

(remplace la fiche technique n° 11-049 du MAAARO portant le même titre)

## Sulfure d'hydrogène dans les systèmes de production de biogaz de source agricole

T. Sauvé, ing.

Dans les exploitations agricoles, il peut y avoir des gaz dangereux aux divers endroits où des matières organiques sont entreposées. Si ces gaz ne sont pas correctement gérés, ces endroits peuvent contenir des teneurs dangereuses de gaz comme le sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ). La présente fiche technique traite du  $H_2S$  que l'on trouve aux alentours des systèmes de production de biogaz de source agricole et décrit les mesures de sécurité à prendre pour protéger les travailleurs agricoles.

### DANGERS DU $H_2S$

Dans le cadre de la production d'énergie renouvelable, 50 à 70 % du volume de biogaz obtenu est du méthane ( $CH_4$ ). Le biogaz contient également une forte proportion (de 30 à 50 % en volume) de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ), des traces de gaz comme l'ammoniac ( $NH_3$ ), de l'hydrogène ( $H_2$ ) et de l'azote ( $N_2$ ), ainsi que du sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ). Les matières biologiques en entrée (intrants) et les matières du digestat en sortie (dont le fumier) peuvent produire ces gaz lorsqu'elles sont stockées, mélangées ou manipulées dans des systèmes de production de biogaz. Ces gaz sont considérés comme posant des risques et peuvent créer une atmosphère dangereuse si la ventilation est insuffisante. Le sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) est jugé être le plus dangereux de ces gaz.

Une exposition à des concentrations élevées de  $H_2S$  est extrêmement nocive. Le sulfure d'hydrogène réagit immédiatement avec l'hémoglobine du sang et bloque le transport de l'oxygène jusqu'aux tissus et aux organes vitaux du corps. Le tableau 1 décrit les effets du  $H_2S$  sur la santé humaine.

**Tableau 1.** Effets du sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) sur les humains

Concentration de $H_2S$	Effets sur les humains
4 à 10 ppm	Faible odeur détectable (odeur d'œuf pourri), irritation oculaire
11 à 100 ppm	Odeur repoussante, irritation oculaire, toux, perte de l'odorat au bout de 2 à 15 minutes d'exposition
101 à 500 ppm	Inflammation oculaire, irritation des voies respiratoires
501 à 1 000 ppm	Perte de connaissance rapide, puis mort
>1 000 ppm	Mort immédiate dès la première inspiration

Source : American Society of Agricultural and Biological Engineering Standards, [Manure Storage Safety ASABE EP470.1 OCT2011 \(R2016\)](#).

Un problème majeur avec le H<sub>2</sub>S est que l'odorat humain perd sa capacité à le détecter en cas d'exposition à des concentrations dangereuses ou pendant des périodes prolongées. Il en résulte une fausse impression de sécurité. Il ne faut jamais se fier à son odorat pour détecter le H<sub>2</sub>S; il faut utiliser un détecteur personnel de gaz.

Le sulfure d'hydrogène est plus lourd que l'air et stagne donc juste au-dessus de la surface des matières organiques en cours de décomposition. Il n'existe pour le moment aucune norme sur les limites d'exposition au sulfure d'hydrogène dans les exploitations agricoles, mais les employeurs doivent prendre toutes les précautions raisonnables pour protéger la santé et la sécurité des travailleurs. L'une des pratiques de gestion optimales utilisées actuellement en Ontario consiste à régler le seuil d'alarme des appareils détecteurs de gaz à 10 parties par million (ppm) pour le H<sub>2</sub>S dans les zones où ce gaz est présent.

### **SOURCES DE H<sub>2</sub>S À PROXIMITÉ DES SYSTÈMES DE PRODUCTION DE BIOGAZ DE SOURCE AGRICOLE**

Les endroits où l'on trouve du H<sub>2</sub>S à proximité des systèmes de production de biogaz de source agricole se répartissent en trois catégories :

- lieux d'entreposage des matières biologiques avant la digestion (intrants);
- équipement de traitement du biogaz;
- lieux d'entreposage des matières de sortie (digestat) après la digestion.

