



# Acidification du lisier dans l'étable avec de l'acide sulfurique – premières expériences en Suisse

Thomas Kupper

► Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

# Introduction

## Mécanismes de base des émissions d'ammoniac

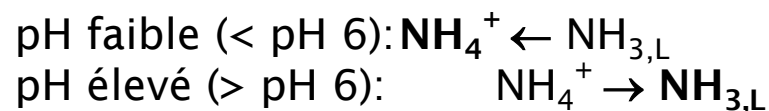
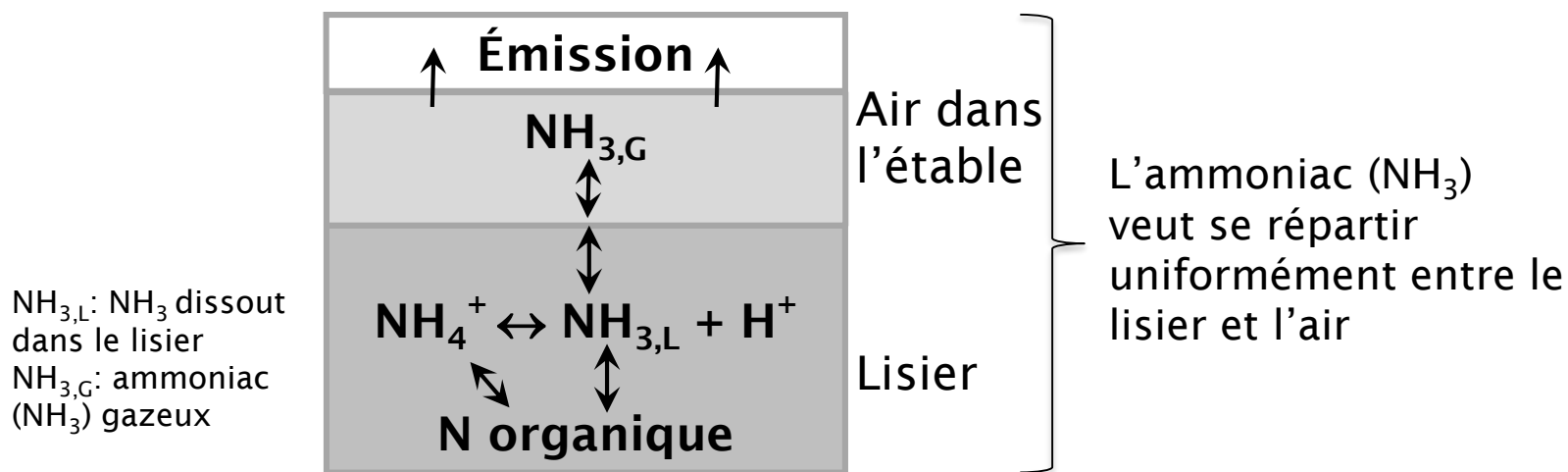
- ▶ Taux de N dans le cycle agricole
- ▶ Conditions physico-chimiques des émissions d'ammoniac (action de l'uréase, température, taux de pH)
- ▶ Taille de la surface émettrice
- ▶ Échange d'air au-dessus de la surface émettrice
- ▶ Élimination ou captage de l'ammoniac (purification de l'air vicié)

