

Traitement des effluents porcins



**Guide Pratique
des Procédés**

Pascal LEVASSEUR

INTRODUCTION

Selon le Recensement Agricole 2000 (Agreste 2002), la Bretagne représentait 55 % des effectifs nationaux porcins, 66 % avec les Pays de la Loire. Par ailleurs, l'enquête du Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques (SCEES, 2001) a montré que 94 % des places d'engraissement et 85 % des places de truies en gestation étaient sur caillebotis. La concentration de ce mode d'élevage a ainsi engendré localement des excédents d'azote et de phosphore sous forme de lisier.

Afin de lutter contre la pollution azotée d'origine agricole, la directive européenne 91/676 CE a imposé la détermination de zones vulnérables lorsque les teneurs en nitrates de l'eau risquaient de dépasser le seuil de potabilité fixé à 50 mg/l. Des programmes d'action sont menés dans ces zones afin de réduire les concentrations à des niveaux plus acceptables. Ils comprennent des mesures obligatoires telles que l'équilibre de la fertilisation azotée et la limitation à 170 kg/ha/an des quantités d'azote organique épandues. Depuis 1994, l'ensemble de la Bretagne est classée en zone vulnérable.

Les actions de la directive nitrate sont renforcées dans les Zones dites en Excédent Structurel (ZES). Il s'agit des cantons dont la production annuelle d'azote provenant

des effluents d'élevage est supérieure à 170 kg par hectare de surface épandable. 71 cantons bretons ont été initialement classés en ZES, leur nombre est passé à 104 en août 2002. Le programme de résorption des excédents azotés dans ces cantons impose aux éleveurs produisant, selon le cas, plus de 12 500, 15 000, 17 500 ou 20 000 kg d'azote, à traiter leur effluents d'élevage. Le seuil d'obligation de traitement est spécifique à chacun des cantons situés en ZES. Selon le Recensement Agricole 2000, 1700 élevages seraient soumis à cette obligation de traitement dont 600 pour une production supérieure à 20 000 kg N/an.

Actuellement, de nombreux éleveurs doivent encore faire le choix d'un procédé de traitement de leurs excédents azotés. Pour éclairer un choix de procédé pléthorique et très évolutif, l'Institut Technique du Porc propose cette nouvelle brochure sur les traitements des lisiers (précédente version publiée en 1999). En effet de nouveaux procédés ont fait leur apparition alors que d'autres ne sont plus commercialisés. Un chapitre est désormais consacré à la séparation de phases car celle-ci peut contribuer à la résorption de l'azote et du phosphore via le transfert hors plan d'épandage d'une fraction solide partiellement déshydratée.

SOMMAIRE

Classification des procédés de traitement 4

Critères de choix d'un procédé de traitement 4

La séparation de phases 7

- Généralités 7
- Décantation gravitaire 9
 - Norée
 - Renou
 - Société Nouvelle Maison Bleue
 - Wolf
- Tamis statique et vibrant 10
 - Filtralyse (Le Caignard)
 - Tamiseuse (Chauvin S.A.)
- Vis compacteuse 11
 - Bauer (Chicoine)
 - Fan
 - Filtramat (Asserva)
 - Flygt
 - Spiralis (Sanitec-Ocène)
- Tamis centrifuge 12
 - Demoisy
- Filtre à toile 13
 - AVDA (1^{ère} étape)
 - Sep Tec (Cavac)
 - Skimmat (Dénitral)
 - Teknofanghi (P.H.R.)
- Décanteuse centrifuge 14
 - Alpha Laval
 - Andritz
 - Bargam
 - Gennaretti
 - Pieralisi
 - Westfalia
- Filtre presse 15
 - Ecoliz[®]
- Micro et nanofiltration, osmose inverse 16
 - Lisa

Les traitements biologiques 17

- Généralités 17
- Lagunage 18
- Nitrification-dénitrification par boue activée sans séparation de phases 19
 - BioArmor
 - Carbofil[®]
 - Dénitral
 - Porfilise
 - Valétec

- Nitrification-dénitrification par boue activée avec séparation de phases	20
• Bio Armor Environnement	
• Carbofil®	
• Dénitral	
• GTIE-Synertec	
• Porfilise	
• Valétec	
- Nitrification-dénitrification par des champignons filamenteux	21
• Biodésys	
• Humicolae	
- Nitrification-dénitrification par percolation sur biofiltre	22
• Eurobiosor™	
- Compostage de lisier sur paille	23
• Méthode Guernevez	
• Isater	
- Compostage de lisier sur déchets verts	24
• Natural	
- Méthanisation	25

Les procédés physico-chimiques **27**

- Généralités	27
- Concentration de N par stripping et précipitation du phosphore	28
• Balcopure®	
- Combustion catalytique de l'azote	29
• Smelox™	
- Concentration de N et P par coagulation-floculation-filtration	30
• AVDA	
- Déshydratation du lisier sur disques raclés	31
• MAE	
- Déshydratation du lisier par la réutilisation de l'air des porcheries	32
• Innova	
- Déshydratation par évaporation/condensation et concentration	33
• Evaflo	

Bilan matière des principales filières de traitement biologique et physico-chimique **34**

Adresses **35**





Références bibliographiques **36**

CLASSIFICATION DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT


Les procédés de traitement font principalement appel à trois mécanismes d'action : physique, biologique et/ou chimique. Les constructeurs proposent généralement de nombreuses combinaisons pour s'adapter aux besoins des éleveurs. Nous avons donc choisi de classer les procédés selon leur fonction de base. Ainsi nous traiterons en premier lieu de **la séparation de phases**. Il s'agit d'équipements permettant de retenir les fractions azotée et phosphorée sous forme particulaire. La concentration du phosphore dans une fraction solide destinée à être exportée constitue d'ailleurs la seule possibilité pour traiter cet élément. Ces dispositifs peuvent être utilisés seuls ou en pré-traitement selon les besoins de l'exploitation. Nous aborderons ensuite **les procédés biologiques**. Ils sont largement dominants dans le domaine du traitement des lisiers de porc puisqu'ils représentent plus de 90 % des unités en fonctionnement et du lisier à traiter. Enfin, nous aborderons **les procédés physico-chimiques** qui peuvent faire appel à des technologies complexes et très variées, telles que séchage, précipitation, floculation, stripping...





Pour chaque procédé de traitement, une signalétique permet de visualiser rapidement le coût d'investissement et de fonctionnement, la complexité de la maintenance, le temps de main d'œuvre et le taux d'abattement en azote et en phosphore. Lorsque les informations sont insuffisantes, nous avons porté la mention NC (Non Connues). Il est à noter que ces données sont plus précises pour le traitement biologique par boue activée, compte tenu du nombre de stations fonctionnant sur ce principe, que pour les autres procédés.

Les coûts d'investissement sont donnés hors subvention. Pour la séparation de phases, il s'agit de l'amortissement sur 7 ans d'un matériel neuf, frais financiers inclus au taux de 6 %. Pour les traitements biologiques et physico-chimiques, la bibliographie propose généralement (ce que nous avons retenu également) des coûts avec frais financiers au taux de 6 à 6,5 %. La durée de l'amortissement est généralement établie pour une durée de 12 à 15 ans pour le génie civil et 7 ans pour le matériel. Les coûts obtenus selon les différentes sources d'information peuvent toutefois varier en fonction de la quantité de lisier à traiter, du choix des équipements,... Les prix sont donnés en euros par m³ de lisier traité. **Néanmoins, selon la problématique de l'élevage, il est important de ramener ces coûts à l'unité d'azote et de phosphore traitée** et à la qualité des co-produits de traitement obtenue, notamment de ceux destinés à être exportés du plan d'épandage.

	moins de 1 €/m ³
	de 1 à 5 €/m ³
	de 5 à 9 €/m ³
	plus de 9 €/m ³

Les coûts de fonctionnement comprennent les frais de consommation d'électricité et de réactif lorsqu'ils sont

nécessaires, ceux de main d'œuvre, de maintenance, d'auto-surveillance et d'épandage des co-produits de traitement. A noter pour ce dernier point que l'économie de l'épandage de lisier serait à déduire du coût global. L'échelle de valeur pour les symboles  est la même que celle retenue pour les coûts d'investissement (intervalles de 0-1, 1-5, 5-9 et plus de 9 €/m³).

Selon leur niveau de complexité, **la maintenance** des procédés de traitement est plus ou moins accessible aux éleveurs. La complexité de la technologie mise en œuvre sera indiquée par la signalétique . Un seul symbole signifie que l'éleveur peut aisément l'entretenir sans formation particulière,  : réparation aisée mais avec une formation préalable,  : maintenance particulièrement technique,  : suivi et maintenance nécessitant obligatoirement l'intervention d'un technicien spécialisé. La plupart des constructeurs proposent maintenant des contrats de maintenance « à la carte » qui peuvent aller jusqu'à la télésurveillance journalière, libérant ainsi l'éleveur de cette contrainte. Le coût de ce service reste difficile à déterminer puisque certains constructeurs prennent en charge une partie de ce coût sur la ou les premières années de fonctionnement de la station de traitement.

Le temps de main d'œuvre pour gérer une unité de traitement est également à prendre en compte. Il inclut le suivi journalier, la maintenance (opérations de base), le temps nécessaire à la réalisation de l'auto-surveillance et la gestion des co-produits de traitement. L'éleveur a toujours la possibilité de faire appel à un prestataire de service spécifique pour chacune des opérations mais cela augmente évidemment les coûts de fonctionnement.