Les sections suivantes décrivent les sources possibles de H<sub>2</sub>S dans ces zones et les pratiques de gestion optimales suggérées pour réduire les risques qui y sont associés.

#### **Lieux d'entreposage des matières biologiques avant la digestion (intrants)** ***Intrants de source agricole***

L'intrant de source agricole le plus courant est le fumier, sous forme liquide, semi-solide ou solide. Le fumier liquide (purin) est généralement stocké dans des réservoirs en béton souterrains ou dans des fosses creusées dans la terre où le H<sub>2</sub>S et d'autres gaz dangereux peuvent se développer. En revanche, le fumier solide est stocké à l'extérieur, à l'air libre,

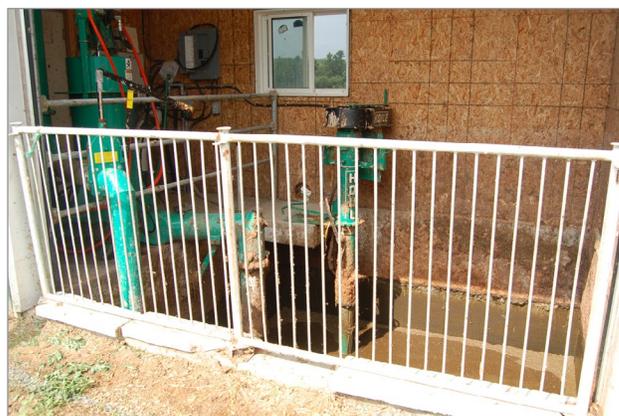
où le risque d'accumulation du sulfure d'hydrogène est minime. D'autres matières solides, comme les aliments pour le bétail, sont stockées dans des milieux hermétiques ou dans des structures où l'air circule.

Du sulfure d'hydrogène, du méthane ou du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>, appelé couramment gaz de silo) sont présents en concentrations dangereuses dans ces structures et peuvent causer de graves problèmes de santé. Voir la fiche technique du MAAARO, [Les gaz dangereux dans les exploitations agricoles](#), pour savoir comment reconnaître et gérer ces dangers courants dans les exploitations agricoles.

#### ***Systèmes de transfert d'éléments nutritifs liquides***

On utilise des systèmes de transfert d'éléments nutritifs liquides pour transférer le purin provenant de l'élevage vers le digesteur anaérobie. Des fosses de type puisard, situées à l'intérieur (système de transfert dans le sol, figure 1) ou à l'extérieur du bâtiment d'élevage, collectent le purin provenant de l'élevage. Ces deux systèmes sont susceptibles de générer et d'accumuler des concentrations dangereuses de H<sub>2</sub>S.

Un système de production de biogaz de source agricole peut utiliser des systèmes de transfert d'éléments nutritifs situés dans une installation partiellement fermée pour pomper le purin du bâtiment d'élevage et y mélanger des matières sèches de source agricole. Cette pratique présente un risque plus élevé de production et d'émanation de H<sub>2</sub>S dans les espaces clos, où le gaz peut être retenu et donc susceptible d'atteindre des concentrations dangereuses.



**Figure 1.** Système de transfert d'éléments nutritifs liquides où le purin provenant du bâtiment d'élevage est envoyé au digesteur anaérobie.

Des recherches dans le passé ont montré que l'action de mélanger du purin de porc dans des fosses en sous-plancher provoque immédiatement un dégagement important de H<sub>2</sub>S ([Patni and Clarke, 2003](#)). Les précautions suivantes sont suggérées pour réduire le risque d'exposition au H<sub>2</sub>S à proximité des systèmes de transfert d'éléments nutritifs :

