

3^e Colloque sur les
bâtiments porcins

Le bâtiment porcine en **évolution !**



Le mercredi
20 mars 2002

Hôtel Universel
Drummondville



Une initiative du Comité
production porcine et
de la Commission de
génie agroalimentaire
et de l'environnement

Avertissement

Toute reproduction, édition, impression, traduction ou adaptation de ce document, par quelque procédé que ce soit, tant électronique que mécanique, en particulier par photocopie ou par microfilm, est interdite sans l'autorisation écrite du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Pour information et commentaires :

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire
du Québec

2875, boulevard Laurier, 9^e étage
Sainte-Foy (Québec) G1V 2M2

Téléphone : (418) 523-5411 ou 1 888 535-2537

Télécopieur : (418) 644-5944 ou (418) 646-1830

Courriel : client@craaq.qc.ca

© Tous droits réservés, 2002

Publication CW 026

ISBN 2-7649-0064-3

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec, 2002

Bibliothèque nationale du Canada, 2002

Mot du président

Madame, Monsieur,

Le 20 mars 2002, le 3^e Colloque sur les bâtiments porcins se tiendra sous le thème «Le bâtiment porcin en évolution! ». En effet, le secteur porcin doit constamment s'adapter à la constante évolution de l'agriculture, de plus en plus compétitive. Ces changements incitent les divers intervenants du milieu, et tout particulièrement les producteurs, à se tenir au fait des nouveautés afin de demeurer concurrentiels. Les sujets traités lors de ce colloque toucheront un ensemble de préoccupations fort actuelles reliées aux bâtiments telles que l'environnement, le bien-être animal, la biosécurité et les techniques d'élevage.

Nous avons concocté pour vous un programme de qualité et n'avons ménagé aucun effort pour réunir des conférenciers reconnus qui ont fait leur marque au Québec et ailleurs dans le monde. Ce colloque s'adresse aux divers intervenants du milieu ainsi qu'aux producteurs de porcs. Comme par le passé, nous attendons plus de 350 participants. Cet événement d'envergure est donc un lieu privilégié pour discuter et échanger sur des sujets d'actualité tout en favorisant les contacts.

Nous espérons que ce colloque saura répondre à vos attentes.

Au plaisir de vous y rencontrer!

A handwritten signature in cursive script that reads "Francis Pouliot ing." followed by a vertical line.

Francis Pouliot
Président du colloque

Comité organisateur

Chistian Blais, agronome, directeur-général
Genex Québec inc., Yamachiche

Stéphane Godbout, ingénieur, agronome, Ph.D., chercheur
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA),
Deschambault

Roch Joncas, ingénieur, agronome, M.Sc., chercheur
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA),
Deschambault

Alfred Marquis, ingénieur, agronome, Ph.D., professeur
Département des sols et de génie agroalimentaire
Université Laval, Québec

Éric Nadeau, agronome
Coopérative fédérée de Québec, Saint-Romuald

Francis Pouliot, ingénieur, responsable du secteur bâtiment
Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ), Sainte-Foy

Coordination de l'événement au CRAAQ

Caroline Lacroix, agronome, chargée de projets

Gisèle Bertrand, responsable des communications

Marie Caron, conceptrice-graphiste et coordonnatrice à la production (page couverture)

Michelle Demers, agente de secrétariat à l'édition

Dany Dion, agente d'administration

Jocelyne Drolet, agente de secrétariat à l'édition

Danielle Jacques, chargée de projets à l'édition

Jocelyne Langlois, agente de secrétariat (coordination du visuel)

Louiselle Lavois, agente de secrétariat

France Locas, chargée de projets en promotion et ventes

Chantal Nadeau, préposée - Service à la clientèle

Diane Nadeau, agente de secrétariat (coordination)

Micheline Samson, responsable logistique des événements

Hélène Talbot, préposée - Service à la clientèle

Marc Tremblay, technicien en informatique

Agathe Turgeon, agente d'administration

Ingénierie pour l'élevage porcin sur litière

Sylvain PIGEON, ingénieur, M.Sc.
Chargé de projet

BPR Groupe-conseil
Québec

Conférence préparée avec la collaboration de :

Gaétan GINGRAS, ingénieur, agronome
Direction de l'environnement et du développement durable (DEDD)
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

et

Jacques LAVOIE, hygiéniste industriel
Institut de recherche en santé et en sécurité du travail (IRSST)

CONFÉRENCIER :

Sylvain Pigeon

DATE :

20 mars 2002

TITRE :

Ingénierie pour l'élevage porcin sur litière

DESCRIPTION DES TECHNIQUES DE PRODUCTION SUR LITIÈRE

La production porcine sur litière s'est développée au Québec depuis le début des années 1990. Des préoccupations d'ordre environnemental et social sont principalement à l'origine de ce développement. En raison de son potentiel de réduction des odeurs, des volumes de fumier à gérer et des risques de contamination des eaux suite à l'épandage du fumier, l'élevage porcin sur litière fait souvent l'objet d'attention particulière auprès de la population, des intervenants municipaux et des médias. Actuellement, environ 1% de la production porcine serait réalisée avec une gestion sur litière (BPR-GREPA, 2000).

L'*élevage sur litière* regroupe en fait trois gestions distinctes : litière profonde, litière mince et litière accumulée. Ces trois techniques présentent les caractéristiques d'un élevage sur litière, à savoir l'utilisation d'une quantité suffisante de litière pour retenir les liquides, l'accumulation de cette litière sur le plancher du bâtiment et l'évacuation de la litière à la fin d'un (ou plusieurs) élevage(s). Il est entendu que la description présentée de ces techniques ne rend pas compte de la diversité retrouvée dans l'application de celles-ci par les producteurs. En pratique, de multiples variantes et souvent des combinaisons de plus d'une techniques sont rencontrées.