Les taux d'abattement de l'azote et du phosphore reconus par l'agence de l'eau Loire-Bretagne seront indiqués prioritairement. Le cas échéant, il s'agira de valeurs fournies par la littérature. L'abattement peut être obtenu par volatilisation (azote uniquement) et/ou par concentration dans une phase solide exportable après compostage (azote et phosphore).

CRITÈRES DE CHOIX D'UN PROCÉDÉ DE TRAITEMENT

Compte tenu de son coût, le traitement des lisiers n'est à envisager qu'en dernier recours. Toutefois, lorsque l'éleveur aura exploité toutes les solutions alternatives (optimisation du plan d'épandage, réduction des rejets à la source...), il devra choisir le procédé de traitement le plus approprié à son exploitation. Outre la validation du procédé qui conditionne l'accès aux subventions, le niveau d'excédent en azote et en phosphore relativement à la taille de l'élevage constitue souvent l'un des premiers critères de décision. D'autres considérations que nous mentionnerons par la suite peuvent faire infléchir ce choix.

• Validation du procédé de traitement

L'acquisition d'un procédé de traitement peut être partiellement subventionnée par des aides publiques (Agence

de l'eau, Conseil Régional, Conseils Généraux, certains fonds européens). Pour des élevages produisant annuellement plus et moins de 20 000 kg d'azote, le taux maximal d'aide sera respectivement de 30 et 60 % de sa valeur hors taxes. L'attribution de subventions par l'agence de l'eau Loire-Bretagne nécessite que cette dernière l'ait préalablement validé.

• Niveau d'excédent en azote et phosphore

Les procédés, selon leur technologie, sont adaptés à

certains niveaux d'excédent. Ainsi, le traitement biologique par boue activée avec séparation de phases et les unités fixes de traitement physico-chimique, compte tenu de l'investissement initial, sont plutôt à réserver à de gros excédents d'azote et/ou de phosphore. Inversement, le compostage (en version individuelle) et les unités mobiles de traitement correspondent bien à des excédents faibles ou moyens. Le tableau suivant donne, à titre indicatif, quelques règles de décision.

Taille de l'élevage ⁽¹⁻²⁾	Proportion d'azote à détruire/exporter	Procédés envisageables ⁽²⁾	Observations
Moins de 100 truies NE	Moins de 30 %	SP en prestation de service T. physico-chimique mobile Lagunage Compostage méthode Guernevez	Avec exportation du refus En prestation de service Sauf Bretagne
	De 30 à 70%	Compostage méthode Guernevez Biodésys T. physico-chimique mobile	Exportation d'une partie du compost si besoin Exportation d'une partie des boues si besoin En prestation de service
	70 % et plus	Compostage méthode Guernevez T. physico-chimique mobile	Avec exportation du compost Avec exportation du refus de séparation
De 100 à 250 truies NE	Moins de 30 %	SP fixe type décanteuse centrif. Lagunage Compostage (Isater, Natural) T. physico-chimique mobile Biodésys, Humicolae	Avec exportation du refus Uniquement hors Bretagne et si surface suffisante Uniquement sur une partie du lisier Pour des excédents de 10 à 20 %, en prestation Uniquement sur une partie du lisier
	De 30 à 70%	Compostage Isater (version automatisée) et Natural Biodésys, Humicolae Ph.- chimique (semi)collectif fixe	Exportation d'une partie du compost si besoin Exportation d'une partie des boues si besoin
	70 et plus %	Compostage Isater (version automatisée) et Natural Ph.- chimique (semi)collectif fixe N/D par boue activée simplifiée	Avec exportation du compost Avec exportation du refus de séparation
Plus de 250 truies NE	Moins de 30 %	SP fixe type décanteuse centrif. Humicolae Ph.- chimique (semi)collectif fixe	Exportation du refus
	De 30 à 70%	N/D par boue activée Eurobiosor Natural en unité collective Humicolae Ph.- chimique (semi)collectif fixe	Ne traiter qu'une partie du lisier Exportation d'une partie du compost si besoin
	70 et plus %	N/D par boue activée avec SP Eurobiosor Innova Traitements physico-chimiques en version individuelle fixe	A partir de 8 - 10 000 m ³ de lisier traité/an

⁽¹⁾ 100 truies NE ≈ 2000 m³ de lisier et 8200 kg d'azote
250 truies NE ≈ 5000 m³ de lisier et 20500 kg d'azote

⁽²⁾ Abréviations : NE : naisseur-engraisseur - N/D : nitrification/dénitrification - SP : séparation de phases.

Concernant le phosphore, pratiquement tous les procédés de traitement s'accompagnent d'une solution pour l'exporter sous la forme d'un co-produit solide. Il semble aussi important de considérer les conditions de reprise de ce co-produit qui peuvent être proposées par le prestataire, que les performances d'extraction du procédé lui-même.

Station individuelle ou collective

Lorsqu'il est possible, le traitement collectif permet de mutualiser les coûts. Toutefois, les élevages ne doivent pas être trop distants les uns des autres compte tenu du coût du transport du lisier. Cette solution pose ensuite la difficulté du choix de l'emplacement de l'unité de traitement, du départ (volontaire ou non) d'un associé ; enfin, de l'acceptation sociale notamment si sa dimension est importante ou le nombre d'éleveurs impliqués élevé (plus de 10 éleveurs)... Dans les faits, moins de 10 % des unités de traitement sont (semi)collectives. Il semble probable qu'à l'avenir, les élevages ayant de faibles excédents y recourent davantage, notamment sous forme d'unités mobiles.

Type de co-produits à gérer sur l'exploitation

Avant traitement, l'éleveur n'a que du lisier, ou plus rarement du fumier, à épandre. Après traitement, il doit gérer parfois 3 voire 4 produits différents. Certains d'entre eux présentent l'avantage d'avoir un coût de stockage et d'épandage inférieur au lisier (eau résiduaire) ou d'être peu volumineux relativement à leur teneur en éléments fertilisants (compost, poudre de lisier, issues de séparation de phases). En tout état de cause, l'éleveur devra rester vigilant quant à la valeur agronomique de ces nouveaux produits afin d'éviter une sous ou une surfertilisation. Enfin il peut faire le choix d'exporter tout ou partie de ces co-produits de traitement pour ne plus avoir à s'en préoccuper sur son plan d'épandage. Dans ce cas, le procédé doit être capable de les déshydrater partiellement afin de rendre leur transport économiquement acceptable.

Adaptabilité du procédé de traitement

Selon les contraintes propres de l'exploitation porcine, l'éleveur peut souhaiter une souplesse d'adaptation du

procédé de traitement aux variations de volume à traiter. Le procédé doit également être adaptable à l'évolution de la réglementation sur l'hygiénisation des co-produits de traitement et sur la gestion du phosphore, des éléments traces métalliques et du potassium.

Pérennité des filières de reprise des co-produits

La concentration du phosphore dans une fraction solide destinée à être exportée constitue une obligation pour de nombreux élevages de porc. Il est préférable que l'éleveur s'appuie sur une structure spécialisée pour exporter ses co-produits, compte tenu de la difficulté à assurer des débouchés. Le constructeur ou le distributeur du procédé de traitement doit pouvoir proposer une filière de reprise des co-produits solides. Il semble probable que le prix de vente de ces matières fertilisantes reste inférieur aux coûts de transformation, d'acheminement et de commercialisation. La mise en marché devrait encore représenter un surcoût pour l'éleveur.

Indépendance par rapport à la technicité mise en oeuvre

L'utilisation et la maintenance de certains procédés de traitement particulièrement complexes requièrent l'intervention d'un spécialiste. Selon ses choix personnels, l'éleveur pourra décider de s'en remettre volontiers au constructeur/distributeur, estimant plus efficace d'externaliser cette fonction, ou au contraire conserver une indépendance sur le plan technique et commercial.

Après avoir sélectionné un procédé selon son aptitude à répondre à ces différents objectifs, l'éleveur devra établir des devis et analyser les conséquences économiques de la mise en place de cet investissement dans son exploitation.

La séparation de phases

Le marché propose de nombreux séparateurs de phases liquide/solide faisant appel à des mécanismes essentiellement physiques (filtration, centrifugation, décantation, flottation) associés ou non à un prétraitement chimique de coagulation/floculation. Dans ce chapitre, nous étudierons uniquement les principaux équipements ayant fait leur preuve ou pouvant présenter un intérêt dans le traitement des lisiers de porc.

LES FONCTIONS D'UN SÉPARATEUR DE PHASES

• Améliorer la gestion des effluents d'élevage ou en pré-traitement

La décantation gravitaire (p. 9), les tamis statiques, vibrants (p. 10), centrifuges (p. 12) et les vis compacteuses (p. 11) sont destinés à améliorer la gestion des effluents d'élevage. Ils limitent le comblement de lagunes ou de fosses de stockage. Après compostage, la fraction solide peut être épandue sur certaines zones inaptées à recevoir du lisier brut. Le liquide obtenu après décantation ou tamisage peut être épandu par un enrouleur et une rampe d'épandage ou peut servir pour l'hydrocurage sans détérioration de la pompe de transfert. La séparation de phases réduit la viscosité du lisier qui adhère moins aux plantes (réduction des risques de brûlures) et pénètre plus rapidement dans le sol. Un lisier filtré émettrait aussi moins d'odeurs du fait de sa moindre teneur en substances organiques.