# Introduction

## Mécanismes de base des émissions d'ammoniac

### ► pH

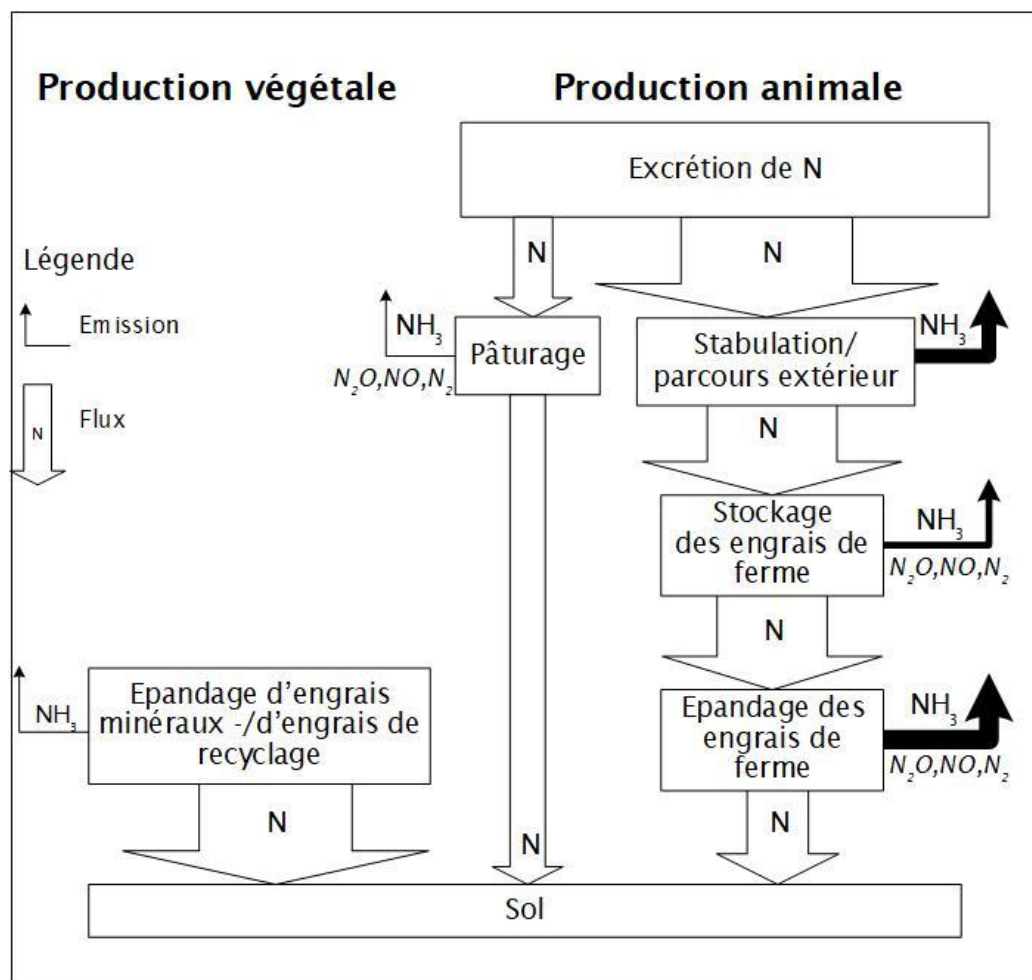
- Acidification du lisier (à  $< \text{pH } 6$ ) à l'aide de l'acide sulfurique



Contrairement à l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) n'est pas volatil et ne s'échappe pas dans l'air

# Introduction

## Acidification du lisier dans l'étable: réduction des émissions sur l'ensemble du cycle des engrais



- ▶ Réduction des émissions sur l'ensemble du cycle des engrais
- ▶ Réduction totale des émissions: env. 50%
- ▶ Un meilleur résultat comparé aux autres méthodes de réduction des émissions

# Introduction

## Connaissances lacunaires sur l'acidification du lisier dans l'étable

- ▶ Le Danemark dispose de >100 installations d'acidification du lisier dans l'étable et donc d'une grande expérience
- ▶ Toutefois, des lacunes restent en ce qui concerne
  - ▶ la formation d'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) dans l'étable en raison de l'apport de soufre avec l'acide sulfurique
  - ▶ l'impact sur le sol et les effets sur les populations de prairies naturelles en raison de l'épandage de lisier acidifié.
- ▶ C'est pourquoi un suivi scientifique de la première exploitation avec acidification du lisier dans l'étable en Suisse (A. Niederberger, Neuenkirch) est effectué par HAFL 2020-2025
  - ▶ Suivi et documentation de l'installation sur 3 points: fonctionnement de l'installation, sécurité au travail et valorisation du lisier acidifié.
  - ▶ Effets de l'épandage du lisier acidifié sur les organismes du sol (vers de terre, bactéries, champignons), les propriétés chimiques du sol (pH, teneur en soufre et en métaux lourds) et la composition des espèces des prairies naturelles