- Utiliser des ventilateurs d'extraction dans les fosses pour réduire le risque que les animaux et les ouvriers agricoles soient exposés à des concentrations élevées de H<sub>2</sub>S au-dessus des caillebotis.
- Éviter la chute libre et les éclaboussures de purin dans la fosse de pompage ou le système de transfert d'éléments nutritifs ([Patni and Clarke, 2003](#)).
- Construire des structures à l'extérieur, à l'air libre, en se basant sur une conception qui utilise les principes de la ventilation entièrement naturelle ou ayant recours à une grosse ventilation mécanique (p. ex. ventilateur d'extraction de fosse) pour éliminer le H<sub>2</sub>S directement de la fosse ([Manure Storage Safety. ASABE EP470.1 OCT2011 \(R2016\)](#)).
- Pomper régulièrement vers le digesteur les matières liquides d'entrée stockées dans la structure pour réduire le risque d'accumulation du H<sub>2</sub>S retenu dans le liquide.
- Maintenir les portes d'accès et autres entrées complètement ouvertes ou utiliser des systèmes de ventilation mécanique lors du pompage pendant les mois d'hiver pour réduire le risque d'accumulation du H<sub>2</sub>S et d'exposition à ce gaz. En hiver, ne laissez pas les portes fermées durant le pompage pour réduire le risque de gel.

### **Intrants de source non agricole : réservoir de stockage de co-substrat**

L'utilisation de matières ne provenant pas d'une exploitation agricole pour augmenter la production de biogaz est une pratique courante dans les systèmes de production de biogaz de source agricole. Par exemple, des graisses provenant de restaurants et des résidus de traitement agroalimentaire sont codigérés avec le fumier du bétail de l'exploitation agricole. Si ces matières de source non agricole sont facilement pompées ou que leur contenu de matière sèche est inférieur à 18 %, elles doivent être stockées dans une cuve hermétique appelée réservoir de stockage de co-substrat (figure 2). Le gaz produit par les bactéries actives peut s'accumuler à l'intérieur de ce réservoir hermétique.



**Figure 2.** Réservoir enterré de stockage de co-substrat où des matières liquides ne provenant pas d'une exploitation agricole, comme des matières grasses, huiles et graisses, sont stockées temporairement.

Les pratiques de gestion et caractéristiques de conception suivantes sont recommandées pour réduire le risque d'exposition aux gaz générés :

- Vérifier que la conception du réservoir incorpore un tuyau d'évacuation de l'air. Quand des liquides sont ajoutés dans le réservoir, le tuyau d'évacuation de l'air permet aux gaz de s'échapper en évitant que l'émanation ne s'effectue à côté de l'opérateur du réservoir de co-substrat. Il n'y a pas d'espace où les gaz peuvent stagner dans le réservoir.
- Vérifier que le réservoir de stockage de co-substrat est conçu et utilisé de façon à éviter les entrées inutiles.
- Choisir de l'équipement qui peut être retiré depuis l'extérieur (pour déboucher ou réparer).
- Choisir des matières de source non agricole contenant de faibles quantités de graviers, débris et contaminants en plastique.
- Utiliser un équipement de pompage qui minimise le dépôt de matières solides et présente peu de risques d'obstruction.
- Installer des réservoirs qui permettent de chauffer leur contenu pour réduire la solidification des matières grasses, huiles et graisses juste avant le pompage ou le mélange, afin de minimiser l'entretien ou l'entrée.



**Figure 3.** Silo de béton horizontal utilisé pour stocker des matières plus sèches ne provenant pas d'une exploitation agricole, comme des enveloppes de maïs et du marc de raisin.

### ***Intrants de source non agricole : stockage de co-substrat sec***

Des matières de source non agricole sèches, constituées normalement de plus de 30 % de matière sèche, sont couramment entreposées dans l'exploitation agricole, dans des silos horizontaux partiellement fermés (figure 3). Du sulfure d'hydrogène et du dioxyde d'azote peuvent être retenus dans ces matières et se libérer lors de la manipulation ou du mélange. Par ailleurs, le tas risque de chauffer s'il est laissé sans surveillance pendant une période prolongée.