Par ailleurs, ces séparateurs de phases peuvent être utilisés pour pré-traiter un lisier de porc, pour éviter, par exemple, le colmatage de séparateurs de phases plus performants mais aussi plus sensibles comme la microfiltration sur bloc de céramique. En amont d'un traitement biologique par boue activée, il semblerait que la séparation de phases réduise le temps d'oxygénation donc le coût de fonctionnement électrique du réacteur. Toutefois cet aspect mérite d'être précisé.

Ces équipements sont généralement rustiques et peu onéreux tant à l'achat qu'en fonctionnement. Ils sont en revanche peu adaptés à de gros excédents de phosphore car soit leur taux de capture est modéré (inférieur à 20 %) soit le refus contient encore beaucoup d'eau (plus de 85 %).

• Gérer un excédent d'azote et/ou de phosphore

Les décanteuses centrifuges (p. 14), les filtres à toile (p. 13), les filtres presse (p.15) et les techniques de filtration membranaire (p. 16) peuvent être utilisés pour de petits excédents en azote et/ou de gros excédents en phosphore. Ils peuvent également être utilisés en combinaison avec un autre procédé. Dans ce cas, ils sont généralement placés en tête de traitement.

Les séparateurs de phases les plus utilisés dans le traite-

ment du lisier de porc, tels que les décanteuses centrifuges et les filtres à toile, permettent de retenir certaines particules sédimentaires et en suspension. Les performances d'extraction sont plus élevées pour les éléments liés à la matière sèche comme le phosphore et presque nulles pour les éléments solubles comme le potassium. Pour l'azote, le taux de séparation est intermédiaire puisque cet élément est présent à 25-40 % sous forme particulière organique et à 60-75 % sous forme minérale soluble.

Si l'éleveur doit traiter de grandes quantités de lisier, l'utilisation d'une version fixe est économiquement justifiée. Inversement, en cas d'excédent faible ou moyen, il semble préférable de faire appel à une unité de traitement mobile dont l'investissement est mutualisé. L'intervention est alors réalisée par un prestataire de services. Elle est facturée au mètre cube de lisier traité ou à l'unité d'azote extrait. Dans tous les cas, l'éleveur doit trouver une filière de reprise de la fraction solide.

CARACTÉRISTIQUES ET GESTION DES ISSUES DE SÉPARATION DE PHASES

• Le compostage

Dans les zones à forts excédents d'azote et de phosphore, il devient nécessaire d'exporter une fraction solide hors ZES et hors cantons produisant plus de 140 kg N organique/ha/an. Le produit doit donc être le plus sec possible pour que le transport soit économiquement acceptable. Le compostage, par un mécanisme de fermentation aérobie, permet de déshydrater « naturellement » le refus de séparation de phases. Pour cela, le produit doit avoir une teneur en matière sèche comprise entre 25 et 50 % et être suffisamment aéré. Plus le séparateur de phases est performant, plus cette dernière condition est difficile à maintenir puisque la rétention des micro-particules tend à diminuer la porosité du produit donc la circulation de l'oxygène.

Les prescriptions techniques du compostage sont définies par la circulaire ministérielle du 17 janvier 2002. Elle stipule le respect des étapes suivantes :

- un minimum de deux retournements ou une aération forcée ;
- le maintien d'une température supérieure à 55°C pendant 15 jours ou à 50 °C pendant 6 semaines.

Après les phases de fermentation-maturation soit au bout de 4 à 6 mois, le produit peut atteindre une teneur en matière sèche de 55 à 60 %, il est alors désodorisé, stabilisé et hygiénisé.

• La composition chimique

Les teneurs en matière sèche, azote, phosphore et potassium des refus de séparation de phases, indiquées dans les fiches techniques de ces matériels, sont données pour des produits frais. Elles sont fournies à titre indicatif car elles peuvent varier selon plusieurs critères : nature du lisier traité (notamment les propriétés et la structure des composants solides), technologie de la séparation, état d'avancement du compostage... Ce dernier augmente en effet la concentration des éléments stables (P, K) ce qui est le but recherché lorsqu'il s'agit d'exporter le phosphore. En revanche, la concentration de l'azote n'augmente que légèrement car la déshydratation du refus est partiellement contre-balancée par la volatilisation de cet élément.

• L'exportation et la commercialisation

Les déjections animales brutes sont considérées comme des déchets et sont, à ce titre, soumises à plan d'épanda-

ge obligatoire. Pour pouvoir être exportées, elles doivent acquérir le statut de produit en répondant à certaines règles. La mise sur le marché des refus de séparation de phases est régie par les articles L255-1 à L255-11 du code rural qui prévoient 2 procédures : l'homologation et la normalisation.

L'homologation est une procédure longue et coûteuse, peu de produits organiques y ont recours. La normalisation, plus accessible, consiste en la mise en conformité avec les dispositions prévues par les textes réglementaires concernés, il s'agit en quelque sorte d'une auto-certification. Les effluents porcins sont concernés essentiellement par deux normes rendues d'application obligatoire. La première concerne les amendements organiques tels que les composts de lisier et de fumier de porc ; la seconde concerne les engrais tels que les refus de séparation de phases. La situation manque encore de clarté car ces normes sont en cours de révision. Toutefois les projets s'orientent vers une meilleure connaissance de leur valeur agronomique et l'application de critères d'innocuité permettant de garantir une qualité en adéquation avec les besoins des utilisateurs.



Coût d'investissement

Environ 17 k€ pour 350 m³ utiles (0,2 à 0,5 €/m³ lisier traité). Rajouter le matériel de transfert (pompe, sondes de niveau...).



Coût de fonctionnement

Peu élevé car matériel rustique et les pompes sont de faibles puissances.



Maintenance

Maintenance peu complexe. Les dysfonctionnements de la décantation nécessitent parfois l'intervention d'un spécialiste.



Main d'œuvre

Simple surveillance quotidienne si les transferts d'effluents sont automatisés.

N 40 à 85%

Abattement sur l'azote

Pour respectivement un lisier brut et aéré. Taux plus faible pour un lisier brut car l'azote ammoniacal est soluble, il ne décante pas.

P 55 à 90 %

Abattement sur le phosphore

Pour respectivement du lisier brut et aéré. Possibilité de séparer 70 % du P du lisier brut avec l'utilisation de polymères.



Ces décantats ne sont pas exportables compte tenu de leur teneur en eau.

Décantation gravitaire



Objectif

La décantation gravitaire est très fréquemment mise en œuvre en station de traitement biologique pour pouvoir gérer distinctement des boues qui seront épandues à la tonne à lisier et l'eau résiduaire qui sera épandue avec un dispositif d'irrigation. Elle peut également être mise en œuvre pour avoir un liquide de flu-shage. Elle est également envisageable sur du lisier brut dans le cadre d'un pré-traitement par exemple en amont d'un système de lagunage.

• NOREE, RENO, SOCIETE NOUVELLE MAISON BLEUE, WOLF

Principe de fonctionnement

Les mécanismes de la décantation gravitaire ou sédimentation font intervenir la taille et le poids spécifique des matières en suspension. Pour que la sédimentation des particules ne soit pas perturbée par l'apport d'effluent, la fosse de décantation doit avoir des dimensions spécifiques. La vitesse ascensionnelle du liquide à décanter (= débit/surface du bassin) doit être inférieure à la vitesse de descente des particules en suspension. La vitesse et le taux de décantation du phosphore dans le lisier brut peuvent être améliorés par ajout de flocculants (70 % contre 55 %). Le taux de séparation du phosphore avec du lisier aéré est très élevé ; toutefois la faible siccité* des boues ne permet pas leur exportation hors plan d'épandage.

L'évacuation de l'eau résiduaire peut être réalisée par un trop-plein ou par une pompe de surface asservie à un densimètre. La collecte des boues est réalisée par une pompe disposée en fond de fosse. Ce dernier est parfois conique pour une séparation plus efficace.

En pratique

La décantation sépare 2 phases qui seront utilisées distinctement compte tenu de leur composition. Le surnageant, prépondérant en terme de volume (environ 60 à 70 % du volu-

me pour une décantation de lisier aéré), a une concentration en matière sèche généralement inférieure à 1 % alors que la phase sédimentaire en contient 6 à 7 %.

Pour ces 2 produits, la teneur moyenne est la suivante (N, P₂O₅ et K₂O en kg/t produit brut) :

- Boue biologique : 2,6 – 4,5 – 3,0
- Eau résiduaire : 0,2 – 0,25 – 2,0

Une enquête réalisée en 2002 par l'Institut Technique du Porc et les Chambres d'Agriculture de Bretagne a montré, sur 15 stations de traitement biologique par boue activée, que les décanteurs ont un volume utile moyen de 350 m³ correspondant à un temps de rétention hydraulique de 15 jours environ. Cependant, la plupart de ces décanteurs ont également une fonction de stockage. A noter qu'un temps de séjour trop élevé dans le décanteur peut être source de dysfonctionnement de la décantation : la dégradation anaérobie des matières organiques produit du méthane, ce qui peut entraîner la remontée des boues. Ce type de dysfonctionnement reste cependant rare relativement aux causes observées par ailleurs : faible teneur du lisier en matières en suspension, due à une séparation amont trop poussée, mauvaise gestion de l'oxygénation dans le réacteur, développement d'algues filamenteuses,... La complexité de ces problèmes nécessite généralement l'intervention d'un spécialiste.

* : teneur en matière sèche

**Coût d'investissement**

Compter de 3500 à 8000 € soit 0,1 à 0,6 €/m³. Toutefois certains tamis vibrant très performants sont à plus de 15000 €.