Litière profonde

L'élevage du porc sur litière profonde a été développé initialement au Japon. Cette technique s'est graduellement implantée dans d'autres pays d'Asie et d'Europe. Son introduction au Québec s'est faite par le biais de quelques producteurs dans le cadre de projets de recherche et développement au début des années 1990. Cette technique consiste à élever les porcs sur une litière, préférablement de sciure, d'une épaisseur de 70 à 90 cm et à y maintenir des conditions propices au compostage *in situ* de cette litière. Telle que popularisée en Asie et en Europe, cette technique nécessite l'incorporation à la litière d'un produit biologique visant à intensifier l'activité des bactéries naturellement présentes dans les déjections de porcs et à dégrader plus rapidement la matière organique des déjections et de la litière. La production de chaleur qui en résulte maintient alors des températures de plus de 50 à 60 °C à une profondeur de 30 cm de la litière et de 30 °C en surface. L'activité microbienne en conditions majoritairement aérobies, en plus de fixer une partie de l'azote du lisier avant sa volatilisation, permet de réduire l'émission des odeurs, de modifier leurs caractères, d'évaporer les liquides des déjections et de détruire une partie des pathogènes contenus dans la litière. Des conditions optimales pour le compostage doivent être maintenues dans la litière par son aération et son homogénéisation et par l'évacuation hors du bâtiment de l'humidité contenue dans cette litière. Il est alors possible de conserver la litière, en la complétant suite à sa dégradation, pour plusieurs bandes consécutives d'élevage.

Litière mince

L'élevage sur litière mince s'est développé également au Japon sous le nom de *Système Ishigami*. Le principe qui sous-tend cette technique à l'origine est le même que celui de la litière profonde, soit le compostage de la litière activé par l'apport de produits enzymatiques. L'épaisseur de la litière est cependant réduite, soit de 25 à 30 cm, et le complexe enzymatique est fourni directement dans l'alimentation du porc plutôt qu'incorporé à la litière. À la fin de chaque bande, la litière est évacuée tout en laissant une épaisseur de 5 cm au fond du parc afin d'inoculer la litière fraîche de la bande subséquente. La litière évacuée est compostée et partiellement réutilisée en mélange avec la litière fraîche.

Au Québec, l'adaptation de la technique d'élevage sur litière mince est très différente de la technique originale. Bien que l'épaisseur de litière soit semblable, aucun enzyme n'est ajouté à l'alimentation et l'évacuation de la litière est complète entre chaque bande. Cette litière n'est pas compostée pour sa réutilisation au bâtiment. L'évacuation complète permet de désinfecter les parcs avant l'arrivée des nouveaux porcelets. Cette pratique vise à ce qu'aucun ajout de litière fraîche ne soit effectué en cours d'élevage.

Litière accumulée

L'élevage du porc sur litière accumulée est une technique dérivée de la technique de litière profonde. Elle a été développée afin de pallier le besoin de main-d'œuvre de la technique de litière profonde. L'entrée des porcelets se fait sur une litière plus mince et des ajouts réguliers de litière fraîche sont effectués en cours d'élevage en même temps que le produit enzymatique est ajouté sur les zones souillées seulement. L'ajout de litière évite d'enfouir les déjections et de travailler la litière dans les parcs. Le compostage obtenu est moins intense que pour la litière profonde, d'où une plus faible évaporation des liquides.

L'application de cette technique au Québec se rapproche plus de celle décrite par l'Association des Ingénieurs Allemands. Elle consiste à démarrer l'élevage sur une litière d'un épaisseur de 15 à 20 cm et d'en ajouter régulièrement en quantité suffisante pour maintenir la surface de la litière peu souillée et éviter tout écoulement de purin. Aucun produit enzymatique n'est utilisé. Comme pour l'élevage sur litière mince, l'activité de compostage est peu intense et la température de la litière se maintient environ à 10°C ou 15°C au-dessus de la température ambiante du bâtiment. Dans ce cas, l'évaporation des liquides est relativement faible et la litière doit en absorber une fraction plus importante. L'utilisation d'une litière sèche est donc préférable pour cette technique, particulièrement pour les ajouts en cours d'élevage.

AMÉNAGEMENT DES BÂTIMENTS

L'aménagement des bâtiments est relativement semblable pour les trois techniques d'élevage sur litière. Il comprend généralement les éléments suivants (figures 1 et 2) :

- Plancher plein en béton, surbaissé par rapport à l'allée de service (de 30 à 70 cm selon la technique d'élevage);
- Margelle de béton où sont installées les trémies humides (ou sèches);
- Barrières amovibles entre les parcs;
- Porte extérieure, avec rampe d'accès intérieure, permettant l'entrée d'un chargeur frontal;
- Marche ou pente d'accès à la margelle (pour les porcelets).