Les pratiques de gestion optimales pour le stockage sécuritaire de ces matières en réduisant le risque d'exposition au  $H_2S$  sont notamment :

- Conserver ces matières à l'abri de la pluie et gérer le suintement produit par la fermentation.
- Surveiller la température du tas pour les matières sensibles à l'humidité et à la fermentation.
- Stocker les matières dans une structure ouverte pour permettre une ventilation naturelle suffisante.
- Veiller à ce que l'opérateur du chargeur reste à l'extérieur de la structure de stockage.

### **Équipement de traitement du biogaz Digesteur anaérobie avec soupape de décompression**

Le réservoir où la production de biogaz s'effectue est appelé digesteur anaérobie. Le digesteur est équipé d'une soupape de sécurité, appelée soupape de décompression, pour éviter des niveaux dangereux de pression de gaz (négative ou positive) à l'intérieur. Dans des conditions d'exploitation normales, envisager les pratiques et caractéristiques de conception optimales suivantes pour réduire le risque d'exposition au  $H_2S$  :

- Éloigner les sources d'inflammation à 3 m (10 pi) au moins de la soupape de décompression pour éviter les risques d'incendie ou d'explosion en cas d'échappement de biogaz brut par la soupape de sûreté.
- Inspecter régulièrement la concentration du liquide antigel de la soupape de décompression sur les robinets fermés de liquides, en cas de températures négatives, étant donné l'accumulation possible de condensation.
- Minimiser l'échappement de biogaz par la soupape de décompression en contrôlant la quantité d'intrants dans le digesteur, surtout en hiver.
- Envisager d'améliorer l'installation en l'équipant d'une soupape de décompression antigel comme illustré à la figure 4, ce qui simplifiera l'entretien et le fonctionnement.
- Restreindre l'accès à proximité de la soupape de décompression en tout temps et afficher un écriteau de sécurité adéquat.

Les opérateurs peuvent être amenés à enlever la membrane gonflable ou le capot d'emmagasinement du gaz pour réparer l'équipement à l'intérieur du digesteur anaérobie, lors de certaines procédures d'entretien. Il est essentiel que les opérateurs respectent les consignes de sécurité auxquelles ils ont été formés, étant donné les dangers existants.

Le contenu du digesteur anaérobie continue de produire des biogaz et du  $H_2S$ , même lorsque le capot ou la membrane d'emmagasinement du gaz est retiré. Il est dangereux de pénétrer dans un digesteur anaérobie qui a été récemment vidé. Du  $H_2S$  et d'autres gaz dangereux subsistent au fond du réservoir et à l'intérieur des dépôts de celui-ci.



**Figure 4.** Soupape de décompression résistante au gel installée sur un digesteur anaérobie en Ontario.

Pour minimiser l'exposition au H<sub>2</sub>S et aux autres gaz dangereux lors des procédures d'entretien :

- Faire appel à des entrepreneurs qui connaissent bien le H<sub>2</sub>S et les risques associés, possèdent la formation adéquate, ont de l'expérience sur les systèmes de production de biogaz et sont sensibilisés aux risques du travail à proximité ou à l'intérieur des espaces clos.
- Faire appel à des entrepreneurs ayant suivi une formation sur le travail dans les espaces clos et sur la réglementation relative à la santé et la sécurité au travail.
- Utiliser un équipement de protection personnelle correctement étalonné et bien ajusté (comme des détecteurs de gaz et un appareil de protection respiratoire autonome) pour procéder aux travaux d'entretien et de réparation.

### ***Cuvette de condensation (récupération de condensats ou collecteur de sédiments)***

Dans la plupart des systèmes de production de biogaz de source agricole, l'humidité du biogaz est éliminée par le passage du biogaz dans tout un réseau souterrain de tuyaux de refroidissement. En se refroidissant, l'humidité se condense et est collectée au point le plus bas de la structure, appelé cuvette de condensation (figure 5). Il y a une forte probabilité que cette cuvette contienne du H<sub>2</sub>S ou d'autres gaz dangereux et que la teneur en oxygène y soit faible. L'accès à cette structure doit être restreint, car la cuvette de condensation est considérée comme un espace clos.