**Coût de fonctionnement**

Peu élevé car procédés économes en énergie, notamment les grilles statiques.

**Maintenance**

Matériel rustique, d'entretien aisé.

**Main d'œuvre**

Simple surveillance. Prévoir parfois un décolmatage des grilles.

N 10-15 %**Abattement sur l'azote**

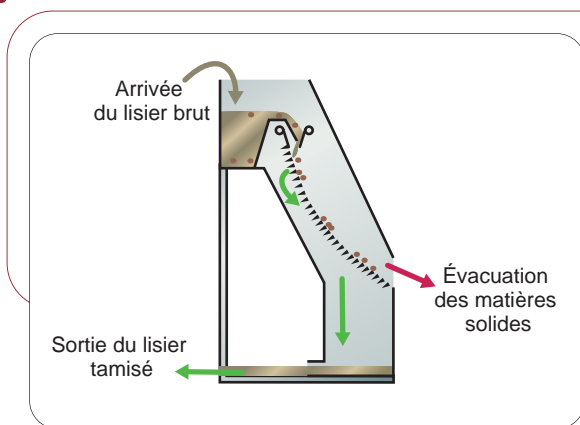
5 à 24 %. Refus parfois volumineux et ayant une faible siccité d'où un taux de rétention de l'azote qui peut être non négligeable.

P 10-15 %**Abattement sur le phosphore**

de 3 à 26 % en valeurs extrêmes. Abattement variable selon la taille des mailles, l'inclinaison du tamis et le type de lisier.

Tamis statique et vibrant

10

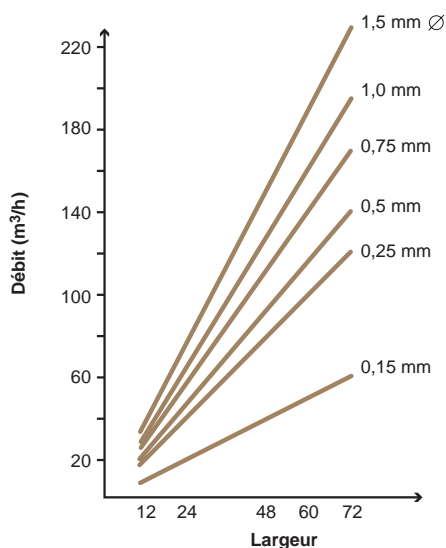
**Objectif**

Rétention des éléments les plus grossiers et des corps étrangers (bout de bois, boucle d'oreille...) pour éviter le blocage des pompes de transfert. Utilisation pour limiter la sédimentation pendant la phase de stockage ou dans le cadre d'un pré-traitement.

- TAMISEUSE (Chauvin), FILTRALYSE (Le Caignard)

Principe de fonctionnement

Quel que soit le modèle employé, la filtration se fait par écoulement gravitaire. La fraction solide est récoltée à la base alors que la fraction liquide est collectée sous la grille. L'obstruction des mailles peut être le principal inconvénient des tamis statiques. Ces effets sont moindres avec les tamis vibrants, les vibrations favorisant le passage du liquide en délogeant les particules. Pour chacun de ces tamis, il existe une dimension de maille permettant de faire un compromis entre les performances de rétention, le débit de traitement (cf graphique) et les risques de bouchage. En cas de débit trop élevé, beaucoup d'eau peut également rester dans la fraction solide. Par ailleurs, il faut un apport régulier de lisier pour éviter que les particules ne sèchent.



Effet de la largeur de la grille et de la taille des mailles sur le débit de traitement du lisier de porc pour une grille statique Hydrasieve (ITP, 1992).

En pratique

La capacité de déshydratation des tamis fixes demeure limitée puisque la fraction retenue n'a généralement qu'un taux de matière sèche de 11-14 %. Dans ces conditions, le refus nécessitera un adjuvant tel que de la paille ou de la sciure pour pouvoir composter. Cette fraction représente 15 à 18 % du volume initial. Elle peut être réduite par l'application d'une force de compression ou de dépression. Des taux de rétention en azote et en phosphore plus élevés sont parfois observés. Ils sont à mettre en rapport avec la faible siccité du produit « solide » et le volume qu'il représente. Les tamis fixes se prêtent plutôt à des lisiers peu épais (moins de 5 % de matière sèche). Pour les tamis vibrants les plus performants, des teneurs en matière sèche supérieures à 20 % sont parfois rapportées.

Composition du refus frais à 15 % de MS obtenu avec un tamis vibrant à 200 µm : 5,2 kg N/t – 5,0 kg P₂O₅/t – 1,2 kg K₂O/t

Tamiseuse RS (Chauvin SA) : Appareil cylindrique à vibration pendulaire générée par une mécanique à balourd à axe vertical.





Coût d'investissement

Prix nu de 17000 à 21000 € soit 0,4 à 1 €/m³ selon le volume traité. Prévoir en plus l'installation et le hangar de stockage.



Coût de fonctionnement

0,5 €/m³ (8000 m³) à 0,9 €/m³ (1800 m³). Les puissances installées sont peu élevées, de l'ordre de 3 à 4 kW.



Maintenance

Généralement de constitution robuste. Nécessite parfois de faire appel à un spécialiste en cas de dysfonctionnement.



Main d'œuvre

Simple surveillance. Si non utilisation pendant une longue période, assèchement du refus nécessitant parfois un lavage de la grille.

N 8 %

Abattement sur l'azote

De 2 à 14 % selon les caractéristiques du lisier et du séparateur.

P 15 %

Abattement sur le phosphore

De 6 à 26 % selon les caractéristiques du lisier et du séparateur.

Vis compacteuse



Objectif

En retenant les éléments grossiers des lisiers, ce séparateur de phases permet l'utilisation des liquides pour l'hydrocurage, un meilleur écoulement dans les canalisations et l'épandage de la fraction liquide avec une rampe. Il permet également d'éviter le comblement des lagunes et des fosses de stockage. Ces équipements sont généralement bon marché et d'un entretien aisé.

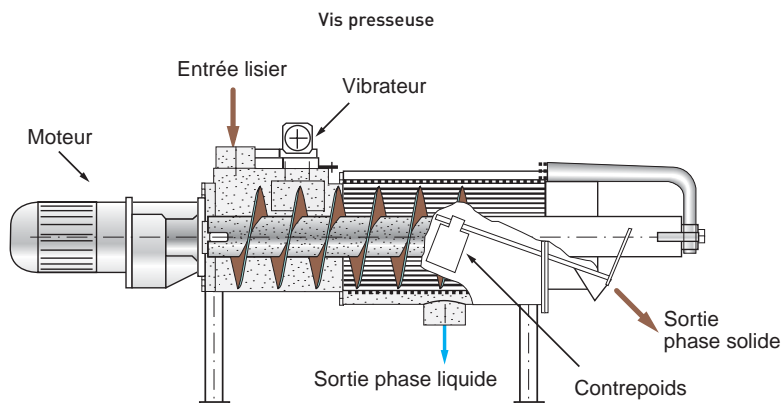
- BAUER, FAN, FILTRAMAT, FLYGT, SPIRALIS

Principe de fonctionnement

Le lisier arrive par gravité ou par l'intermédiaire d'une pompe dans une grille cylindrique (dimension intérieure des mailles : 200 à 500 µm). Une vis sans fin à rotation lente pousse le lisier vers un dispositif de fermeture à pression contrôlée (à la gauche du schéma). Sous la pression, le liquide se décharge en passant à l'extérieur du cylindre, il s'écoule ensuite par gravité. Les éléments particuliers sont retenus et s'accumulent pour former un bouchon. Le dispositif de contrôle du bouchon est réglable, il permet en outre de faire

varier le débit de lisier traité et le taux de siccité de la fraction solide. Pour une taille de maille de 450 µm, le débit de traitement sera de 6 à 10 m³/h selon le modèle et les caractéristiques du lisier.

La décantation et la recirculation de boue biologique améliorent les performances de ce séparateur de phases, le taux de capture du phosphore peut alors atteindre 30 %. Ceux du cuivre et du zinc s'établissent à 15 % contre 8-12 % sans recirculation.



En pratique

Le refus de vis compacteuse représente environ 50 kg de matière par m³ de lisier brut traité, 4 à 8 % du volume initial et 15 à 30 % de la fraction solide contenue dans le lisier. Il contient 30-36 % voire 40 % de matière sèche - Composition du refus frais : 7,5 kg N/t - 12,0 kg P₂O₅/t - 2,5 kg K₂O/t.

Pour un produit à plus de 50 % de matière sèche, la teneur en P₂O₅ peut atteindre 2 % du produit brut.

En pratique, les vis compacteuses sont essentiellement utilisées sur du lisier brut, rarement pour la filtration de boues biologiques.

**Coût d'investissement**

De 17000 à 40000 €, selon le modèle, soit de 0,4 à 1,1 €/m³ de lisier traité. Prévoir en plus l'installation et le hangar de stockage.

**Coût de fonctionnement**

Variable selon la gamme d'appareil.

**Maintenance**

Changement des racleurs toutes les 1000 heures environ. Nécessite parfois un spécialiste en cas de dysfonctionnement.

**Main d'œuvre**

Simple surveillance, entièrement automatisable. Prévoir l'entretien courant (graissage,...).

N 10 %**Abattement sur l'azote**

De 5 à 15 % selon la nature du lisier.

P 10-15 %**Abattement sur le phosphore**

De 5 à 15 % selon la nature du lisier.

