soit un organisme ou un laboratoire accepté par écrit par le maître d'œuvre.

Ce rapport doit attester que les produits et les matériaux respectent les exigences techniques stipulées dans le cahier des charges du projet.

4.2.2.4 Exigences supplémentaires concernant les produits non normalisés

En ce qui a trait à toute exigence du présent document qui n'est pas déjà couverte par une norme de produit, le fabricant doit fournir une preuve écrite attestant la conformité de son produit à toute exigence supplémentaire. Au besoin, la Direction de l'agroenvironnement et du développement durable du MAPAQ peut être contactée.

À la demande de l'ingénieur concepteur ou de l'ingénieur du maître d'œuvre, l'entrepreneur doit fournir les caractéristiques dimensionnelles des conduites et les rapports de conception.

4.2.3 Compactage des sols

Les méthodes pour vérifier la conformité du compactage sont les suivantes :

- la méthode du cône de sable (ASTM D-1556);
- la méthode du ballon de caoutchouc Washington (ASTM D-2167);
- le nucléodensimètre;
- toute autre méthode utilisée doit être validée sur le terrain par un ingénieur ou son représentant.

CHAPITRE 5

ATTESTATIONS ET SUIVI APRÈS LA CONSTRUCTION

5.1 Attestation de conformité – fin des travaux

Dans le cadre de la surveillance des travaux, l'attestation de conformité est un document qui confirme généralement que des travaux respectent les documents contractuels. Afin d'émettre une telle attestation, l'ingénieur surveillant doit s'assurer qu'il a inspecté les travaux au cours de sa surveillance au chantier (*Guide de pratique professionnelle* de l'OIQ : www.gpp.oiq.qc.ca). L'attestation de conformité doit inclure les renseignements suivants :

- le nom du producteur agricole;
- le type de structure d'entreposage;
- les dimensions de la structure d'entreposage et sa capacité utile;
- le nom de l'ingénieur concepteur des plans et devis;
- les modifications apportées aux plans et leur justification, s'il y a lieu;
- le nom de l'entrepreneur;
- le nom de l'ingénieur surveillant;
- la signature et le sceau de l'ingénieur surveillant;
- le nom de l'excavateur;
- les détails du remblai :
 - type,
 - provenance,
 - analyse granulométrique;
- les détails du matelas granulaire :
 - type,
 - provenance,
 - épaisseur,
 - méthode de compaction,
 - analyse granulométrique (pour structure en sol seulement),
 - résultat de compaction.

Pour les structures en béton armé, les renseignements et documents additionnels énumérés ci-après doivent être inclus dans l'attestation de conformité :

- le nom de l'usine de béton et le numéro du certificat de conformité délivré par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ);
- les résultats du contrôle qualitatif dont il est question dans la section 4.2.1 *Béton*.

Pour les structures en sol, les renseignements additionnels énumérés ci-dessous doivent être inclus dans l'attestation de conformité :

- les résultats du contrôle qualitatif présenté dans la section 4.2.3 *Compactage des sols*.

5.2 Attestation d'étanchéité suivant la mise en service

Afin de s'assurer de l'étanchéité de la structure d'entreposage, dans les mois qui suivent la mise en service, l'ingénieur doit s'engager à vérifier l'étanchéité de la structure lorsque cette dernière est soumise à une pression hydrostatique équivalente à au moins 600 mm de hauteur de liquide (Ruel et Lelièvre, 1993). Le liquide entreposé (ex. : lisier, eau de lavage, etc.) peut être utilisé à cette fin.

À la suite de cette vérification, l'ingénieur responsable doit rédiger une attestation d'étanchéité. Cette attestation doit inclure :

- le nom du producteur agricole;
- le type de structure d'entreposage;
- les dimensions de la structure d'entreposage et sa capacité utile;
- le nom de l'ingénieur concepteur des plans et devis;
- le nom de l'entrepreneur;
- la date et l'heure de la vérification;
- la hauteur de liquide dans la structure lors de la vérification;
- le résultat de l'analyse de l'échantillon d'eau puisé à même le regard démontrant qu'il n'y a pas d'écoulement;
- le nom de l'ingénieur, le sceau et la signature de l'ingénieur responsable de la vérification de l'étanchéité.

5.3 Suivi de l'étanchéité et vie utile

Selon plusieurs auteurs, la durée de vie utile des structures d'entreposage de fumier est de 25 à 30 ans. Par conséquent, l'ingénieur doit s'assurer que la structure répondra à cette durée de vie acceptée par le milieu. Toutefois, il doit tenir compte de la variabilité des conditions d'utilisation et d'entretien. À cet effet, il devra faire les recommandations d'inspection au propriétaire. Par la suite, l'ingénieur doit proposer au propriétaire un programme de suivi.