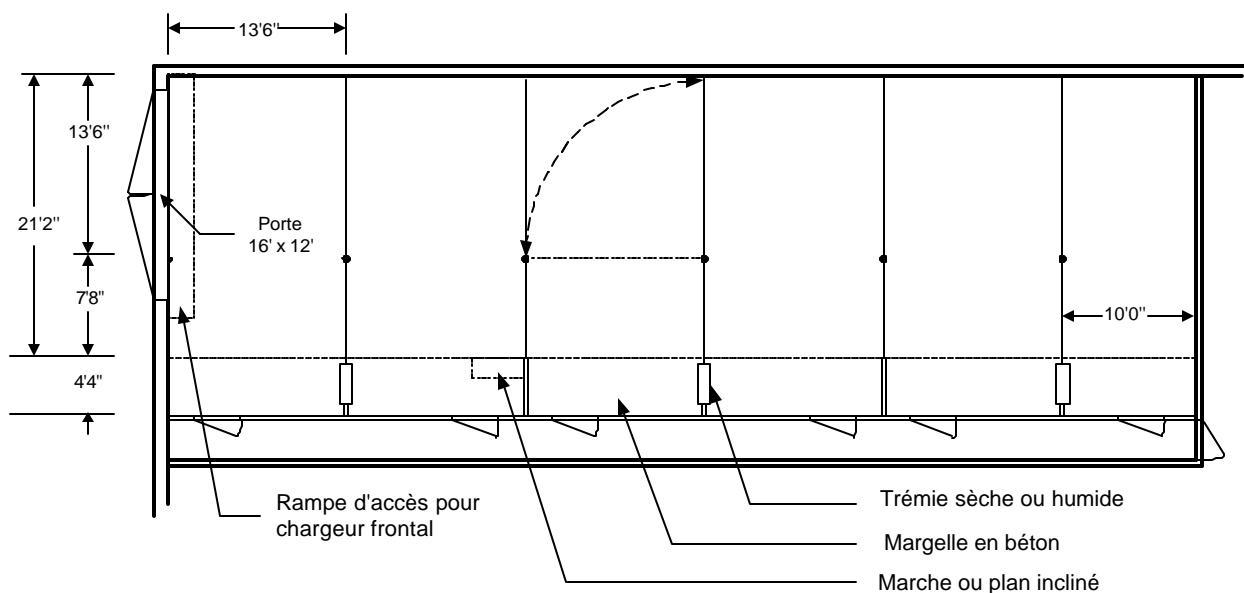


Figure 1. Vue en plan d'une section d'élevage porcin sur litière

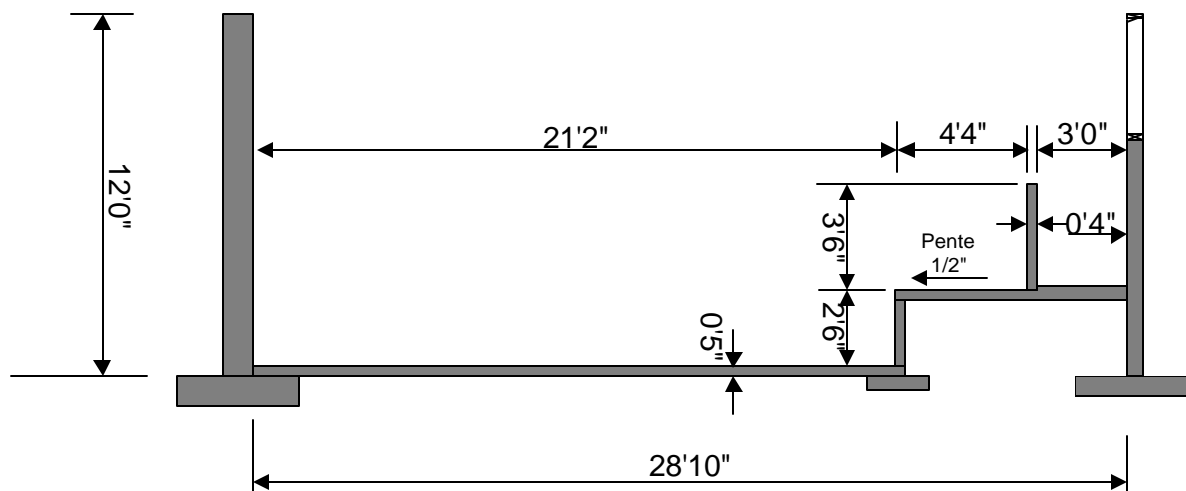


Figure 2. Coupe longitudinale d'un parc d'élevage porcin sur litière

Dans le cas de l'élevage sur litière profonde, le travail de la litière implique la contrainte supplémentaire d'accéder aux parcs, en cours d'élevage, avec de la machinerie. Un aménagement spécial des barrières permet de confiner les porcs dans une moitié du parc pendant que la litière de l'autre moitié est travaillée. La partie du parc qui est au bout opposé de la trémie est celle qui reçoit généralement le plus de déjections et donc, celle qui doit être travaillée en priorité.

La superficie accordée par animal est beaucoup plus élevée qu'en gestion sur lisier. Les valeurs actuellement rencontrées pour l'engraissement sont de l'ordre de 1,1 à 1,2 m² pour l'élevage sur litière profonde, et de 1,0 à 1,1 m² pour l'élevage sur litière mince et sur litière accumulée. Une superficie plus petite réduit le potentiel d'évaporation de l'eau et nécessite généralement une plus grande quantité de litière afin de compenser cette réduction d'évaporation. En effet, la présence même des animaux réduit la superficie effective d'évaporation, notamment lorsque les porcs approchent leur poids d'abattage. Dans le cas de la litière profonde, où plusieurs bandes sont produites sur la même litière, le surplus d'humidité accumulée en fin de bande doit pouvoir être évaporé durant le vide sanitaire et au début de la bande subséquente lorsque les animaux sont petits et la température de consigne plus élevée. En conséquence, la superficie de 1,2 m² serait souhaitable, alors que 1,1 m² serait la limite inférieure.

Du point de vue de la gestion de la litière, il est préférable d'avoir de grands parcs, car ils facilitent le déplacement de la machinerie nécessaire à la mise en place et à l'enlèvement de la litière. Ainsi, il est possible de trouver des parcs pouvant loger jusqu'à 60 porcs en engraissement. Il devient toutefois plus difficile de manipuler le troupeau lors de la pesée pour l'expédition ou pour isoler certains animaux.