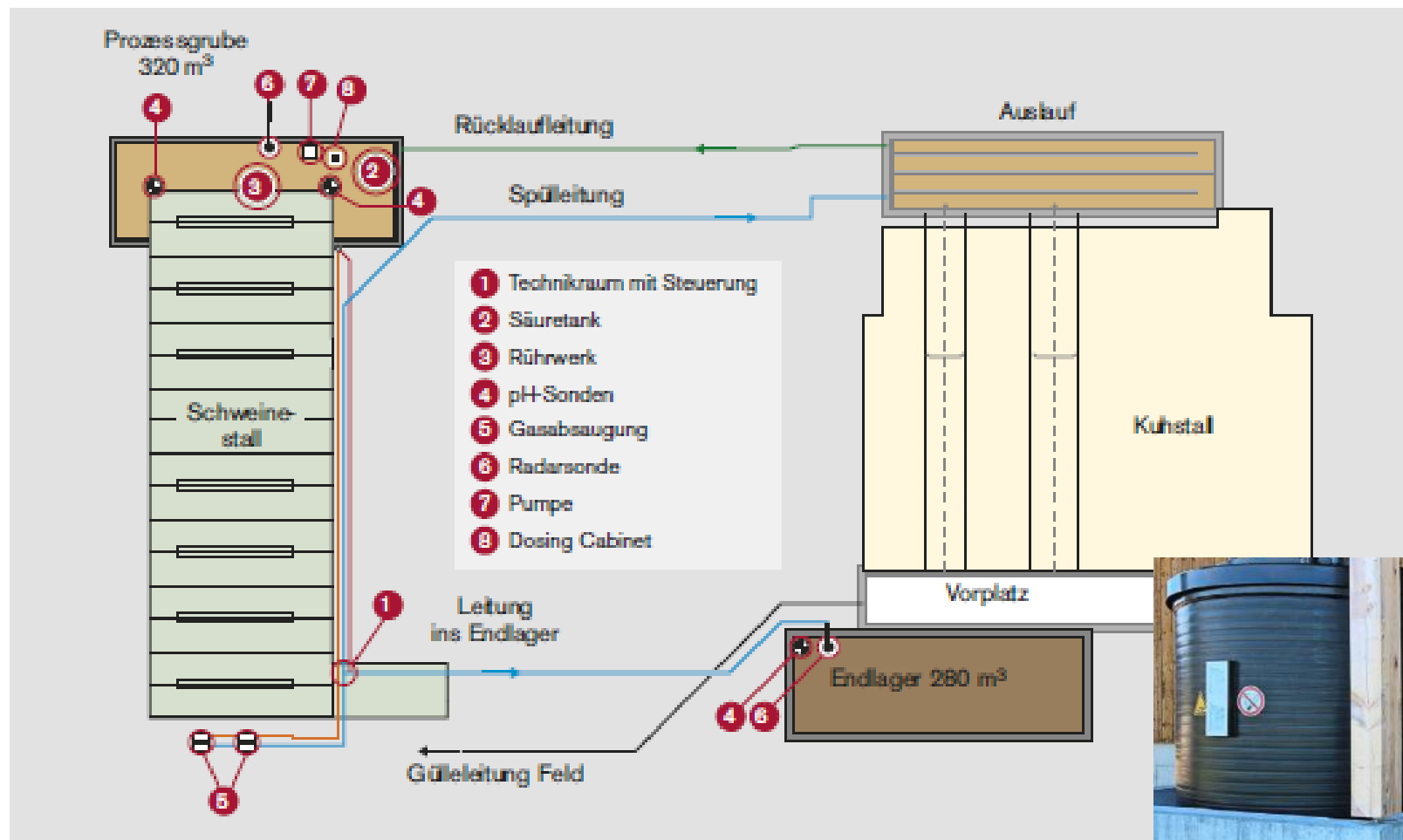
# Introduction

## Connaissances lacunaires sur l'acidification du lisier dans l'étable

- ▶ Le Danemark dispose de >100 installations pour l'acidification du lisier dans l'étable et donc d'une grande expérience
- ▶ Mais, des lacunes restent en ce qui concerne
  - ▶ la formation d'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) dans l'étable en raison de l'apport de soufre avec l'acide sulfurique
  - ▶ l'impact sur le sol et les effets sur les populations de prairies naturelles en raison de l'épandage de lisier acidifié.
- ▶ C'est pourquoi un suivi scientifique de la première exploitation avec acidification du lisier dans l'étable en Suisse (A. Niederberger, Neuenkirch) est effectué par la HAFL 2020-2025