Dans le cadre de ce programme de suivi et à la demande du propriétaire, lors de l'inspection de la structure d'entreposage, l'ingénieur mandaté à cette fin doit s'assurer du bon état des éléments suivants (à titre indicatif et non limitatif) :

- les murs;
- le système d'amenée des fumiers;
- le regard et son contenu;
- la sortie du drain d'écoulement ou la pompe;

- la clôture et la barrière;
- le remblai;
- les autres composantes nécessaires à l'utilisation adéquate de la structure d'entreposage (quai de pompage, mesure de protection des talus, etc.).

5.4 Mesures préventives et entretien de la structure d'entreposage

Le producteur agricole doit nettoyer le pourtour de sa structure d'entreposage, c'est-à-dire maintenir un couvert végétal exempt d'arbres et d'arbustes pour assurer la stabilité des talus. Il doit faire un suivi du remblai lors des premières années de vie de la structure pour s'assurer qu'il n'y ait pas d'affaissement. Le producteur doit vérifier visuellement les eaux contenues dans le regard, surtout lorsque la structure est remplie, et observer le comportement du système d'amenée des fumiers. De plus, il doit vérifier le fonctionnement du drain exutoire du regard.

Après chaque vidange de la structure, le producteur inspecte l'état des murs, de la dalle et du joint mur-dalle dans le cas du béton et l'état des talus internes pour les structures en sol. Toute anomalie (fissures, érosion, etc.) doit être corrigée immédiatement.

Pour les correctifs, le producteur devrait communiquer avec un entrepreneur ou un ingénieur qui pourra le conseiller sur les méthodes de réparation appropriées. Si cette réparation a un impact sur la qualité structurale, les travaux doivent être surveillés par un ingénieur.

CHAPITRE 6

ÉVALUATION D'UNE STRUCTURE D'ENTREPOSAGE DES FUMIERS EXISTANTE

6.1 Démarches générales

Lorsque les services d'un ingénieur sont requis pour l'évaluation d'une structure d'entreposage existante, il effectue dans un premier temps une évaluation qualitative de l'eau du regard qui consiste en une inspection visuelle et olfactive. La présence de fissures, l'âge avancé (de 15 à 20 ans d'utilisation) d'une structure ou une eau brunâtre et nauséabonde au regard indiquent un potentiel de fuites. Dans ces cas, une inspection plus complète doit être réalisée et, s'il y a lieu, des correctifs doivent être proposés. Ces correctifs doivent être consignés aux plans et devis.

Lorsque, sur un site d'implantation d'une nouvelle structure, il y a une structure d'entreposage existante, l'inspection de celle-ci est obligatoire si elle est âgée de plus de 5 ans. Les plans et devis de cette structure existante ainsi que l'attestation de conformité devraient être étudiés puisqu'ils contiennent des éléments importants. L'évaluation de la structure existante sera remis au MDDEP pour étude afin d'obtenir un certificat d'autorisation permettant la construction de la nouvelle structure. En plus des critères d'étanchéité, l'évaluation de la structure existante doit comprendre une évaluation :

- de sa capacité d'entreposage;
- du bon fonctionnement de la pompe du regard;
- de l'état de la sortie du drain au fossé;
- de la clôture;
- de l'étanchéité des conduites d'amenée des déjections.

En complément des plans et devis de la structure existante, le producteur agricole est généralement en mesure de fournir les informations suivantes :

- l'année de construction : le jour et le mois, ou à défaut, la saison;
- les difficultés particulières rencontrées lors de la construction (roc, eau, sol à faible capacité portante, gel, retards d'exécution des travaux, etc.);
- le nom de l'entrepreneur;
- l'utilisation d'emprunts de sol pour l'assise et/ou le remblai;
- la présence d'un drain de contour avec regard;
- l'infiltration d'eau;
- la formation de glace;
- l'accumulation excessive de neige;
- les fuites constatées et à quels moments;
- la date de l'apparition des premiers problèmes (fuites, fissurations, érosion des talus, etc.).

Lorsque la structure existante est désuète, l'ingénieur consultant décrit les travaux requis pour la détruire ou la réaffecter à un autre usage.