GESTION DE LA LITIÈRE

Ces différentes techniques d'élevage sur litière entraînent une gestion différente de la litière particulièrement dans le cas de la litière profonde.

Litière profonde

Le concept initial prévoit le démarrage par la mise en place d'un fond de 20 cm d'un mélange litière, lisier et enzymes de fermentation. La litière est ensuite amenée à une épaisseur de 70 cm à 90 cm. Un délai de quelques jours (10 à 12) avant l'arrivée des porcs est recommandé pour que l'activité microbienne puisse bien démarrer. Par la suite, les déjections restées en surface sont réparties et enfouies régulièrement (1 à 2 fois par semaine) dans la litière avec l'ajout d'un produit enzymatique. À tous les 12 à 18 mois, la couche superficielle de 20 cm est renouvelée par de la litière fraîche. Un *vide sanitaire* de 2 semaines est recommandé entre deux bandes. La totalité de la litière est renouvelée à tous les 3 ou 4 ans.

En pratique, au Québec, la totalité de la litière est apportée dans les parcs sur une épaisseur de 90 cm (70 cm après compaction par les porcs). Les porcelets sont amenés sur cette litière, soit immédiatement soit après quelques jours, afin qu'elle puisse être réchauffée (en hiver). Comme l'ont démontré plusieurs études indépendantes, les produits enzymatiques ne sont pas requis au bon fonctionnement de cette technique. Toutefois, le brassage et l'ajout réguliers de litière en cours d'élevage sont absolument essentiels, particulièrement en fin d'engraissement lorsque les porcs deviennent plus lourds et que les quantités quotidiennes de déjections augmentent. La litière doit alors être aérée en profondeur au minimum à toutes les deux semaines. Dans ces conditions, la température de la litière peut se maintenir entre 30 °C et 55 °C sur toute son épaisseur, la température la plus basse étant obtenue en fin de bande lorsque la quantité de liquide à évaporer est plus importante. Un vide de quelques jours entre 2 bandes est recommandé afin, d'une part, de réduire la concentration des organismes pathogènes et, d'autre part, de diminuer le taux d'humidité de la litière avant l'introduction d'une nouvelle bande de porcelets. Une évacuation partielle de litière sur une épaisseur de 10 à 20 cm peut être effectuée entre deux bandes d'élevage dans la zone de déjections. L'évacuation de la totalité de la litière se fait une seule fois par année.

La sciure, sèche ou humide, est utilisée pour le démarrage de l'élevage alors qu'un mélange de sciure et planure sèche est apporté en cours d'élevage. Les caractéristiques typiques de la litière évacuée sont présentées aux tableaux 1 et 2. Un volume de fumier de 0,22 m³/porc produit est obtenu, soit une réduction de l'ordre de 60 % par rapport à une gestion conventionnelle avec équipements de réduction d'eau. Cette litière présente les caractéristiques d'un produit partiellement composté avec une teneur en eau de l'ordre de 60 %, un rapport C/N de 25 à 30, un rapport N_{NH3} / N_{TK} de 20 % et la présence de N_{NO3} dénotant ainsi l'activité de compostage (BPR, 1994).

Tableau 1. Quantité typique de litière fraîche utilisée et de fumier produit selon la technique d'élevage

Type d'élevage	Litière		Fumier produit (m ³ /porc)	Réduction volume ¹ (%)
	Type	Qté (m ³ /porc)		
Profonde	Sciure humide	0,3 à 0,7	< 0,25	60
Mince	Sciure sèche	0,3 à 0,5	0,2 à 0,45	30 à 70
Accumulée	Sciure sèche	0,52	0,35	30 à 40

¹ Gestion conventionnelle : 0,63 m³ / p.p.

Tableau 2. Caractéristiques typiques de la litière évacuée selon la technique d'élevage

Type d'élevage	Matière sèche (%)	Azote total (kg/t)	Azote N-NH ₄ (kg/t)	Phosphore P ₂ O ₅ (kg/t)	Potassium K ₂ O (kg/t)	Ratio N-NH ₄ /N _{tot} (%)	Ratio C/N
Lisier	3,5	3,7	2,7	2,5	2,2	70	3,7
Profonde	30 à 40	7,3	1,4	12,3	6,0	19	27
Mince - accumulée	30 à 40	5,2 à 9,6	1,0 à 1,5	5,8 à 17,2	5,8 à 11,2	16 à 20	21 à 35

Litière mince

La gestion de la litière mince est très simple et ne consiste qu'à la mise en place en début de bande d'une litière de 25 À 35 cm d'épaisseur et à son évacuation en fin de bande. Cette litière n'est donc pas brassée et aucun ajout ne se fait en cours d'élevage. L'activité de compostage et l'évaporation des liquides sont limitées, faute d'aération de la litière et en raison également des pertes thermiques qui limitent la montée en température de la litière. Tout type de litière peut être utilisé : sciure et/ou planure, sèche ou humide, paille.

La litière évacuée présente des caractéristiques semblables à celles de la litière profonde avec un rapport C/N légèrement inférieur, indiquant ainsi d'une part une meilleure conservation d'azote au bâtiment et d'autre part, une quantité de litière utilisée souvent moindre. La teneur en nitrate de cette litière n'a pas été mesurée. Toutefois, en raison du peu d'aération de la litière ainsi que de la faible activité de compostage qui s'y déroule, on ne devrait pas s'attendre à trouver ce composé azoté.

