



Un nouveau souffle pour la biofiltration

La biofiltration est un système de traitement de l'air simple, peu coûteux et robuste. Cependant, ce système peine à se développer en milieu agricole, à cause de son importante empreinte au sol. Depuis 2011, un biofiltre est testé à la station de Guernévez. Si le substrat fait à partir de copeaux de bois n'a pas fait ses preuves, le schiste expansé permet de proposer aux éleveurs un système performant pour réduire les émissions d'ammoniac.

Pour répondre aux attentes sociétales et réglementaires, les polluants des porcheries, et notamment l'ammoniac, doivent être réduits. Afin d'être facilement mis en œuvre et contrôlé par l'éleveur lui-même, le processus de traitement de l'air doit être simple, peu coûteux, robuste, aussi compact que possible et efficace. Les biofiltres constituent un compromis présentant l'ensemble de ces qualités. Des tests ont été réalisés à la station de Guernévez avec la collaboration de l'Ecole des Mines de Nantes et de la société Evalor. Cependant, un biofiltre composé de copeaux de bois a montré que ce substrat n'est pas adapté, car trop sec en été et trop humide en hiver. A l'inverse, le schiste expansé est moins sensible aux conditions climatiques. Les premiers résultats montrent un abattement de l'ammoniac de 60 % en moyenne.

Dimensionner le biofiltre à l'aide d'un pilote

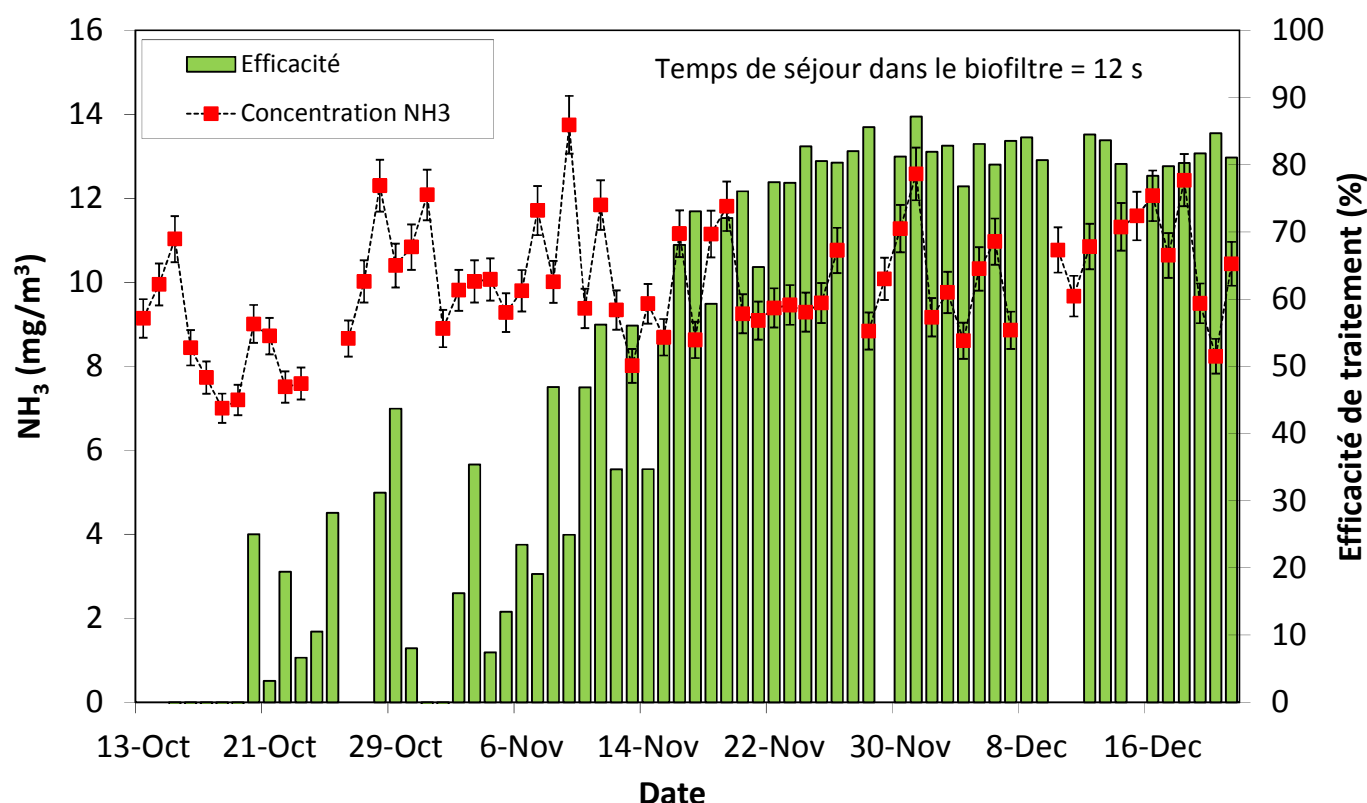
L'objectif est de mettre au point un système de traitement de l'air des porcheries efficace qui nécessite le moins de surface possible. Pour dimensionner le biofiltre, des tests ont été réalisés sur un pilote. Ce biofiltre de petite taille mesurait 1,5 mètres de hauteur pour une section carrée de 45 cm sur 45 cm. Il a été rempli de copeaux de bois sur une hauteur de 50 cm. Le lit de copeaux de bois a été inoculé par des boues activées issues de stations de traitement d'eaux usées. Cela permet de favoriser le développement des micro-organismes autour des copeaux. Le tissu de micro-organisme qui se développe à la surface des copeaux est appelé le biofilm.