6.2 Évaluation spécifique des structures en béton armé ou matériaux équivalents

6.2.1 Collecte d'informations et inspection

Lorsque l'ingénieur constate un potentiel de non-étanchéité, il doit poursuivre son investigation. Tel qu'il a été mentionné précédemment, le producteur agricole, les plans, le devis et/ou l'attestation de conformité de la structure existante sont des sources d'informations importantes, notamment en ce qui concerne les points suivants :

- la qualité et l'épaisseur du béton utilisé;
- la dimension et la disposition de l'acier d'armature;
- l'utilisation d'une bande d'étanchéité au joint mur-dalle;
- l'uniformité et l'épaisseur du remblai et sa gélivité potentielle.

Dans un premier temps, des excavations doivent être effectuées en périphérie de la structure lorsque le niveau des fumiers est suffisant (au moins de 600 mm) pour solliciter les joints d'étanchéité, plus particulièrement celui au pied du mur. La visualisation de l'état de l'empattement (semelle de fondation) et du joint mur-dalle nécessite au moins deux excavations au pourtour de la structure.

Dans un second temps, il faut évaluer la structure une fois vidangée. Plusieurs points sont à vérifier :

- l'éclatement du béton à la surface;
- les fissures verticales, horizontales et inclinées;
- les nids d'abeilles et les trous;
- l'étanchéité des joints tel le joint entre le mur et la dalle;
- le suintement des parois;
- la dégradation des surfaces;
- les tassements différentiels.

De plus, l'inspection visuelle plus détaillée des murs intérieurs et extérieurs devrait permettre de :

- déceler la présence, le nombre et le type de fissures (de surface, microfissures, etc.);
- noter s'il s'agit de fissures horizontales, verticales ou inclinées;
- noter si les fissures sont disposées de façon régulière ou non, ainsi que :
 - où elles sont positionnées,
 - l'espacement entre les fissures,
 - la largeur et la longueur moyennes des fissures;
- noter la présence de fuites visibles.

Lorsque c'est possible, l'inspection de la dalle et du joint mur-dalle devrait être faite. Cela permettra de :

- noter la présence de fissures, leur disposition et leur distance à partir du mur;

- noter la largeur des fissures;
- vérifier la présence de fissures dans le joint mur-dalle;
- vérifier la présence de fissures sur les semelles.

Des fissures de plus de 0,30 mm sont considérées comme critiques en ce qui a trait aux fuites (*Canadian Standard Association Concrete Structure*).

6.2.2 Possibilités de réparation des structures présentant des fuites visibles

Après l'inspection de la structure, si des fuites sont visibles, une réparation peut être faite. La présente section fournit des jalons pour évaluer la pertinence de réparer une structure endommagée. Différents scénarios sont envisageables à la suite de l'inspection. Les causes possibles de chaque problème décrit ci-après ainsi que les possibilités de réparation sont données à titre indicatif.

- **Murs intacts et fissures importantes au niveau de la dalle**
 - Vérifier le niveau de la nappe d'eau.
 - Vérifier la granulométrie du sol sous la dalle :
 - la réparation est possible lorsque le problème est relié à la granulométrie du sol.
- **Murs intacts et fissure périphérique sur la dalle, située à environ 1 m du mur**
 - L'armature périphérique de la dalle est insuffisante :
 - la réparation est possible, mais difficile; les réparations devront modifier le comportement structural de la base.
- **Fissures dans les semelles et fissures verticales dans les murs**
 - Indication du mouvement du sol :
 - la réparation est difficile à réaliser.
- **Dalle et murs intacts, présence d'une membrane d'étanchéité et fissures dans le joint entre la dalle et le mur**
 - La rotation à la base du mur est importante :
 - la réparation est possible.
- **Fissures verticales importantes dans le mur, dalle intacte, aucune fissure horizontale, présence d'une bande d'étanchéité et aucune fissure dans le joint entre la dalle et le mur**
 - Indication d'un manque d'armature horizontale :
 - la réparation est possible, besoin d'armature externe.
- **Présence de fissures horizontales sur les murs tout le tour de la structure**
 - Indication d'un manque d'armature verticale :
 - la réparation est possible, mais difficile.

- **Dalle, fondations et joint intacts, présences de fissures verticales irrégulières sur les murs**
 - Indication de contraintes thermiques importantes ou autres contraintes (par exemple la circulation de machinerie) :
 - la réparation est une option possible, mais la cause du problème doit être préalablement connue.

6.3 Évaluation spécifique des structures en sol, partiellement en sol et/ou avec membrane d'étanchéité

L'inspection d'une structure en sol ou avec une membrane d'étanchéité nécessite que la structure soit vide. L'aspect des murs extérieurs et intérieurs est à observer. Le talus extérieur doit être régulier, non abîmé, engazonné et exempt de plantes ligneuses (arbustes). Une zone où se produit un suintement est, de façon générale, souvent caractérisée par une végétation luxuriante.