Litière accumulée

Le démarrage de l'élevage se fait sur une litière d'environ 15 à 20 cm de sciure, de planure ou de paille (entière ou hachée). Les porcelets peuvent entrer immédiatement après l'installation de la litière en été, ou lorsque la litière atteint la température de consigne en hiver. Puis, des ajouts de litière sont effectués régulièrement. Durant le premier mois il n'y a généralement pas lieu d'ajouter de litière fraîche. Des ajouts, une fois par deux semaines puis une fois par semaine, sont requis par la suite uniquement aux endroits les plus humides (zone de déjections). Compte tenu qu'aucune aération de la litière n'est effectuée, le compostage est peu intense. Les températures de la litière en cours d'élevage sont moins élevées qu'en litière profonde de même que l'évaporation des liquides. Cette température n'est pas suffisante pour assurer un contrôle adéquat des pathogènes. Aussi, la litière est-elle évacuée après chaque bande, permettant ainsi la désinfection des parcs avant l'arrivée de nouveaux porcelets. Le contrôle des pertes d'eau d'abreuvement est également important pour cette technique.

CONTRÔLE D'AMBIANCE

La base de conception du système de contrôle d'ambiance est essentiellement la même, à savoir le respect des températures de consigne et d'humidité dans le bâtiment. La principale différence vient de la contribution de la litière au bilan thermique et au bilan d'humidité (figures 3 et 4). Alors que la production de chaleur sensible et de chaleur latente du porc est en général bien connue pour l'élevage sur plancher plein ou sur plancher latté, très peu a été fait concernant cet aspect de l'élevage sur litière. D'autant plus que cette évaluation est complexe, car de nombreux facteurs influencent ces paramètres dont le type de litière, sa teneur en eau initiale, ses modalités d'apport aux différents stades de croissance des animaux et la gestion de cette litière dans les parcs.



Figure 3. Contrôle d'ambiance adéquat pour un élevage sur litière



Figure 4. Problème de condensation en raison d'un manque de ventilation et/ou de chauffage en litière profonde

À défaut d'avoir une connaissance des paramètres de production de chaleur sensible et de chaleur latente du porc sur litière, une première approximation avait été effectuée en considérant les points suivants :

- La production de base de chaleur sensible et de chaleur latente considérée est celle d'un porc sur plancher plein;
- La production de chaleur sensible provenant de la litière est ajoutée à celle du porc sur plancher plein en considérant un coefficient de transfert thermique de $5 \text{ W}/^{\circ}\text{C m}^2$, soit un coefficient minimal pour la convection naturelle, et une température à la surface de la litière de $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ supérieure à la température ambiante dans le cas de la litière profonde et de $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dans le cas de la litière mince et de la litière accumulée;
- Le débit de ventilation minimum est évalué lorsque les porcs sont à leur poids minimum à l'entrée dans les parcs et que la totalité de l'eau des déjections est évaporée et évacuée du bâtiment. Ce débit serait de l'ordre de 3 L/s pour des porcelets de 20 kg . Le débit minimum pour les porcs de 107 kg serait de $5,0$ à $8,0 \text{ L/s}$ selon le type d'élevage sur litière et peut varier selon la quantité de litière utilisée. Une plus petite utilisation de litière augmentera ce débit minimum et vice versa;
- Le débit de ventilation maximum est évalué pour les porcs à leur poids maximum, en prenant en considérant une sortie des porcs sur une période de 1 mois et en

considérant un différentiel de température de 3 °C avec la température extérieure. Ce débit varie de 50 à 65 L/s selon le type d'élevage sur litière par rapport à un débit de l'ordre de 40 L/s en élevage conventionnel.

- La capacité du système de chauffage est évaluée en considérant que les porcs sont à leur poids maximum et que les liquides des déjections sont évaporés dans une proportion maximale de 70 % dans le cas de la litière profonde, de 50 à 60 % pour la litière mince et de 35 à 55 % pour la litière accumulée. Cette proportion prend pour acquis qu'une certaine capacité tampon d'absorption d'eau est utilisée à la fin de la bande. Cette capacité a été évaluée à près de 50 kg/m² dans le cas de l'élevage sur litière profonde, quantité de liquide qui devra être évaporée durant le vide sanitaire entre deux bandes d'élevage et au démarrage de la bande suivante, alors que la capacité d'évaporation de la litière dépasse largement la quantité de liquide produit par les jeunes porcelets. Ces dernières données sont fonction du type et de la quantité de litière utilisée et de sa teneur en eau initiale. Le chauffage radiant de type Shenglow est généralement profitable en raison du plus grand dégagement du plafond dans ce type d'élevage et de la difficulté pour un aérotherme à rendre la chaleur près des animaux. Toutefois, attention aux incendies car il y a beaucoup de poussières.

Les paramètres à considérer sur cette base, à titre indicatif, sont ceux du tableau 3 pour une température extérieure minimale de conception de -25 °C.

Tableau 3. Paramètres d'ambiance typiques pour les différentes techniques d'élevage sur litière pour des porcs à l'engraissement de 20 et de 105 kg (tout plein - tout vide)

Type d'élevage	Type de litière	Poids (kg)	Température consigne (°C)	Débit		Besoin chauffage (W/porc)
				Min. hiver (l/s/porc)	Max. été (l/s/porc)	
Profonde	Sciure humide	20	20	3,0	40	30
		105	15	8,0	65	150
Mince	Sciure sèche	20	20	3,0	25	80
		105	15	6,0	50	150
Accumulée	Sciure sèche	20	20	3,0	25	80
		105	15	5,0	50	95

Quant aux températures de consigne, elles sont généralement inférieures à celles préconisées pour l'élevage sur plancher plein ou latté. La chaleur sensible dégagée par la litière, ainsi qu'une surface de contact plus grande entre la litière et le porc, expliquent cette réduction. Une température de 20 à 22 °C serait appropriée pour les porcs de 20 kg alors qu'une température de 15 °C serait suffisante pour les porcs de 107 kg.