  - ▶ Suivi et documentation de l'installation sur 3 points: **fonctionnement de l'installation, sécurité au travail et valorisation du lisier acidifié**
  - ▶ Effets de l'épandage du lisier acidifié sur les organismes du sol (vers de terre, bactéries, champignons), les propriétés chimiques du sol (pH, teneur en soufre et en métaux lourds) et la composition des espèces des prairies naturelles

# Introduction

## Installation d'acidification du lisier dans l'étable



Source: De l'acide contre les émissions, LANDFREUND, 2/2022

# Introduction

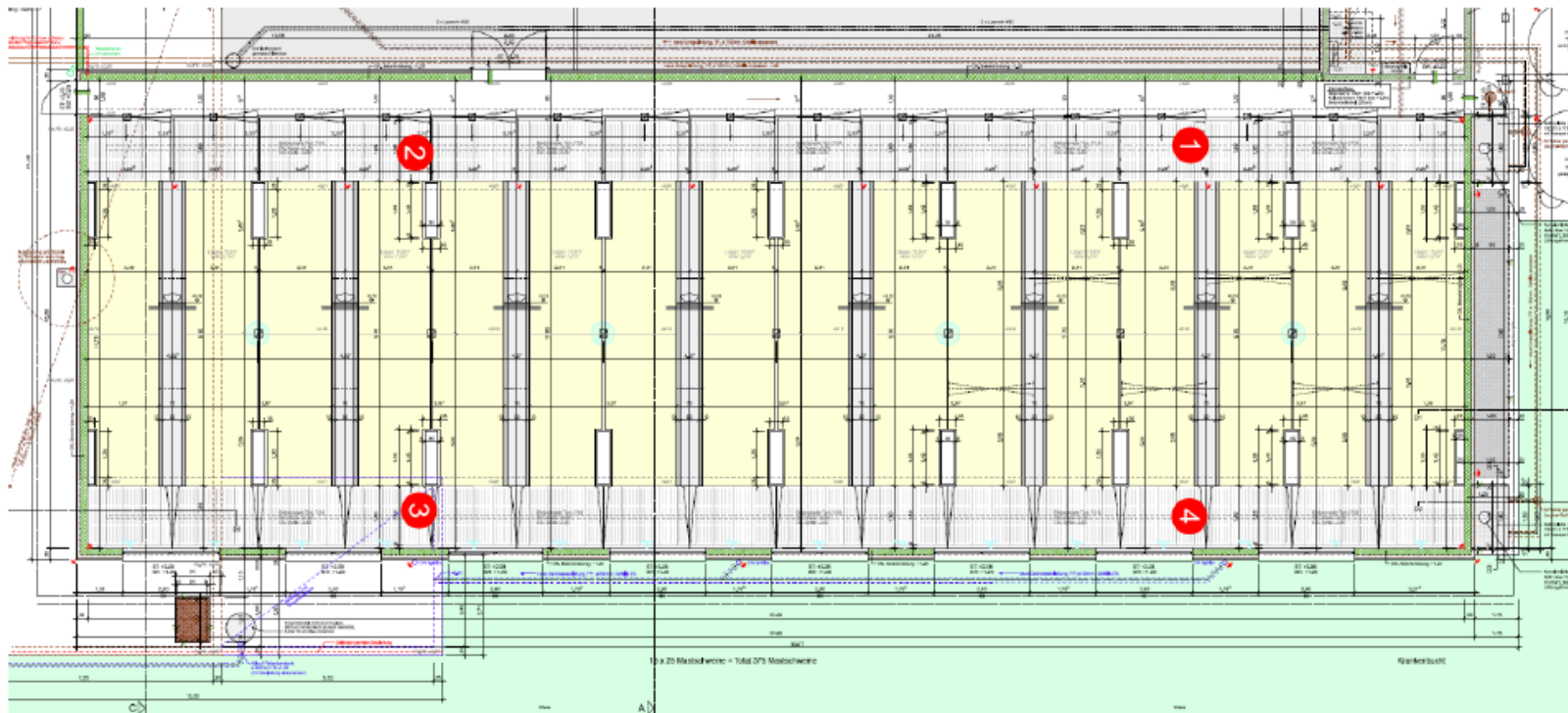
## Installation d'acidification du lisier dans l'étable