Tamis centrifuge

12



Demoisy

Objectif

Basé sur une technologie différente de la vis compacteuse, le tamis rotatif ou centrifuge présente les mêmes performances d'abattement pour l'azote et le phosphore. L'extraction d'une fraction solide permet de réduire les odeurs dans les fosses de stockage.

- DEMOISY

Principe de fonctionnement

L'effluent brut est amené par une pompe volumétrique à l'intérieur d'une turbine. Sous l'effet d'une centrifugation basse vitesse (250 à 450 tours par minute) le liquide passe au travers des fentes (100 microns); il est recueilli et évacué. Un rotor intérieur équipé de palettes en plastique, pour éviter l'usure de la turbine, décolmate en permanence la surface filtrante en tournant légèrement plus vite dans le même sens. Il permet également de faire avancer la matière solide jusqu'à l'extrémité où elle sera évacuée.

En pratique

3 appareils sont proposés, ils permettent de couvrir des débits de 1 à 25 m³/h pour des puissances installées de 2,2 à 7,7 kW. Ils ont des châssis entièrement en inox et peuvent être, de ce fait, disposés en extérieur.

Le refus de séparation de phases d'un lisier brut sort à 24-30 % de matière sèche et composte naturellement sans odeur. Le produit est pelletable, il libère peu ou pas de jus d'écoulement. Ce séparateur fonctionne également sur des boues biologiques mais le refus compostera plus difficilement, du fait d'une siccité plus faible.

Composition du refus frais : 7,0 kg N/t – 5,0 kg P₂O₅/t – 4,0 kg K₂O/t. Rapport C/N de la fraction solide : 27.



Coût d'investissement
De 25 à 50 k€ selon la dimension du filtre à bande et la présence d'un épaisseur soit 0,8 à 1,2 €/m³.



Coût de fonctionnement
Matériels assez consommateurs d'énergie. Ils requièrent également l'utilisation de polymères.



Maintenance
Maintenance parfois complexe. Certains modèles ne sont proposés qu'en prestation de service.



Main d'œuvre
Surveillance et contrôle d'usure (toile et racleur). Prévoir la remise à niveau des réactifs.

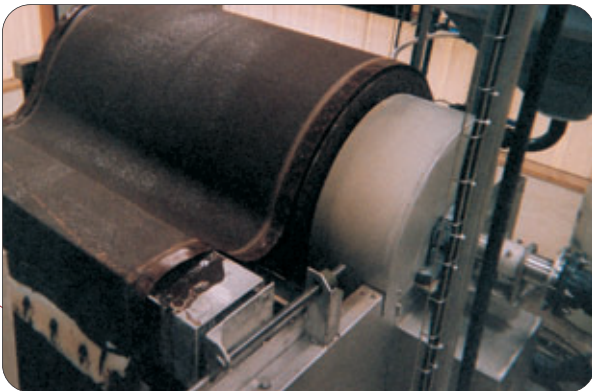
N 30 à 80 %

Abattement sur l'azote
De 20 à 30 % sur du lisier brut voire 50 % avec des flocculants, supérieur à 85 % sur du lisier aéré car il n'y a plus d'azote ammoniacal.

P 65 à 90 %

Abattement sur le phosphore
De 65 à 70 % voire 90 % si utilisation de flocculants.

Filtre à toile



Skimmat de Dénitral

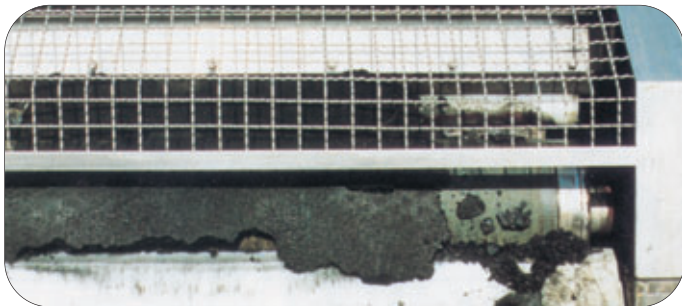
Objectif

Les filtres à toile sont parfaitement adaptés à de gros excédents de phosphore. L'aptitude à la rétention de cet élément mais aussi de l'azote organique est notamment améliorée par l'utilisation de coagulant et/ou de flocculant.

- AVDA (1^{ère} étape), SEP TEC (Cavac), SKIMMAT (Dénitral), TEKNOFANGHI (P.H.R.)

Principe de fonctionnement

Plusieurs catégories de séparateurs peuvent faire appel à une toile filtrante : filtre à bande, filtre rotatif... Lors du contact ou du dépôt du lisier sur la toile, celle-ci se charge de matières solides. Pour augmenter la siccité du refus, il est utilisé une compression par rouleaux et/ou une aspiration

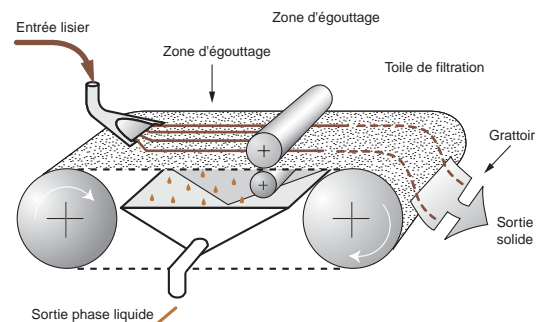


En pratique

Les toiles sont constituées de fibres synthétiques dont la taille des mailles, en traitement des eaux usées, varie de 30 à 100 µm. Les contraintes de frottement entre la toile et le racleur sont élevées ce qui peut écourter leur durée de vie. D'autre part, ces équipements sont assez énergivores.

Compte tenu de la technologie mise en œuvre, la siccité du refus de séparation de phases du lisier brut (21-24 %) est légèrement inférieure à ce qui est obtenu avec une vis compacteuse ou une décanteuse-centrifuge. C'est en partie dû à l'emploi de coagulants et/ou flocculants destinés à améliorer l'efficacité de la séparation. Les coagulants ont en effet la particularité de déstabiliser les colloïdes* qui vont s'agglomérer entre eux au lieu d'être maintenus en suspension. Les sels de fer ou d'aluminium sont des coagulants fréquemment utilisés. La floculation est réalisée par des molécules constituées de longues chaînes carbonées (polymères). Les

sous vide (300 à 600 mm de mercure). Les matières sèches ainsi collectées sont entraînées au-delà de la zone de filtration puis raclées extérieurement par un dispositif placé à l'opposé de l'entrée. La surface de la toile doit être nettoyée en permanence ou périodiquement soit par une eau de lavage recyclée soit par l'eau de tamisage.



particules piégées par des mécanismes successifs d'absorption et de réticulation** forment des floccs*** solides mieux retenus par ce type de séparateur de phases. La siccité n'est plus que de 13-20 % pour une filtration de boues biologiques. Les refus frais ont la composition suivante (N, P₂O₅ et K₂O en kg/t produit brut) :

- Sur du lisier brut : 11,0 – 12,0 – 3,0
- Sur des boues biologiques : 7,5 – 17,0 – 2,5

Plusieurs constructeurs utilisent ce procédé de séparation de phases soit seul en unité mobile (Sep Tec), soit en pré-traitement sur du lisier brut (AVDA, voir p. 30) soit sur des boues biologiques (Skimmat de Dénitral). Pour ce dernier, l'intérêt est de concentrer les boues pour pouvoir les exporter du plan d'épandage.

* : petites particules d'une solution liquide
** : création d'un réseau
*** : amas de particules



Coût d'investissement

De 40-60 k€ pour une 1,5-2 m³/h non automatisée, à plus de 100 k€ pour une 25 m³/h automatisée.
Local et hangar en sus



Coût de fonctionnement

0,6 et 2,3 €/m³ pour resp. 16000 et 1600 m³/an. En moyenne 1,5 à 1,8 €/m³ hors main d'œuvre*.



Maintenance

Contrat de maintenance partielle ou totale. Pièces du rotor parfois sensibles à l'abrasion.



Main d'œuvre

Entièrement automatisable. Possibilité de prestation. Nécessite un entretien courant (graissage, vidange...).

N 20 - 25 %

Abattement sur l'azote

De 14 à 33 %, voire plus de 40 % avec l'ajout de polymères.

P 75 %

Abattement sur le phosphore

Selon la composition du lisier. Abattement pouvant atteindre 90 % avec l'utilisation de polymères ou la recirculation de boue.

* selon Coillard (1997)

Décanteuse centrifuge

14



P.H.R. Industrie

Objectif

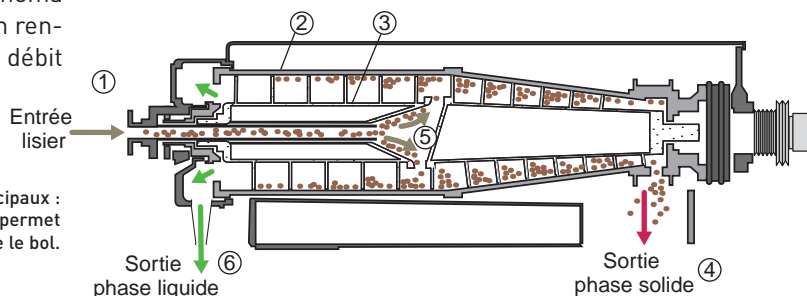
Du fait de la technique mise en œuvre – une décantation forcée des sédiments – la décanteuse centrifuge retient des particules extrêmement fines ce qui en fait un outil parfaitement adapté à de forts excédents de phosphore puisque son taux de capture est au moins de 70 %.