Des travaux récents réalisés en France ont déterminé expérimentalement la production de chaleur sensible et de chaleur latente de la litière elle-même pour différents types de gestion de litière (Robin *et al.*, 2001). Les résultats obtenus (tableau 4) montrent la grande variabilité de ces paramètres selon les conditions de gestion. La contribution maximale de la litière au bilan énergétique global est observée pour la litière profonde humide (teneur en eau initiale de 68 %). Dans ce cas, la production de chaleur totale par la litière (140 W/porc) équivaut à celle du porc lui-même (150 W/porc à 40 kg) en début d'élevage. La majorité de cette chaleur est dégagée sous forme latente suite à l'évaporation de l'eau produite par le compostage de la litière. En fin de bande, l'humidité de la litière est telle que l'activité de compostage est réduite et la chaleur est totalement dégagée sous forme latente. À l'inverse, avec une litière plus sèche au démarrage (teneur en eau initiale de 56 %), la production de chaleur est initialement inférieure (100 W/porc) mais augmente avec l'augmentation de l'humidité de la litière jusqu'à son maximum de 130 W/porc. Le taux d'humidité de la litière détermine donc le taux de production de chaleur totale ainsi que sa répartition entre chaleur sensible et chaleur latente.

Tableau 4. Production de chaleur sensible et de chaleur latente par la litière sous diverses conditions de gestion de litière (tiré de Robin *et al.*, 2001)

Type d'élevage	Type de litière	Épaisseur de litière (cm)	Chaleur (début d'élevage)				Chaleur (fin d'élevage)			
			Porc		Litière		Porc		Litière	
			Totale (W/porc)	Totale (W/porc)	Sensible (W/porc)	Latente (W/porc)	Totale (W/porc)	Totale (W/porc)	Sensible (W/porc)	Latente (W/porc)
Profonde	Litière ancienne humide	70	150	140	40	100	250	60	-	60
	Litière ancienne sèche	70	150	100	30	70	250	130	50	80
Mince	Litière ancienne sèche	30	125	50	30	20	180	50	30	20
	Litière ancienne enrichie	30	125	100	40	60	180	100	40	60
	Saule vert broyé	30	115	90	60	30	170	50	20	30
	Paille broyée	30	115	-	-	-	170	50	40	10
	Briquettes de paille	30	115	-	-	-	170	100	50	50
	Sciure	10	115	-	-	-	170	50	-	50
	BioPig	10	115	-	-	-	170	50	10	40

Le potentiel de production de chaleur diminue généralement avec le volume de litière. Toutefois, le degré d'humidité de cette litière semble déterminant sur la production de chaleur totale. Ainsi, les litières sèches en début d'élevage (paille broyée, briquettes de paille, sciure et BioPig) produisent très peu de chaleur comparativement à une litière plus humide (litière ancienne, saule vert broyé). Le potentiel de production de chaleur des litières sèches augmente alors en cours d'élevage suite à l'augmentation de leur degré d'humidité, résultat de l'intensification de l'activité bactérienne. Cette production de chaleur semble diminuer par la suite si l'humidité de la litière augmente au-delà des conditions optimums pour le compostage (litière profonde ancienne humide, saule vert broyé). Cette réduction de la chaleur totale produite s'accompagne d'un transfert important de la production de chaleur sensible vers la production de chaleur latente traduisant ainsi que la majorité de la chaleur produite par la litière est utilisée à l'évaporation de l'humidité qu'elle contient.

Émissions gazeuses

Les pertes gazeuses qui demeurent les plus préoccupantes en élevage sur litière sont les gaz azotés. Le facteur de perte d'azote au bâtiment généralement considéré au Québec est de 25 % pour un élevage sur lisier (CPAQ, 1998), ces pertes étant essentiellement sous forme d'ammoniac (NH_3). En raison de la présence de substrat carboné et d'oxygène dans la litière, les processus de nitrification et de dénitrification sont rendus possibles dans les élevages sur litière. En conséquence, le facteur de perte ainsi que les formes sous lesquelles l'azote est perdu sont très différents de ceux rencontrés en gestion liquide (tableau 5). Ainsi, les pertes d'azote total seraient le double et le triple respectivement pour la litière accumulée et pour la litière profonde par rapport à un élevage sur lisier. Alors que l'émission d'ammoniac (NH_3) prédomine dans le cas du lisier et de la litière accumulée, l'émission d'azote moléculaire et de protoxyde d'azote (N_2O) domine pour la litière profonde. Ceci indique l'intense activité de compostage de la litière profonde, mais également une dénitrification incomplète résultant de conditions aérobies et possiblement d'un manque de carbone facilement disponible dans la litière. Il faut rappeler que le N_2O est un gaz à effet de serre très puissant et qu'il est souhaitable de limiter ce type d'émission.

Tableau 5. Pertes d'azote et répartition sous ses différentes formes

Type d'élevage	Perte d'azote total (% N_{tot} excrété)	Répartition des pertes azotées (% des pertes d'azote total)			
		NH_3	N_2O	NO_x	N_2 ¹
Lisier	25	100	0	0	0
Profonde	75	22	35	3	40
Accumulée	55	77	13	0	10

¹ Les pertes sous forme d'azote diatomique (N_2) sont difficilement mesurables. Elles sont déterminées par défaut à partir du bilan global de l'azote.