**Figure 5.** Point d'accès à la cuvette de condensation qui collecte l'humidité éliminée du biogaz.



**Figure 6.** Entreposage permanent de digestat dans la terre qui ressemble à l'entreposage permanent de purin dans les fermes laitières.

### **Lieux d'entreposage des matières de sortie (digestat) après la digestion** **Entreposage du digestat liquide**

La manipulation du digestat liquide pour l'épandage est aussi dangereuse que celle du purin non décomposé. Le digestat frais sortant du réservoir de digestion anaérobie contient des bactéries actives et dégage du H<sub>2</sub>S et d'autres gaz dangereux. Bien qu'une fraction élevée des matières organiques soit convertie en biogaz, d'autres matières organiques (comme la paille et la sciure) se décomposent lentement pendant un stockage prolongé et du H<sub>2</sub>S se retrouve ainsi piégé dans le digestat liquide. Faire appel à un ingénieur pour concevoir l'entreposage du digestat liquide (figure 6) et s'assurer que le H<sub>2</sub>S et les autres gaz dangereux sont :

- soit ventilés dans l'atmosphère pour éviter toute possibilité d'accumulation et d'exposition pour les humains ou le bétail, conformément à la norme de sécurité ASABE d'entreposage du fumier ([Manure Storage Safety ASABE EP470.1 OCT2011 \(R2016\)](#));
- soit contenus dans un réservoir de digestat hermétique relié au réseau de tuyaux de biogaz du digesteur anaérobie.

L'entreposage du digestat dans une fosse sous le bâtiment d'élevage, à moins d'être conçu par un ingénieur spécialisé, n'est pas recommandé pour plusieurs raisons :

- Le sulfure d'hydrogène et l'ammoniac gazeux corrodent les supports métalliques et le béton soutenant le caillebotis et les éléments du plancher.

- Le méthane s'accumule dans l'espace d'air en dessous du caillebotis, s'il n'est pas correctement ventilé par un système conçu par un ingénieur spécialisé.
- Il est difficile d'éviter la production de biogaz dans le réservoir durant les procédures d'entretien (par ex. nettoyage ou réparation du digesteur anaérobie) s'il est impossible de vider celui-ci ailleurs, comme dans un réservoir de stockage ouvert.
- Les matières de source non agricole ne doivent pas être jetées dans la fosse sous le bâtiment d'élevage, car les matières organiques fraîches représentent une source d'aliments pour les bactéries actives du digestat. Les bactéries produiront du H<sub>2</sub>S et d'autres gaz dangereux sous les éléments du plancher.
- Tout retrait ou agitation de digestat dans la fosse sous le bâtiment d'élevage peut provoquer un dégagement subit de H<sub>2</sub>S et d'autres gaz dangereux.

### **Séparation du fumier solide**

Certains opérateurs de systèmes de production de biogaz traitent les matières du digestat à l'aide d'un séparateur de fumier solide. Ces matières sont utilisées comme litière, compost ou même comme couverture de surface sur des substrats. En général, elles ne restent pas au même endroit longtemps et sont mises à l'abri des précipitations, sinon les matières solides pourraient fermenter. Du H<sub>2</sub>S peut être piégé dans les matières solides et il faut donc gérer l'exposition.

Pour minimiser ce danger :

- Utiliser les matières pour leur usage final prévu dès qu'elles sont produites.
- Minimiser la zone close au niveau du séparateur en permettant une ventilation naturelle suffisante, idéalement à l'extérieur ou dans une zone très ouverte (figure 7).
- Contrôler la température des tas.
- Conserver le fumier solide séparé à l'abri de l'humidité.
- Retourner les tas de compost et contrôler l'humidité, l'aération et les éléments nutritifs.