- ALPHA LAVAL, ANDRITZ, BARGAM, GENNARETTI, PIERALISI, WESTFALIA

Principe de fonctionnement

Une pompe volumétrique achemine le lisier brut, préalablement homogénéisé et dégrillé, dans la décanteuse via une canalisation centrale (1 et 5). La rotation du bol de décantation (2), de l'ordre de 3000 à 4000 tours par minute, exerce une force centrifuge sur les sédiments qui se déposent sur le pourtour. Une vis convoyeuse interne (3) tournant à une vitesse légèrement plus élevée, permet de racler, compacter et évacuer la fraction solide vers un orifice situé sur la droite du schéma (4). La fraction « épurée » constitue la partie interne de l'anneau liquide, elle s'écoule sur la gauche du schéma (6). Ainsi, pour que la décanteuse centrifuge atteigne un rendement optimal en terme de capture du phosphore, de débit

de traitement et de siccité du refus, trois critères importants sont à régler : l'épaisseur de l'anneau liquide, la vitesse du bol et la vitesse différentielle de la vis de convoyage. Pour cela, certaines versions possèdent un système de contrôle et de régulation automatisé permettant d'optimiser les performances de la décanteuse centrifuge en fonction de la nature du lisier à traiter, sans intervention de la part de l'éleveur. Cette automatisation n'est cependant économiquement acceptable que pour de gros volumes de traitement, supérieurs à 20 m³/jour.



Les décanteuses centrifuges sont constituées de trois éléments principaux : un bol de décantation, une vis de convoyage et un réducteur qui permet à la vis de tourner légèrement plus vite que le bol.

En pratique

La centrifugation s'effectue essentiellement sur du lisier brut. Elle permet alors d'obtenir, avant compostage, 100 kg de produit par m³ de lisier traité. Composition pour un refus frais à 30-35 % de matière sèche : 11,0 kg N/t – 23 kg P₂O₅/t – 3 kg K₂O/t. Pour un produit à plus de 50 % de matière sèche, la teneur en P₂O₅ peut atteindre voire dépasser 4 % du produit brut.

Les bonnes performances obtenues sur le phosphore et les métaux lourds (rétention de 30 % pour le cuivre, 50 % pour le zinc) s'expliquent par le fait que la centrifugation permet d'éliminer les petites particules, particulièrement riches en ces éléments. La centrifugation des lisiers reste surtout efficace

lorsque la teneur en matière sèche est élevée, de l'ordre de 5 à 8 %.

La centrifugation de boues biologiques est envisageable seules ou en association avec du lisier. L'intérêt pour une station de traitement biologique par boue activée est de ne disposer que de 2 co-produits de traitement (solide + eau résiduaire) au lieu de 3. Dans ce cas, la siccité de la fraction solide est moins élevée. Elle atteint au maximum 20 à 25 % ce qui peut être à peine suffisant pour que le refus puisse composter naturellement, ce dernier pouvant alors rester de consistance pâteuse. La centrifugation des boues requiert généralement l'utilisation de polymères.



Coût d'investissement

Environ 340 k€ pour la version fixe soit 6,1 €/m³ pour 10 000 m³ traités annuellement.



Coût de fonctionnement

6,7 €/m³ pour la version fixe. Pas suffisamment de recul pour la prestation de service.



Maintenance

Maintenance effectuée par le fournisseur pour environ 0,8 €/m³ de lisier traité.



Main d'œuvre

Simple suivi quotidien si maintenance effectuée par le fournisseur. Prévoir un contrôle du niveau des réactifs.

N 47 %

Abattement sur l'azote

Si exportation du refus de presse. Possibilité d'abattre l'azote résiduel par un traitement complémentaire.

P 94 %

Abattement sur le phosphore

Si exportation de refus de presse. Dans ce cas prévoir un séchage complémentaire sous abri.

Filtre presse



Objectif

Ce procédé permet de concentrer plus de 90 % du phosphore et pratiquement 50 % de l'azote dans un refus solide à l'issue d'un traitement de coagulation/floculation/filtration. Il présente l'avantage d'être disponible en version fixe ou mobile selon le niveau d'excédent de l'élevage.

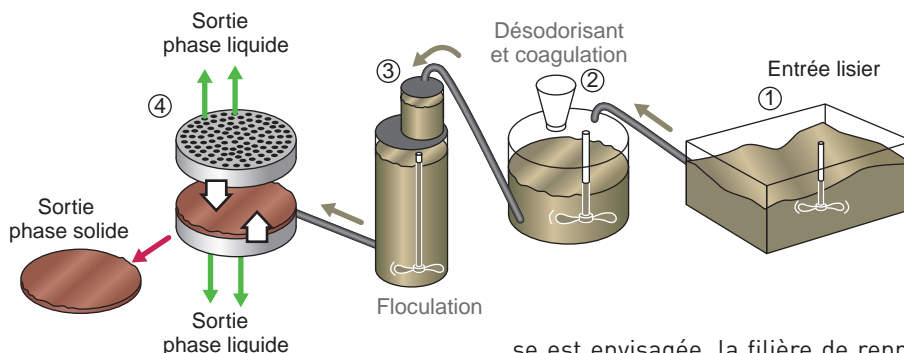
• ECOLIZ®

Principe de fonctionnement

Le lisier est préalablement homogénéisé dans une fosse munie d'un agitateur (1, voir schéma). Il transite ensuite dans une cuve où il subit une désodorisation et une coagulation par des additifs spécifiques (2). Dans un second bac, le lisier est floculé sous agitation lente grâce à l'utilisation de polymères cationiques* (3). Enfin, la phase de filtration s'effectue dans une chambre de compression à l'aide de deux pistons munis de toiles à mailles très fines (4). Le produit obtenu ressemble à une galette (voir photo) qui contient plus de 90 % du phosphore, presque 50 % de l'azote et 40 % du potassium. Il devra subir un séchage complémentaire sous hangar avant d'être valorisé à l'extérieur. La phase liquide contient encore plus de 50 % de

l'azote dont 95 % est sous forme ammoniacale. Si le plan d'épandage demeure encore insuffisant, cet effluent devra subir un traitement approprié type biologique par boue activée ou par un autre procédé de nitrification/dénitrification. Le lisier traité présente l'avantage d'être hygiénisé et désodorisé.

Ce procédé est disponible en version fixe en pré-traitement pour de gros excédents de lisier (quelques unités sont actuellement en fonctionnement) ou en unité mobile pour une prestation de service en cas d'excédents faibles à modérés. 3 diamètres de presse, allant de 600 à 1000 mm, sont disponibles. Elles permettent de traiter annuellement 10 000 à 30 000 m³ de lisier.



En pratique

Il est préférable de traiter les lisiers les plus concentrés de l'exploitation (lisier d'engraissement notamment). En fonction de sa composition, il pourra être nécessaire d'incorporer de la sciure pendant la phase de floculation. Si le refus de presse frais est utilisé sur le plan d'épandage de l'exploitation, il sera à considérer comme un fertilisant de type I pour les distances d'épandage et comme un fertilisant de type II pour les dates d'épandage. Si l'exportation du refus de pres-

se est envisagée, la filière de reprise devra être clairement identifiée et pérennisée.

Quantité [kg/m³ de lisier brut traité] et composition des co-produits de traitement [kg/t produit brut pour respectivement N, P₂O₅ et K₂O] :

- Refus de presse à 28 % de MS : 220 kg/m³ 9,5 - 12,0 - 4,5
- Effluent épuré : 920 kg/m³ 2,5 - 0,2 - 3,0

* : chargés positivement

NC

Coût d'investissement

Trop peu de références. Certains auteurs* citent 120 000 € pour 4800 m³ de lisier traité annuellement par osmose inverse.

NC

Coût de fonctionnement

NC

Maintenance

NC

Main d'œuvre**N** 95 %**Abattement sur l'azote**

Avec l'osmose inverse. Abattement de 50 % de l'azote environ avec la micro-filtration.

P 99 %**Abattement sur le phosphore**

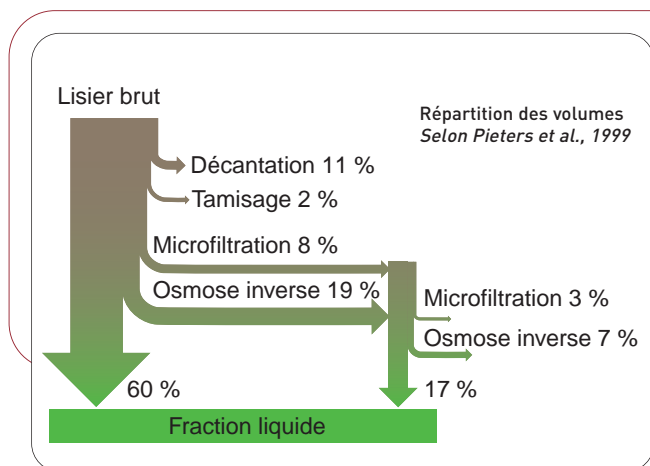
Avec l'osmose inverse. Abattement de 85 % du phosphore avec la micro-filtration.

* Pieters et al, 1999

Micro et nano-filtration

Osmose inverse

16

**Objectif**

Ces techniques de filtration poussée permettent des taux de rétention très élevés des éléments fertilisants du lisier voire des sels dissous tels que potassium, azote ammoniacal et phosphate. Elles les concentrent dans un rétentat* de consistance plutôt liquide. Les solutions proposées vont de la micro-filtration et pourraient aller jusqu'à de l'osmose inverse.