Le pilote biofiltre a montré une réduction de plus de 80 % des émissions d'ammoniac.

C'est le temps de passage de l'air à travers le biofiltre qui détermine le dimensionnement du biofiltre. Il doit être suffisant pour obtenir de bonnes performances d'abattement d'ammoniac. Cependant, plus le temps de passage est long, plus la surface du biofiltre est importante...

L'abattement de l'ammoniac a été mesuré sur le pilote en 2012 et 2013, sur six bandes. Un temps de passage de l'air de 12 secondes à travers le biofiltre permettait d'obtenir des taux d'abattement d'ammoniac de 80 à 90 %. Les tests ont également montré la nécessité d'une phase de pulvérisation du garnissage. Celle-ci assure le développement d'un biofiltre à grande échelle, en empêchant l'assèchement du biofilm.



Le biofilm qui permet l'abattement de l'ammoniac met environ un mois à se mettre en place.

Les copeaux de bois, un type de substrat non adapté

Suite aux résultats des tests sur le pilote, le biofiltre grandeur nature a été mis en place en novembre 2013 à l'aide d'Evalor. Ce filtre a une hauteur de 1,7 m et une section de 3 m x 1,5 m. Il est modulable afin de permettre de pouvoir réaliser des tests. Nous n'utiliserons pas la totalité de la surface de biofiltration dans notre premier test :. Pour avoir un temps de passage de 12 secondes avec un débit moyen de 50 $\text{m}^3/\text{h}/\text{porc}$, 3 m^3 de copeaux ont été déposés dans le biofiltre (sur une section de 1,5 m x 1,5 m) etensemencés par 200 L de boues. La surface nécessaire est donc de 0,17 m^2 par porc.



Le biofiltre grandeur nature a été garni de 3m³ de copeaux de bois

Une année de mesure en 2014 (3 bandes) a montré que le copeaux de bois n'était pas un substrat adapté pour obtenir des performances constantes de réduction des émissions d'ammoniac. En effet, si les résultats lors du suivi de la première bande ont montré un abattement de l'ammoniac par le biofiltre de l'ordre de 50 %, cet efficacité a été réduite jusqu'à être inexistante lors du suivi de la troisième bande. Les copeaux étaient trop humides en hiver et trop secs en été.