Le talus intérieur doit être régulier et non abîmé. Les zones les plus fragiles sont à la sortie du système d'amenée des fumiers et aux quais de pompage.

Pour les structures avec membrane d'étanchéité, cette dernière ne doit pas présenter de déchirures. S'il y a des signes de non-étanchéité, les joints de la membrane doivent être vérifiés sur toute leur longueur. Les trappes de ventilation doivent être opérationnelles. Il est nécessaire de vérifier les points d'ancrage de la membrane.

6.4 Plans et devis de réfection

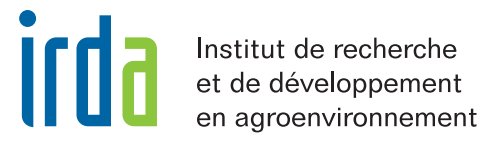
Le devis de réfection décrit les défauts, les causes de leur apparition, les travaux nécessaires et la qualité des matériaux utilisés pour la réparation. Le plan localise toutes les anomalies décrites dans le devis. De plus, l'ingénieur devra indiquer la durée de vie utile de la structure réparée. Ce devis est accompagné d'un plan de localisation qui identifie la structure d'entreposage à réparer.

Il est conseillé de confier les réparations à un entrepreneur spécialisé. Les travaux qui ont un impact sur la qualité structurale de la structure d'entreposage nécessitent une surveillance des travaux par un ingénieur. L'ingénieur surveillant rédige une attestation de conformité qui sera remise au producteur et à la direction régionale du MDDEP. Dans certains cas, une attestation d'étanchéité pourrait être également nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

- AIAQ-IRDA-MAPAQ. 2012. *Déjections animales-Production* (en ligne). <http://www.irda.qc.ca/fr/publications/dejections-animales-production-2012/>.
- Bouchard, R., S. Leroueil et G. Marchand. 1995. *Aspects géotechniques des étangs pour l'épuration des eaux usées municipales*. Rapport de recherche pour le ministère de l'Environnement et de la Faune et la Société québécoise d'assainissement des eaux. 150 p.
- Carrier, D., S. Godbout, S. Lemay, A. Marquis et R. Joncas. 1995. *Modélisation de l'épaisseur de glace dans les fosses à lisier*. Journal de la Société canadienne de génie rural 37(4): 327-333.
- Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1989. *Notre avenir à tous : synthèse du rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (Rapport Brundtland)*. Centrale de l'enseignement du Québec. 21 p.
- CRAAQ. 2005. *Guide de référence technique en drainage souterrain et travaux accessoires*. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 68 p.
- Gangbazo, G. et F. Babin. 2000. *Pollution de l'eau des rivières dans les bassins versants agricoles*. Vecteur Environnement. 18 p.
- Godbout, S., A. Marquis et D. Massé. 1992. *Formation de glace dans les réservoirs à lisier*. The Journal of the Canadian Society of Agricultural Engineering 34(3): 246-251.
- Johnson, H.P. et J.L. Baker. 1982. *Field-to-stream Transport of Agricultural Chemicals and Sediment in an Iowa Watershed, Part II, Data Base for Model Testing (1979-1980)*. US Environmental Protection Agency. Athens, Georgie. 462 p.
- Joncas, R. et N. Lehoux. 1995. *Définition des problèmes causés par le captage et l'accumulation de neige dans les structures d'entreposage pour fumier solide*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Service de zootechnie. Publication 94-0245. 42 p.
- Joncas, R., J. Champagne et G. Jacques. 1993. *Accumulation d'eau dans les installations d'entreposage des fumiers à ciel ouvert*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Direction de la recherche et du développement. Publication 93-0068. 35 p.
- MDDEP. 2011. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : cahier 3 – Échantillonnage des eaux souterraines*. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. 62 p.
- MEF. 1998. *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. Direction des écosystèmes aquatiques, Québec. 387 p.
- MENVIQ-MAPAQ. 1989. *Guide de bonnes pratiques pour l'aménagement des structures d'entreposage des fumiers*. Envirodoq 890460. 163 p.
- Ruel, P. et C. Lelièvre. 1993. *Méthodologie standardisée d'analyse de l'état de structures d'entreposage des fumiers en béton armé et de sélection des modes de réfection. Rapport final soumis dans le cadre du programme d'aide à la recherche et au développement en environnement, volet amélioration de la gestion des fumiers*. Rapport #1571, ministère de l'Environnement du Québec, Québec. 144 p.

MERCI À



ANNEXE 1. Étapes d'un projet de construction d'une structure d'entreposage