- LISA (nano-filtration)

Principe de fonctionnement

Les équipements permettant de retenir les particules supérieures à 0,1 µm telles que des colloïdes utilisent de la micro-filtration. L'ultrafiltration arrête les particules comprises entre 0,1 et 0,01 µm (bactéries), la nanofiltration celles de 0,01 à 0,001 µm (virus, une partie des sels dissous) et l'osmose inverse pour les particules de dimension inférieure.

Pour atteindre ces performances épuratoires, il est nécessaire d'installer les séparateurs de phases en série, en commençant par une filtration grossière et en terminant par le dispositif permettant d'atteindre le taux d'épuration souhaité. En effet, les éléments grossiers (sables, soies...) peuvent colmater les dispositifs, voire endommager les membranes de filtration. Dans le milieu industriel, il existe plusieurs types de matériaux permettant de faire de la micro, de l'ultra ou de la nanofiltration : filtre à sable, filtre à cartouche, bloc de céramique... Cette dernière est fréquemment employée, elle présente l'avantage d'être résistante à l'abrasion et aux produits chimiques, d'être facile à nettoyer et d'avoir une longue durée de vie. Par contre, elle est volumineuse, fragile et plus coûteuse que les membranes en polymères.

L'osmose est un phénomène naturel, il s'agit d'un passage de molécules d'eau à travers une membrane semi-perméable, du milieu le plus dilué vers le moins dilué. L'osmose inverse, utilisée dans les processus industriels, consiste à appliquer en amont de la membrane une pression supérieure à la pression osmotique de l'effluent. L'eau contenue dans cet effluent va traverser la membrane vers le milieu le plus dilué. L'osmose inverse est moins énergivore que les procédés

de déshydratation mais demande des équipements pouvant résister à de très fortes pressions (de 30 à 120 bars selon les technologies employées et les niveaux de performances souhaités). L'acidification de l'intrant peut être intéressante pour éviter l'encrassement prématuré des membranes et améliorer le taux de rétention global de l'azote et du phosphore (pas ou peu d'effet sur le potassium). La précipitation de certains sels permet en effet leur rétention par les pré-filtres.

En pratique

Le concentrat* (ou rétentat) représente 25 à 40 % du volume initialement traité (voir schéma). L'osmose inverse permet ainsi d'obtenir une eau résiduaire fortement déchargée ne contenant pratiquement plus de matière sèche, moins de 0,25 kg N/t, moins de 0,01 kg P₂O₅/t et moins de 0,06 kg K₂O/t. La rétention des sels dissous, dont le potassium, constitue l'atout majeur de cette technique de séparation de phases. A ce stade, cette eau pourrait être rejetée dans le milieu naturel, éventuellement via un champ d'infiltration ou servir pour le lavage, selon le niveau de traitement obtenu.

En pratique, l'osmose inverse ne semble pas développée dans la filière porcine, en raison de son coût élevé qui reste cependant à préciser. Les techniques de micro et d'ultra-filtration devraient être plus intéressantes, compte tenu d'un coût plus accessible et de taux d'extraction de l'azote et du phosphore très performants.

* : substance accumulée après filtration

Les procédés de traitement biologique

Le traitement biologique fait intervenir des micro-organismes, généralement des populations bactériennes, dans les processus d'épuration ou de transformation. Ces micro-organismes, spécialisés dans la transformation de l'azote à des degrés divers d'efficacité et d'intensité, sont généralement favorisés par la création de conditions de traitement propices à leur développement. S'ils sont déjà présents naturellement dans le lisier, le procédé ne nécessite pas obligatoirement un ensemencement initial (cela vaut pour la nitrification/dénitrification par boue activée et par percolation sur biofiltre, le compostage). Le cas échéant, il est nécessaire (Biodésys). En traitement par boue activée, l'ensemencement peut toutefois être réalisé en apportant des boues provenant d'une autre station de traitement, pour accélérer le démarrage. Inversement, si les conditions du milieu ne sont pas favorables à la croissance, voire au maintien des micro-organismes souhaités, le procédé peut nécessiter régulièrement un ré-ensemencement (Humicolae – Agri-Protech).

Avec plus de 90 % des unités en fonctionnement et du lisier traité, les procédés biologiques sont particulièrement présents dans le domaine du traitement des lisiers de porc. Ils sont en effet généralement rustiques, fiables et répondent à une diversité de niveaux d'excédent. Ainsi, dans ce chapitre, nous aborderons successivement le lagunage, les procédés de traitement par nitrification/dénitrification, le compostage et la méthanisation.

- **Le lagunage** représente une version extensive du traitement biologique par boue activée puisque les phases d'oxydation des composés azotés s'effectuent à l'interface air/lisier sans autre mode d'oxygénation. Ce mode de trai-

tement occasionne cependant une perte non négligeable d'azote par stripping.

- Le traitement biologique par boue activée constitue environ 70 % des unités en fonctionnement et 80 % du lisier traité (Levasseur et Lemaire, 2003). **La nitrification/dénitrification** permet ainsi de transformer 70 % de l'azote du lisier en azote gazeux non polluant. Ce procédé de traitement est dit à biomasse libre. Nous étudierons également 2 autres procédés de nitrification/dénitrification mais à biomasse fixée (sur biofiltre et par des champignons filamenteux). Pour l'ensemble de ces procédés, l'abattement du phosphore repose sur la mise en place d'un séparateur de phases qui est généralement placé en tête de traitement.
- **Le compostage** est également une forme de traitement biologique. Il s'agit de réaliser un fumier artificiel par le mélange de lisier avec de la paille ou des déchets verts puis de le composter. Ces procédés sont reconnus pour un abattement de 50 % de l'azote. L'exportation du compost permet d'abattre le phosphore et l'azote résiduel.
- Enfin, toujours dans les procédés de traitement biologique, nous aborderons **la méthanisation**. Même s'il ne s'agit pas d'un procédé permettant de réduire l'azote et le phosphore, cette méthode peut être associée à des procédés vus par ailleurs. La méthanisation pourrait être amenée à se développer en France, compte tenu de l'intérêt qu'elle présente pour sa contribution à la production d'énergie renouvelable et à la maîtrise des gaz à effet de serre. Elle constitue également une méthode de désodorisation et d'hygiénisation du lisier.



Coût d'investissement

200 000 € pour 10 000 m²/an sans flushing, ni géomembrane, ni système d'irrigation.



Coût de fonctionnement

Peu élevé, 0,3 €/m³ voire moins si possibilité de transfert du lisier par écoulement gravitaire



Maintenance

Négligeable. Procédé particulièrement rustique et fiable.



Main d'œuvre

Simple surveillance. Procédé permettant un gain de temps pour l'épandage de lisier.

N 30 %

Abattement sur l'azote

Environ. Davantage si exportation d'une partie des refus de séparation de phases.

P 0 %

Abattement sur le phosphore

Sauf si installation d'un séparateur de phases (à prévoir en tête de traitement) et exportation du refus.

Le lagunage



Objectif

Traitement biologique de type extensif, le lagunage naturel permet de stocker le lisier sur une longue période donc de réduire les pointes de travail et d'épandre le lisier au bon moment. Le lagunage présente également l'avantage d'éliminer une partie de l'azote sans dépense énergétique et de désodoriser le lisier. Celui-ci peut alors être épandu par un dispositif d'irrigation. Compte tenu des surfaces nécessaires, il est assez peu adapté au contexte breton. Procédé non validé par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

Principe de fonctionnement

Le lagunage est un procédé de traitement biologique de type extensif : biologique puisque différentes populations bactériennes interviennent dans la dégradation de la matière organique ; extensif puisqu'il n'y a pas d'aérateur, les transferts d'oxygène s'effectuant uniquement en surface. Pour cela, les lagunes ont une faible profondeur (1 à 2 m utiles au maximum) mais elles peuvent atteindre des surfaces considérables (2000 à plus de 6000 m²). Ces critères dépendent du volume de lisier à traiter et de leur fonction (uniquement du lagunage, lagunage + stockage,...). Ce mode de traitement favorise l'hygiénisation du lisier de 2 façons : d'une part le temps de séjour est prolongé – les conditions physico-chimiques du lisier sont défavorables au maintien des agents pathogènes tels que les salmonelles – d'autre part la faible hauteur de lisier favorise l'action bactériostatique du rayonnement solaire. Ces conditions de traitement vont entraîner la perte d'environ 30 % de l'azote. Bien qu'il puisse exister une volatilisation sous forme de N₂ par nitrification-dénitrification, la perte sous forme de NH₃ par simple dégazage semble prépondérante.

Pour éviter le colmatage des lagunes et faciliter l'épandage par irrigation, il est indispensable d'effectuer une séparation de phases poussée en tête de traitement. Il peut s'agir par exemple d'une association vis compacteuse + décantation ou de l'installation d'une décanteuse centrifuge. Cette étape de traitement permet d'envisager, si besoin, l'exportation d'une partie du phosphore. Par contre, elle présente l'inconvénient

d'alourdir le coût de ce traitement. A défaut, le phosphore décante à 80 % au fond de la lagune qui devra être curée après quelques années de fonctionnement.

En pratique

Les lagunes sont de préférence réalisées en pleine terre si la teneur en argile est suffisante. Cependant, une étude hydrogéologique et géotechnique préalable permettra d'attester de l'étanchéité du sol. Le cas échéant, la pose d'une géomembrane est indispensable. Elle diminue l'intérêt du lagunage sans le remettre totalement en question. Enfin, il faut prévoir un surplus de capacité de stockage compte tenu de la grande surface d'ouverture des bassins et de la pluviométrie.