- ▶ Ajout d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) à 96% dans le réservoir de traitement situé à l'extérieur de l'étable avec un contenu de  $320 \text{ m}^3$
- ▶ Rinçage des canaux avec le lisier acidifié à un pH de 5,5 à 8h00 et à 16h00 pendant environ 5 minutes
- ▶ Volume d'acide: 15,6 kg de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 96% par  $\text{m}^3$  de lisier



# Matériel et méthode

## Mesure de la concentration de l'hydrogène sulfuré dans l'étable



- ▶ Mesures effectuées par la Suva à 4 points de l'étable, 1 m au-dessus des canaux à lisier
- ▶ 1 campagne de mesure sans acidification du lisier, 3 campagnes de mesure avec acidification du lisier, sur 3 à 8 jours respectivement
- ▶ Capteurs électrochimiques avec plage de mesure de 0,1 - 100 ppm H<sub>2</sub>S

# Résultats

## Concentration de l'hydrogène sulfuré dans l'étable

- ▶ Seuils de H<sub>2</sub>S:
  - ▶ valeur maximale à court terme pendant l'évacuation du fumier selon l'OSAV (2016) et la valeur VME (Suva): 5 ppm
  - ▶ Valeur moyenne d'une mesure de 15 minutes (= VLE calculée sur une courte durée de Suva): 10 ppm
- ▶ Concentrations détectables de H<sub>2</sub>S pendant les opérations de rinçage uniquement
- ▶ En dehors des opérations de rinçage: toujours <0,1 ppm H<sub>2</sub>S
- ▶ Max. 15 min. Moyenne : 4.8 ppm H<sub>2</sub>S avec acidification du lisier
- ▶ Max. 15 min. Moyenne : 20,2 ppm H<sub>2</sub>S sans acidification du lisier
  - ➔ VLE calculée sur une courte durée avec acidification du lisier jamais dépassée
- ▶ Valeurs moyennes des concentrations mesurées
  - ▶ avec acidification du lisier: 0,14 ppm H<sub>2</sub>S
  - ▶ sans acidification du lisier: 1,44 ppm H<sub>2</sub>S

OSAV. 2016. Valeurs et mesure du climat dans les porcheries. Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV.