Par ailleurs, lorsque l'ammoniac est traité par le biofiltre, on observe une augmentation de production de protoxyde d'azote (N₂O - gaz à effet de serre). En effet, il semble qu'une partie de l'ammoniac traité se convertisse en N₂O. L'arrêt du traitement de l'ammoniac par le biofiltre s'accompagne également d'une augmentation des concentrations en méthane en sortie de biofiltre. Cela peut être lié à un colmatage au sein du biofiltre engendrant la mise en place d'un milieu anaérobie favorisant la production de méthane.

Le schiste : une solution durable et efficace

En juin 2015, le biofiltre a été rempli de 4,5 m³ schiste expansé () sur une hauteur de 50 cm. Le substrat a étéensemencé avec 220 litres de boues de station d'épuration. Les résultats, en cours d'analyse, sont prometteurs avec une réduction constante des émissions d'ammoniac et pas de problème lié à l'humidité du substrat.



Remplissage du biofiltre par du schiste expansé

Le principe de la biofiltration

L'action du biofiltre, équipement qui effectue le traitement biologique, repose sur l'accumulation des matières en suspension dans l'air et leur transformation à travers un matériel filtrant d'origine naturelle. Ce matériel, appelé support organique, peut être constitué de copeaux de bois, de schiste expansé, d'écorces d'arbre, de tourbe, de compost, de paille, de fibres de noix de coco ou, encore, de racines. Les biofiltres présentent l'avantage principal d'être peu sélectifs vis-à-vis des effluents à traiter permettant ainsi abattre des gaz acides et basiques dans le même appareil et des gaz à effet de serre tels que le méthane ou le dioxyde de carbone.

Le support peut êtreensemencé ou non, le développement microbien se faisant naturellement. Le taux d'humidité est maintenu constant par humidification préalable ou par arrosage intermittent. L'action biologique des microorganismes repose sur leur capacité à utiliser les molécules organiques et minérales pour la réalisation de leur métabolisme en aérobiose. Il est important d'apporter de l'eau, une source de carbone et d'azote et de l'énergie. Les ambiances de porcheries apparaissent comme particulièrement adéquates à la mise en place de biofiltres et, afin de profiter des conditions de température et d'humidité dans l'élevage, on peut suggérer de placer le biofiltre en sortie de ventilation après passage au-dessus des préfosse à lisier.

*Solène LAGADEC / Eric DUMONT / Christophe LELOUARN
Chambres d'agriculture de Bretagne / Ecole des Mines de Nantes / EVALOR
solene.lagadec@bretagne.chambagri.fr*