**Figure 7.** Séparateur de fumier relié au digesteur anaérobie pour séparer la partie solide du digestat.

### RÉDUCTION DES RISQUES

Certaines activités peuvent générer un risque accru d'exposition au  $H_2S$ , notamment :

- la réception de nouvelles matières de source non agricole pour lesquelles l'opérateur n'a aucune expérience antérieure;
- le mélange de nouvelles matières de source non agricole avec un autre type de matières de source non agricole;
- la manipulation de matières de source non agricole qui ont été entreposées pendant une longue période (surtout si elles sont contenues dans une unité hermétique comme un camion-citerne, une citerne à purin ou toute autre structure fermée ou close).

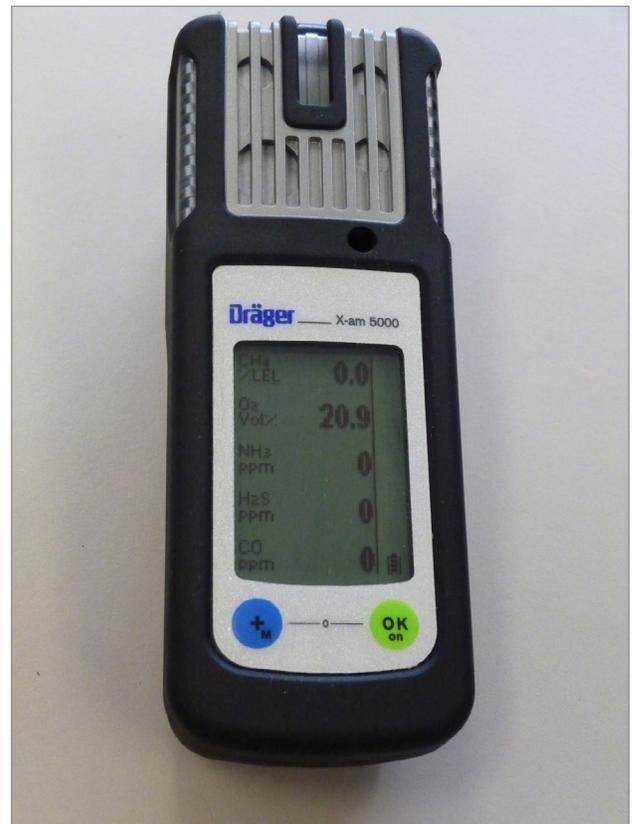
Pour réduire ces risques :

- Stocker les matières de source non agricole dans des structures ouvertes à l'air libre ou dans des réservoirs ventilés.
- Analyser les propriétés chimiques et physiques des matières et connaître la réactivité provoquée par le mélange de matières.

- Analyser la présence de méthane et déterminer la vitesse à laquelle il se dégage lors de l'alimentation du digesteur anaérobie.

### Détecteurs de $H_2S$

Les gaz dangereux se mesurent à l'aide de détecteurs personnels du commerce, disponibles auprès des fournisseurs d'équipement scientifique et de matériel de sécurité (figure 8). Ces appareils surveillent constamment les gaz dans l'environnement, sont de taille compacte, et émettent une alarme sonore lorsqu'une concentration dangereuse de gaz est détectée. Lors de l'achat d'un détecteur de gaz pour  $H_2S$ , vérifier s'il peut être étalonné à la ferme ou s'il nécessite un entretien par un spécialiste. Certains modèles s'arrêtent de fonctionner lorsque l'étalonnage expire. L'utilisation de l'appareil d'étalonnage ne nécessite qu'une formation minimale. Le coût d'un détecteur se situe entre 350 et 600 dollars.



**Figure 8.** Détecteur personnel de gaz dangereux qui déclenche une alarme sonore et visuelle lorsque la concentration de gaz dépasse le seuil de sécurité.

---

## Lignes directrices concernant l'exposition au H<sub>2</sub>S

Dans une exploitation agricole, il existe de nombreux espaces clos où la présence de gaz dangereux présente un risque. Voir la [Section 7](#) des *Directives concernant la santé et la sécurité au travail à l'intention des opérations agricoles en Ontario*. La section 7 dresse la liste des exigences concernant les espaces clos dans les exploitations agricoles et donne des exemples de procédures pour minimiser l'exposition aux gaz.