# Résultats

## Concentration de l'hydrogène sulfuré dans l'étable

| Procédure          | Exploitation<br>A. Niederberger          | Overmeyer et al.<br>(2023) | Pedersen, Albrechtsen<br>(2012) | Riis (2016)<br>Site a | Riis (2016)<br>Site b |
|--------------------|--|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                    | Concentration de H <sub>2</sub> S en ppm |                            |                                 |                       |                       |
| Avec acidification | 0,14                                     | 0,02                       | 0,14                            | 0,32                  | 0,06                  |
| Sans acidification | 1,44                                     | 0,3                        | 0,44                            | 0,76                  | 0,53                  |

- ▶ Causes des faibles concentrations de H<sub>2</sub>S avec l'acidification du lisier:  
→ baisse de l'activité des bactéries sulfato-réductrices à un pH de 5,5 (Eriksen et al., 2012)
- ▶ Valeur moyenne du pH mesurée sur 8 mois dans le réservoir de traitement: environ 5,5
- ▶ Attention: Le prérequis pour une exploitation sûre, à savoir à de faibles concentrations de H<sub>2</sub>S dans l'étable, est l'acidification du lisier dans le réservoir de traitement à l'extérieur de l'étable

### Sources:

- Eriksen, J., Andersen, A.J., Poulsen, H.V., Adamsen, A.P.S., Petersen, S.O. 2012. Sulfur turnover and emissions during storage of cattle slurry: effects of acidification and sulfur addition. *J. Environ. Qual.* 41(5): 1633-1641.
- Overmeyer, V., Trimborn, M., Clemens, J., Hölscher, R., Büscher, W. 2023. Acidification of slurry to reduce ammonia and methane emissions: Deployment of a retrofittable system in fattening pig barns. *J. Environ. Manage.* 331: 117263.
- Pedersen, P., Albrechtsen, K. 2012. JH Forsuringsanlæg i slagtesvinestald med drænet gulv. (Meddelse No. 932). Copenhagen, DK: Videncenter for Svineproduktion.
- Riis, A.L. 2016. VERA Test report Technology: JH Forsuring NH<sub>4</sub>+ Jørgen Hyldgaard Staldservice A/S. Charlottenlund, DK: Danish Agriculture & Food Council Pig Research Centre.

# Résultats

## Valorisation du lisier acidifié

- ▶ En raison de l'ajout de l'acide sulfurique (15,6 kg de  $H_2SO_4$  à 96% par  $m^3$  de lisier), la teneur en soufre du lisier augmente fortement  
→ Hausse d'environ 0,3 g à environ 1,6 g de soufre par litre de lisier
- ▶ Extraction de soufre par les grandes cultures: <20-35 kg de S par ha et par an (exception: colza 80 kg de S par ha et par an)
- ▶ L'année dernière, l'exploitation a produit environ 100 kg de S par ha et par an  
(env. 300  $m^3$  de lisier sont cédés à une autre exploitation)
- ▶ Pour couvrir un besoin moyen en soufre (30 kg de S par ha et par an), la quantité de lisier produite par l'exploitation, soit environ 3200 kg de soufre, devrait être répartie sur environ 100 ha
- ▶ C'est un défi à relever
- ▶ Les exploitations prenantes
  - ▶ ne considèrent pas (encore) le lisier acidifié comme un substitut des engrais minéraux soufrés
  - ▶ sont sceptiques en raison du faible taux de pH dans le lisier

# Résultats

## Valorisation du lisier acidifié

- ▶ L'excès de soufre dans le sol est lessivé sous forme de sulfate (comme pour le nitrate)
- ▶ Le lessivage du sulfate est en principe peu problématique: le sulfate est le deuxième anion le plus fréquent dans l'eau douce après le bicarbonate
- ▶ Toutefois, le lessivage du sulfate
  - ▶ est un gaspillage de ressources (gaspillage de soufre)
  - ▶ cela signifie un risque de gros titres négatifs pour l'agriculture
- ▶ Par conséquent: l'acidification du lisier dans l'étable entraîne une charge supplémentaire pour la valorisation du lisier en vue de l'évacuation du lisier ou de son échange avec des exploitations voisines; ceci au moins pour les exploitations avec peu de grandes cultures