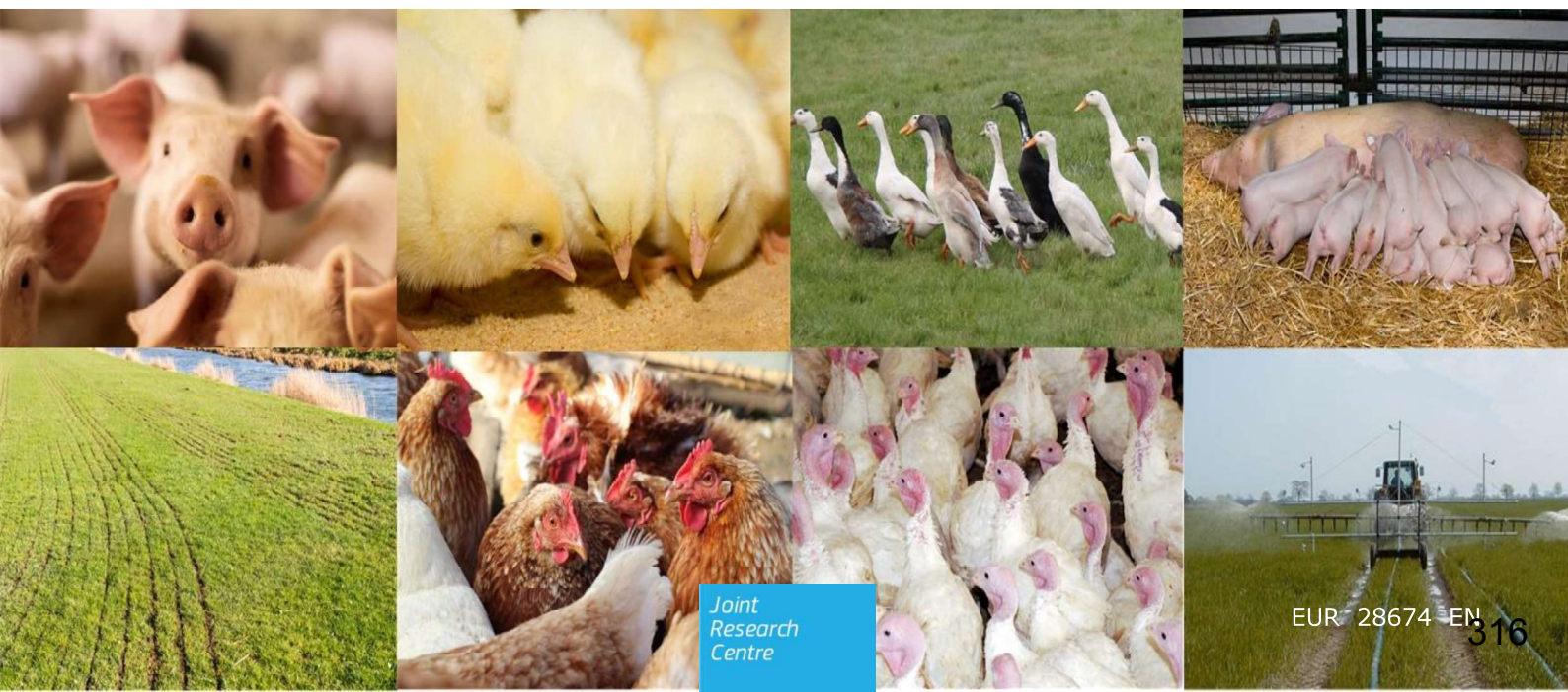
JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs

*Industrial Emissions Directive
2010/75/EU
(Integrated Pollution Prevention
and Control)*

Germán Giner Santonja, Konstantinos Georgitzikis,
Bianca Maria Scalet, Paolo Montobbio,
Serge Roudier, Luis Delgado Sancho

2017



4.9.5 Biofilter

Description

The exhaust air of the animal house is led through a filter bed of organic material, such as root wood or wood chips, coarse bark, compost or peat. These materials are generally arranged in layers, i.e. the filter bed consists of coarse material on the untreated exhaust air side and finer material on the clean air side. Fine-grained filter materials have a relatively large specific surface area that facilitates mass transfer but, on the other hand, causes higher pressure losses.

The filter material is kept sufficiently moist at all times, so that microorganism populations can form a film. This is achieved by either humidifying the exhaust air to a relative humidity of at least 95 % and/or by controlled intermittent sprinkling of the surface of the filter material. Moistening of the entire filter surface is required in order not to compromise performance, even if the air entering is saturated; in particular in summer and in open surface filters, it is necessary to compensate for evaporation losses. Gaseous compounds are absorbed by the moisture film of the biofilter material and are oxidised or degraded by microorganisms living on the moisturised filter material.

Achieved environmental benefits

Biofilters are mainly used to eliminate odours arising from houses with no bedding material. They can also be used in litterless housing for dust separation, if coarsely structured filter material (which does not tend to clog) is used at least on the crude gas side.

Ammonia is also degraded in biofilters, but the possible cross-media effects need to be taken into account. This aspect, together with the unknown decline of the performance over time, makes the ammonia removal efficiency of biofilters controversial.