### CONCLUSION

Le sulfure d'hydrogène est considéré comme un gaz très dangereux dans les systèmes de production de biogaz de source agricole et autres systèmes de stockage du fumier, comme l'entreposage sous les bâtiments d'élevage au plancher en caillebotis. Garder à l'esprit les conseils suivants pour aborder une situation en présence de H<sub>2</sub>S :

- Ce gaz s'accumule au niveau du sol et au fond des réservoirs et peut passer inaperçu. Ne jamais se fier à son odorat pour détecter des concentrations dangereuses de H<sub>2</sub>S.
- Le dégagement de H<sub>2</sub>S est relativement lent si le fumier n'est pas agité. Néanmoins, la concentration de H<sub>2</sub>S peut atteindre des niveaux dangereux très rapidement dès qu'on agite le contenu d'une fosse, surtout en cas d'éclaboussures ou d'agitation en surface.
- Lors du travail à proximité de sources de H<sub>2</sub>S, porter un détecteur de H<sub>2</sub>S correctement étalonné et doté d'une alarme. Certains détecteurs doivent subir un essai fonctionnel tous les jours avant l'utilisation. Régler l'alarme sur 10 parties par million. Quitter immédiatement les lieux si l'alarme se déclenche et évaluer le risque avec d'autres travailleurs formés avant de prendre d'autres mesures.
- Installer un écriteau « Danger – Gaz mortels » bien en vue aux endroits où du H<sub>2</sub>S est présent. Ces écriteaux sont disponibles auprès de la plupart des fournisseurs de matériel de sécurité au travail (magasins en ligne ou de détail). Contrôler et restreindre l'accès aux structures où du H<sub>2</sub>S est présent.

- Lors du travail à proximité des structures de matières biologiques d'entrée (intrants) et de matières de sortie (digestat), s'assurer que les portes d'accès restent complètement ouvertes pour fournir une ventilation naturelle maximale. Dans toute la mesure du possible, travailler à l'extérieur de la structure. Les opérateurs ne doivent pas mélanger les intrants et le digestat dans une structure close sans ventilation adéquate pour le H<sub>2</sub>S et les autres gaz dangereux.
- De nombreux décès se sont produits parmi des travailleurs qui ont pénétré dans des lieux d'entreposage de fumier ou des bâtiments ayant un tel entreposage en sous-sol, suite à l'exposition à ces gaz. Ne pas essayer de secourir quelqu'un ayant perdu connaissance à cause du H<sub>2</sub>S. Au lieu de cela, ventiler la victime et appeler les services d'urgence immédiatement.
- L'élaboration d'une politique en matière de santé et de sécurité et d'un programme connexe pour chaque opération agricole permet de réduire l'exposition au H<sub>2</sub>S et de se préparer aux situations d'urgence. Contacter les [Workplace Safety & Prevention Services](#) (anciennement Farm Safety Association) en appelant gratuitement le 1 800 361-8855, si vous vous trouvez en Ontario.

Cette fiche technique fournit des renseignements de base sur le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) que l'on trouve dans les exploitations agricoles ayant des systèmes de production de biogaz. Ce document n'a pas pour objectif de garantir la conformité aux règlements sur la santé et la sécurité au travail en Ontario. Communiquer avec un ingénieur spécialisé en systèmes de production de biogaz pour toute question technique spécifique.

### RÉFÉRENCES

Enform Canada. 2007. [H<sub>2</sub>S Alive Hydrogen Sulphide Safety Training](#). Sixième édition.

Cette fiche technique a été rédigée en anglais par Terrence Sauvé, ing., optimisation et sécurité des exploitations agricoles, MAAARO, et revue par Anna Crolla, ing., systèmes énergétiques et culturels, MAAARO, Chris Duke, analyste de programme (biogaz), MAAARO, et Jake Debruyne, ing., intégration des nouvelles technologies, MAAARO.