Par ailleurs, les projets qui ont porté sur les différents types d'élevage sur litière notent l'absence d'hydrogène sulfuré au bâtiment et ce, même lorsque la litière était plus humide (conditions d'hiver). Ceci dénote donc des conditions majoritairement aérobies de dégradation de la litière et des déjections.

Il est à noter que ce bilan peut varier de façon très importante en fonction principalement des débits de ventilation, de la température ambiante du bâtiment, de la fréquence de brassage de la litière ainsi que de la quantité de litière utilisée.

ASPECTS ÉCONOMIQUES

Les principaux éléments qui influencent la rentabilité économique de l'élevage sur litière sont les suivants :

- Immobilisations
- Performances zootechniques
- Gestion de la litière
- Contrôle d'ambiance

Les coûts d'immobilisations doivent prendre en considération la densité animale plus basse dans le cas du bâtiment d'élevage sur litière. Une superficie de 1,2 m²/porc a été utilisée jusqu'à maintenant pour la litière profonde et 1,1 m²/porc sur litière mince ou accumulée. Il semblerait possible de réduire ces superficies, particulièrement dans le cas de la litière mince et de la litière accumulée, en raison du fait que la litière est évacuée à la fin de chaque bande. Cette superficie entraîne la construction d'un bâtiment d'une dimension de 30 à 60 % plus grande qu'en gestion conventionnelle. Toutefois, la construction est plus complexe en gestion sur lisier : caniveaux, lattes, raclette, préfosse et pompe, etc.). Aussi, le coût de construction du bâtiment serait à peu près équivalent dans les deux cas. Quant à la structure d'entreposage, elle peut ne pas être requise dans le cas où la litière serait expédiée directement à un centre de traitement autorisé.

Dans le cas des *performances zootechniques*, et à la lueur de résultats obtenus par un même producteur avec les deux types d'élevage (conventionnel et sur litière), il semble que l'incidence économique des performances zootechniques soit très faible. Ainsi, l'indice de classement procure un avantage de l'ordre de 0,5 % à l'élevage conventionnel alors que le taux de mortalité de 0,55 % supérieur lui fait perdre cet avantage. Certains résultats indiqueraient également un GMQ légèrement supérieur dans le cas de l'élevage sur litière. Les constatations sur l'aspect sanitaire de la production sur litière sont encore à venir au Québec. Des données provenant d'examen à grande échelle aux abattoirs permettront de mieux préciser les risques de différentes lésions associées à ce type de production.

La *gestion de la litière* représente l'élément qui différencie le plus l'élevage sur litière de l'élevage conventionnel sur lisier. Les principaux items reliés à cette gestion sont l'achat de litière, la manutention de la litière et du fumier et la disposition du fumier.

Achat de litière

Au Québec, la consommation de litière de sciure humide et sciure et planure sèches pour la litière profonde serait de 0,7 m³ par porc produit, soit 215 kg/porc produit. À un prix de 20 \$/tmh livrée, le coût de la litière serait de 4,30 \$ par porc produit. Pour l'élevage sur litière mince et sur litière accumulée, une consommation de sciure et planure sèche de 0,5 m³ par porc produit est en moyenne obtenue, soit environ 80 kg/porc produit. Basé sur un prix d'achat de 60 \$/tmh livrée, l'achat de la litière représente donc 4,80 \$ par porc produit. Toutefois, les résidus ligneux

sont également des matières premières importantes pour la fabrication de panneaux et de carton et sont convoités par plusieurs industries de transformation. Son prix est donc soumis à la loi de l'offre et de la demande. Étant un élément important du coût de production, le producteur doit s'assurer d'un approvisionnement à un coût économiquement rentable pour une longue période. Par ailleurs, il est possible d'utiliser la paille pour la litière mince et la litière accumulée. Elle peut donc représenter une alternative très intéressante pour une entreprise qui en génère ou qui peut s'en procurer à un prix intéressant.

Tableau 6. Coûts types reliés à la gestion de la litière

Opération	Temps		Coût	
	Profonde (min. / p.p. ⁶)	Accumulée	Profonde (\$ / p.p. ⁶)	Accumulée
Achat de litière				
Intrant ¹	-	-	4,80	4,30
Manutention				
Main-d'œuvre ²	5,00	4,00	3,00	1,20
Machinerie avec opérateur	10,00	2,00	4,00	0,50 à 1,00
Disposition par traitement				
Reprise et transport (forfait)	n/a	n/a	0,80	1,20
Traitement (forfait)	n/a	n/a	0,55	0,80
TOTAL	15,00	6,00	13,15	8,00 à 8,50

¹ Basé sur \$ 20 / tmh livrée de sciure humide et de \$ 60 / tmh livrée de sciure et planure sèches.

² Coût basé sur une rémunération de \$12,00 / heure.

³ Coût basé sur l'utilisation d'un tracteur 2 + 2 roues motrices de 43 kW à \$ 17,27 / h (CRÉAQ, 1998).

⁴ Coût basé sur un droit de réception de \$ 2,00 / m³ pour le compostage.

⁶ p.p. : porc produit

Manutention de la litière et du fumier

Les principales opérations de manutention de la litière sont :

- L'installation de la litière de démarrage;
- Brassage et aération de la litière (profonde);
- L'ajout de litière sèche en cours d'élevage (profonde et accumulée);
- L'évacuation de la litière en fin de bande.