Cross-media effects

The system involves an extra pressure drop of roughly 30–150 Pa [514, KTBL 2008], which depends on the filter surface load, the type and height of the filter material and its age. Ventilating fans must be able to overcome the added resistance; therefore, additional energy consumption is required for ventilation. The water consumed for moistening the substrate is reported to be in the range of 5–7 litres per 1 000 m³ of exhaust air.

The system is not suitable as a sole process for ammonia reduction from exhaust air from livestock houses with a high ammonia load. Due to the separation of ammonia, the microbial activity is influenced and the pH value is significantly lowered (no adjustments are possible), while the formed salts cannot be removed. Finally, secondary trace gases are formed, such as nitrous oxides and N₂O, which risk the functionality of the whole system.

If the bed scrubber filter material consists of peat, a significant emission of greenhouse gases (GHG) would be associated with the peat mining process, while GHG emissions from the farm system itself may become significant due to the potential formation of N₂O.

Environmental performance and operational data

Biofilters function properly if:

- the pollutants to be treated are water-soluble and biodegradable;
- the residence time of the exhaust air to be cleaned is long enough that the odorants can be separated and degraded by microorganisms without these components or reaction products accumulating in the biofilter material;
- the operating conditions guarantee a sufficient supply of oxygen, water and nutrients to the microorganisms at temperatures of 10 °C to 35 °C [514, KTBL 2008].

Chapter 4

A capacity of 440 m³/h of exhaust air per m² of filter surface has been reported. Based on this value and knowing the airflow rate that has to be treated, the dimensions for a filter module can be estimated. The thickness of the active filter layer is normally between 0.3 m and 1.4 m, depending on the material (for coarser materials a large bed height is necessary), whereas the residence (contact) time ranges from 4 seconds to 20 seconds depending on the filter height and surface load. Upscaling or downscaling of the treatment capacity, due to the modular design, is possible.

The sprinkling of the filter with fresh water (approximately 5–7 litres of water/1 000 m³ of outgoing air, achieving a 60–70 % material moisture) is automatically controlled on the basis of the airflow volume. The filter is moistened from the surface by two nozzles per filter module.

The resource demand for operating a biofilter with a capacity of 255 000 m³/h exhaust air volume, corresponding to an animal house of 3 000 animal places for fattening pigs, is reported in Table 4.144. About 21 kWh/animal place per year of energy is needed for pressure compensation in the ventilation system. Furthermore, 1.53 m³/animal place per year of water consumption is necessary.

Table 4.144: Annual resources demand for the operation of a biofilter, in Germany

| Resource | Unit | Consumption (per 1 000 m ³ /h capacity) (¹) | Average annual consumption for 255 000 m ³ /h of capacity |
|---|--------------------|---|--|
| Energy – Operation of the air cleaning system | kWh/yr | 3.3 | 840 |
| Energy – Additional consumption for ventilation | kWh/yr | 250 (220–280) | 63 400 |
| Fresh water | m ³ /yr | 18 (14–22.5) | 4 600 |
| Labour | h/yr | 0.35–0.40 | 90 |
| NB: NA = not applicable. Source: [120, Germany 2010] | | | |

As for all air cleaning systems, the odour removal efficiency depends on the crude gas concentration and is reported to be from 84 % to 97 % [120, Germany 2010]. The minimum requirement for odour reduction of air cleaning systems applied in Germany is defined as an odour concentration in the clean gas not exceeding 300 ou_E/m³ and no typical process odours (e.g. animal house odour) are perceptible in the clean gas. Biofilters achieving a removal efficiency for odour of over 70 % have only been verified in pig housing [514, KTBL 2008].

The dust abatement efficiency is reported to be from 80 % to 100 % [120, Germany 2010] [644, Netherlands 2014]. Measurements of the finest dust fraction, PM_{2.5}, indicate an abatement efficiency of 63 % [515, UR Wageningen 2010].