# Bilan

- ▶ En général, les risques liés au lisier acidifié sont plutôt surestimés  
→ Taux de pH du lisier acidifié au moment de l'épandage: 5,5-6,5
- ▶ Valeurs comparatives pour le pH:
  - ▶ Bière: 4,5-5,0
  - ▶ Café: 5,0
  - ▶ Eau de pluie: 5,6
  - ▶ Lait: 6,5
- ▶ Des effets négatifs graves sur le sol et les prairies naturelles sont plutôt peu probables;  
→ des conclusions fiables ne seront toutefois possibles qu'après la fin de l'étude de la HAFL en 2025
- ▶ Cependant:
  - ▶ les propriétés du lisier changent avec l'acidification; son utilisation doit donc être adaptée en conséquence
  - ▶ Limitation des quantités en fonction des besoins des cultures en soufre
  - ▶ Chaulage plus fréquent des sols



# Bilan

- ▶ Volume de soufre avec des engrais minéraux: environ 3000 t de soufre
- ▶ Correspond à environ 9000 t d'acide sulfurique
- ▶ Cela permettrait l'acidification d'environ 600'000 t de lisier dans l'étable; ce qui correspond à la quantité totale de lisier issue d'environ 300 exploitations avec 50 vaches laitières ou 600 porcs (en comparaison, quantité totale de lisier en Suisse: environ 30'000'000 t de lisier)

# Bilan

- ▶ Situation actuelle:
  - ▶ 2 étables avec acidification du lisier sont en exploitation
  - ▶ Quelques-uns sont en cours de planification
- ▶ Important:
  - ▶ Un contrôle de la sécurité au travail (formation d'hydrogène sulfuré, mesures de construction et protection au travail lors de la manipulation d'acide concentré) doit être effectué dans ces exploitations par Agriss/Suva
  - ▶ L'exploitation ne doit jamais effectuer elle-même des travaux de réparation sur l'installation d'acidification; un contrat de service pour la réparation et l'entretien de l'installation par son constructeur est nécessaire
    - ➔ La collaboration fonctionne parfaitement; les services concernés se concertent mutuellement.
  - ▶ Le potentiel des installations d'acidification dans les étables est limité par la quantité de soufre contenue dans l'acide sulfurique, laquelle ne doit pas dépasser les besoins en soufre de la production végétale
  - ▶ L'acide sulfurique utilisé pour l'acidification du lisier et dans les laveurs chimiques devrait complètement remplacer les engrais minéraux contenant du soufre
  - ▶ Il est possible que l'on trouve à l'avenir des alternatives à l'acide sulfurique. Cela permettrait d'élargir l'utilisation de l'acidification du lisier

# Points clés

- ▶ L'acidification du lisier dans l'étable est une méthode très efficace de réduction des émissions d'ammoniac
- ▶ Aucun risque de formation accrue de sulfure d'hydrogène n'est à craindre dans l'étable si l'installation est construite et exploitée correctement.
- ▶ La sécurité du travail est importante: un contrat de service pour la réparation et l'entretien de l'installation par son constructeur est nécessaire
- ▶ Un défi important est celui de l'utilisation correcte du lisier acidifié (limitation de la quantité épandue en fonction des besoins en soufre des cultures)
- ▶ L'acidification du lisier dans les étables est un élément parmi tant d'autres qui contribue à la réduction des émissions d'ammoniac  
→ à condition que les études en cours sur l'impact du lisier acidifié sur le sol et les populations de prairies naturelles ne révèlent pas d'effets négatifs

# Remerciements

- ▶ Financement, OFAG, lawa et uwe Lucerne
- ▶ Coopération en matière de suivi scientifique: Alois Niederberger, Neuenkirch
- ▶ Mesure de l'hydrogène sulfuré dans l'étable: Mathias Juch, Patrick Thali, Suva; Thomas Bachmann, Agriss
- ▶ Fourniture de données: Urs Waltenspül, Arnold & Partner AG, Thomas Steinsberger, Serafin Martig, Station d'essais Flux d'éléments nutritifs de Sursee