Quelques projets seulement ont évalué systématiquement ces coûts au Québec. Dans le cas de la litière accumulée, le temps de main-d'œuvre a été estimé à environ 6 minutes par porc produit, incluant le temps d'opération de la machinerie, soit 1,20 \$ par porc produit pour une main d'œuvre non spécialisée. Le temps d'utilisation de la machinerie (tracteur, chargeur) serait de l'ordre de 2 minutes par porc produit, soit un coût de 0,50 \$ à 1,00 \$ par porc produit. Un total de 1,70 \$ à 2,20 \$ par porc produit serait associé à la manutention de la litière et du fumier produit pour ces deux types d'élevage. Dans le cas de la litière profonde, ces coûts sont moins connus au Québec. Toutefois, en raison du brassage et de l'aération de la litière, le temps

estimé serait actuellement de l'ordre de 15 minutes par porc produit, soit un coût de main d'œuvre de 3,00 \$ par porc produit, alors que le coût de machinerie serait de 4,00 \$ par porc produit, pour un total de 7,00 \$ par porc produit.

Disposition du fumier

Le coût de disposition du fumier est très variable. Compte tenu de la nature du produit, il est très prisé par les entreprises de compostage et éventuellement par les usines de traitement de fumiers (Atrium, Agrior, etc.). Ainsi, en région de surplus, le coût de disposition serait de 2,00 \$ par porc produit, incluant la reprise, le transport (20 km) et les droits de réception au site de compostage (2,00 \$/m³). C'est le principal élément économique qui milite en faveur de l'élevage sur litière. Il est à noter que le compostage ainsi que le séchage avec granulation sont des traitements complets autorisés par le MENV et qu'il dispense le producteur de détenir les superficies nécessaires à l'épandage de ses fumiers.

Le *contrôle d'ambiance* se révèle plus dispendieux pour l'élevage sur litière en raison de la grande quantité d'eau évaporée, et surtout évacuée du bâtiment. Pour un élevage sur litière accumulée, le coût relié au chauffage serait de l'ordre de 1,18 \$ par porc produit comparativement à 0,66 \$ par porc produit en élevage sur lisier (propane à 0,25 \$/L). En litière profonde, le coût serait plutôt de l'ordre de 3,00 \$ par porc produit sous nos conditions climatiques.

Le choix du type d'élevage sur litière à retenir pour le Québec n'est pas simple à faire car plusieurs facteurs interviennent dans ce choix. Dans un premier temps, il faut évaluer quels sont les types de litière disponibles, quel en est le coût et quel est la sécurité à long terme de cet approvisionnement. Par ailleurs, malgré des avantages indéniables sur la qualité de la litière évacuée et au chapitre des odeurs, la litière profonde, en raison de ses contraintes en termes de production d'humidité et d'entretien de la litière, entraîne des coûts et des besoins de main d'œuvre importants. En conséquence, le choix devrait plutôt se porter vers la litière mince ou accumulée. À ce niveau, la différence n'est pas nécessairement bien tranchée entre ces deux types d'élevage. La litière accumulée présente les avantages de maintenir des conditions de logement supérieures, de mieux utiliser la totalité de la litière (démarrage avec 15 cm d'épaisseur) et de réduire les pertes ammoniacales. Elle nécessite toutefois une main d'œuvre plus importante et souvent plus de litière. Le choix devra donc tenir compte du coût de la litière, de la disponibilité de la main d'œuvre et également d'une préférence personnelle du producteur.

CONCLUSION

La conception d'un bâtiment d'élevage sur litière présente un défi important en raison d'une part de la variabilité des concepts existants et des types de gestion de litière et, d'autre part, du peu de connaissances fondamentales concernant ces aspects. En conséquence, cette conception doit se faire encore avec prudence en considérant des facteurs de sécurité plus élevés.

De façon générale on ne peut ignorer la participation de la litière au bilan thermique et au bilan d'humidité d'un bâtiment d'élevage sur litière. Les données présentées indiquent que dans un cas extrême la litière n'a aucun impact sur ces bilans, mais qu'à l'autre extrême son impact peut être aussi grand que celui du porc lui-même. Les exigences reliées au contrôle d'humidité impliquent presque à coup sûr le recours à un système de ventilation entièrement mécanique ou à un système mixte. Par ailleurs, la puissance de chauffage requise doit permettre de soutenir le débit de ventilation requis pour évacuer l'humidité du bâtiment. Contrairement à l'élevage sur plancher latté, la puissance requise peut s'avérer plus importante pour les porcs en fin de bande en raison de la production importante de liquide au bâtiment. Dans ce cas, le maintien d'une température plus élevée au bâtiment peut s'avérer moins coûteux du fait de la plus grande capacité de l'air à contenir et évacuer cette humidité. L'utilisation d'une ventilation de recirculation peut s'avérer intéressante afin de réduire les risques de formation de brume et de condensation sur les murs et de permettre à l'air de se charger d'un maximum d'humidité avant d'être évacué du bâtiment. Il faut toutefois s'assurer de ne pas réduire le débit d'entrée d'air frais et de bien contrôler la vitesse de l'air au niveau des animaux.

RÉFÉRENCES

- BPR. 1994. *L'élevage sur litière biomaîtrisée; expérimentation et suivi agronomique, environnemental et économique*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. Rapport n° 3333.21.92.01. 79 p.
- BPR-GREPA. 2000. *Le portrait agroenvironnemental des fermes du Québec. Rapport sectoriel : porcs*. UPA-MAPAQ-IRDA.
- CPAQ. 1998. *Estimation des rejets d'azote et de phosphore par les animaux d'élevage*. Conseil des productions animales du Québec inc.
- Robin, P., D. Souлумiac, P.A.V. de Oliviera et C. Kermarrec. 2001. *Maîtrise à la source des émissions gazeuses et de l'état final des effluents en élevage intensif de porcs sur litière*. I.N.R.A. – U.S.A.R.Q., Rennes.