In Germany, the application of biofilters for ammonia reduction is not recommended, but, at the same time, it is acknowledged that a biofilter can also be operated as an ammonia abatement technique under certain conditions (e.g. in combination with a water curtain) and if carefully operated (comparable to the requirements for bioscrubbers) [500, IRPP TWG 2011]. The ammonia abatement efficiency is reported to be over 70 % [516, TÜV 2009] and up to 89 %, but it is not clear whether the removal efficiency can stay high over time due to the secondary effects previously described (see 'Cross-media effects') [515, UR Wageningen 2010] [500, IRPP TWG 2011].

In order not to undermine the removal capacity of the bed, regular replacement of the biofilter packing is necessary. Pretreating the air in order to remove the main part of the ammonia load before it enters the biofilter minimises the formation of nitrite/nitrate salts and allows a much

longer packing lifespan and thus reduces refilling costs [568, Melse et al. 2010]. Used biofilter materials are applied to land. No additional waste water is produced.

Technical considerations relevant to applicability

Biofilters are mainly used in houses with no bedding material (slurry-based plants). As the filter area requirement is approximately 0.2–0.25 m² per animal place, a sufficient area must exist outside the facilities to accommodate the filter packages.

The implementation in existing houses with forced ventilation must be planned with the adaptation of exhaust air ducts and with significant additional requirements for ventilation, making biofilters in practice only applicable where a centralised ventilation system is used.

Economics

Data are given for a capacity of 255 000 m³/h exhaust air volume, equivalent to 3 000 fattening pig places. A total annual cost of between EUR 11.60/ap and EUR 13.10/ap results from the amortisation (20 years for construction and 4 % interest rate) of the investment requirements (EUR 59–64/ap, annualised investment costs from EUR 6.5/ap to EUR 6.8/ap) added to annual operating costs of EUR 5.10–6.30 per animal place.

Driving force for implementation

Local high emission loads or insufficient spatial distances from odour-sensitive receptors are drivers.

Example plants

At least 267 German farms are using this technique [505, Hahne J. 2011].

Reference literature

[52, BE Flanders 2010] [120, Germany 2010] [500, IRPP TWG 2011] [514, KTBL 2008] [515, UR Wageningen 2010] [516, TÜV 2009] [568, Melse et al. 2010] [644, Netherlands 2014]

4.9.6 Multi-stage scrubber

Multi-stage air cleaning system clean exhaust air from forced ventilation livestock buildings that usually comprise two or three stages that work on different principles, e.g. acid scrubber to remove ammonia and a biofilter to remove odour. As a consequence, theoretically, there are many possible combinations. At least 438 German farms are using techniques of this type [505, Hahne J. 2011]. There are several two- and three-stage exhaust air treatment techniques, which can differ substantially each other. The following descriptions are limited to a two-stage acid scrubber with a downstream bioscrubber and a three-stage installation with a water scrubber and acid scrubber as well as a downstream biofilter.

4.9.6.1 Two-stage scrubber: wet acid scrubber combined with bioscrubber

Description

The air cleaning system consists of two stages in series: a chemical scrubber and a bioscrubber. The first stage is an acid scrubber to separate ammonia and dust (see Section 4.9.4). It consists of filter beds made of synthetic polymer fibres arranged in parallel with a high water storage capacity, followed by a drip separator. The filter beds are intermittently sprinkled with acidified water. Ammonia reacts with sulphuric acid, forming ammonium sulphate. With the aid of a controlled acid metering system, the pH value of the scrubbing water of the chemical stage is kept within a certain range (e.g. at a level of 1.5). When the pH value reaches a higher level (e.g. 4) due to ammonia absorption, acid is added until the pH value is reduced again. This cycle repeats itself a fixed number of times (e.g. five times). If again a high pH value has been achieved, complete blowdown takes place. Afterwards, the water storage tank is refilled with