Certains élevages faisant du lagunage sont équipés d'un système de « flushage » sous caillebotis. Le lisier frais se prête beaucoup mieux à la séparation de phases et le liquide issu des lagunes est adapté à cette technique. La proximité de terres cultivées autour de l'élevage et l'existence d'un réseau d'irrigation sont cependant nécessaires pour la mise en oeuvre de cette filière de gestion et de traitement du lisier.

Selon la technique de séparation de phases employée, l'éleveur peut avoir jusqu'à trois co-produits de traitement : un refus, des boues épaisses issues de la décantation et l'effluent traité. Ce dernier ne contient plus que 50 % de l'azote, 10 % du phosphore mais 90 % du potassium.

Composition des co-produits (N, P₂O₅ et K₂O en kg/t produit brut) pour un lisier brut standard :

- Refus de séparation de phases : selon le type de séparateur installé
- Décantat (s'il est produit) à 7 % de MS : 200 kg/m₃ de lisier brut 4,0 – 10,0 – 3,5
- Effluent épuré, moins de 1 % de MS : 2,5 – 0,3 – 2,7



Coût d'investissement

De 120 à 300 000 € selon le volume de lisier à traiter et la récupération d'ouvrage existant soit de 5,5 à 9,5 €/m³.



Coût de fonctionnement

De 2 à 5 €/m³, voire davantage selon le contexte de l'exploitation et le choix des options.



Maintenance

Procédé de traitement rustique et fiable. Certains dysfonctionnements nécessitent l'intervention d'un spécialiste.



Main d'œuvre

Environ 30 min/jour de travail, maintenance et gestion des coproduits inclus, soit un peu moins de 2 min/m³ de lisier traité.

N 70 %

Abattement sur l'azote

Validé pour 70 % d'abattement. Valeur réelle fonction du rapport $N-NH_4^+/N_{total}$.

P 0 %

Abattement sur le phosphore

La totalité du phosphore se retrouve dans le lisier aéré.

Nitrification-dénitrification par boue activée sans séparation de phases



Objectif

Procédé de traitement biologique permettant d'abattre 70 % de l'azote. Il est particulièrement compétitif pour de gros excédents de lisiers, notamment si des fosses de stockage peuvent être réutilisées. Les coûts de fonctionnement sont modérés relativement à la quantité d'azote abattu. Procédé ne donnant qu'un seul co-produit de traitement : le lisier aéré.

- BIOARMOR, CARBOFIL®, DENITRAL, PORFILISE, VALÉTEC

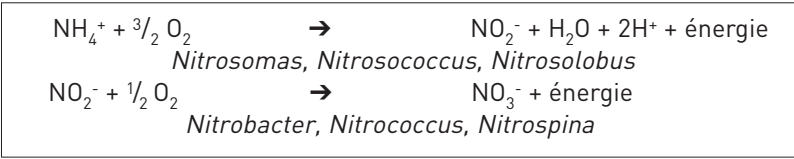
Procédé validé

Principe de fonctionnement

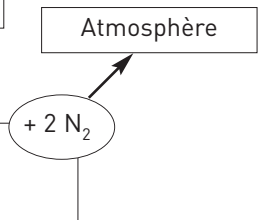
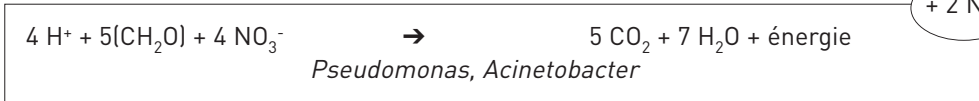
Le traitement du lisier de porc a lieu dans un réacteur biologique où se succèdent des séquences d'oxygénation suivies de périodes d'anoxie*. Ces conditions favorisent le dévelop-

pement de populations bactériennes permettant de transformer l'azote ammoniacal du lisier en azote gazeux (N₂) non polluant et se dégageant dans l'atmosphère. La succession des étapes de transformation s'établit de la façon suivante :

- Pendant la phase d'aération, l'azote ammoniacal est oxydé en nitrites puis en nitrates (nitrification) :



- Elle est suivie d'un apport en lisier brut dans le réacteur,
- Puis d'une phase d'anoxie où les formes d'azote oxydées sont réduites en N₂ (dénitrification) :



En pratique

Le procédé de nitrification/dénitrification par boue activée est proposé par plusieurs constructeurs. Leurs équipements se distinguent notamment par la durée des cycles de traitement (pouvant aller de 1 à 24 h), par le type d'oxygénateur (turbine de surface lente ou rapide, turbine immergée, diffuseur fines bulles...) et par leurs algorithmes** de fonctionnement.

Ce mode de traitement est réservé aux exploitations ayant des surfaces d'épandage suffisantes pour les apports de

phosphore ou produisant moins de 25 000 kg N/an. Le cas échéant, l'installation d'un séparateur de phases est nécessaire pour pouvoir exporter du plan d'épandage une fraction solide riche en cet élément.

Le lisier aéré ne peut être rejeté dans les eaux de surface car il est insuffisamment épuré. Il a la même composition qu'un lisier brut sauf qu'il ne contient plus d'azote ammoniacal. Cet effluent désodorisé est épandu à la tonne à lisier.

* : diminution de la quantité d'oxygène

** : règles de décision du procédé du traitement



Coût d'investissement

De 300 à 700 000 € selon le volume de lisier à traiter et la récupération d'ouvrage existant, soit de 6 à 8 €/m³.



Coût de fonctionnement

De 1,5 à 5,5 €/m³, voire davantage selon la quantité de lisier à traiter et le choix des équipements.



Maintenance

Certains dysfonctionnements biologiques et mécaniques peuvent nécessiter l'intervention d'un spécialiste.



Main d'œuvre

40 min/jour de travail, maintenance et gestion des co-produits inclus, soit un peu plus de 2 min/m³ de lisier traité.

N 70 - 95 %

Abattement sur l'azote

70 % par voie biologique. Mais jusqu'à 95 % si exportation du refus de séparation de phases.

P 15 - 95 %

Abattement sur le phosphore

Selon le type de séparateur de phases. Voir les pages correspondantes.

Nitrification-dénitrification par boue activée avec séparation de phases



Objectif

Le traitement biologique par boue activée s'est parfaitement adapté aux contraintes croissantes sur le phosphore. La plupart des constructeurs proposent une ou plusieurs techniques de séparation de phases pour s'adapter au mieux à la problématique de chaque élevage.

Procédé validé

- BIOARMOR, CARBOFIL®, DENITRAL, GTIE-Synertec, PORFILISE, VALÉTEC

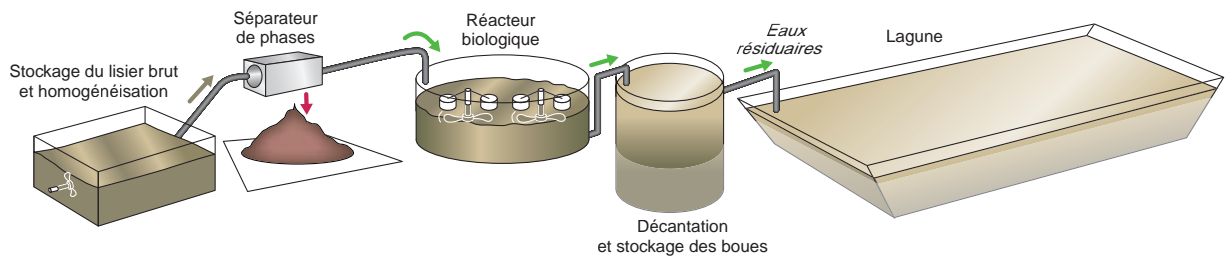
Principe de fonctionnement

Le principe de base du traitement biologique est le même que celui décrit dans la fiche précédente « nitrification-dénitrification sans séparation de phases ». Il s'agit globalement des mêmes constructeurs qui peuvent proposer des options supplémentaires afin de répondre à d'autres contraintes que celles de l'azote : gestion différenciée des co-produits de traitement et du phosphore.

L'installation d'une fosse de décantation est généralement l'une des premières options proposées. Elle est disposée après le réacteur biologique pour décanter, voire stocker les boues (voir schéma p. 9). Elle permet de gérer distincte-

ment les boues (environ 30 % du volume initial) qui seront épandues à la tonne à lisier et l'eau résiduaire (environ 60-70 % du volume initial) épandue avec un système d'irrigation.

Ensuite, selon le niveau d'excédent en phosphore et le volume de lisier à traiter, les constructeurs peuvent proposer une ou plusieurs techniques de séparation de phases. Les techniques les plus employées, comme la décanteuse centrifuge, sont généralement utilisées sur du lisier brut donc avant le réacteur biologique. L'installation d'une fosse de brassage en tête de traitement est indispensable pour réguler et homogénéiser le flux de lisier.



En pratique

La plupart des constructeurs proposent des contrats de suivi et de maintenance payants. Le pilotage à distance et l'assistance technique par les sociétés peuvent dégager l'éleveur de toute intervention particulière sur le contrôle et la conduite de sa station. Le coût d'investissement de certains séparateurs de phases implique de réserver ces procédés de traitement à

des élevages de grande dimension (plus de 300 truies naisseur-engraisseur ou en traitement (semi)collectif).

A noter que certaines marques validées par l'agence de l'eau Loire-Bretagne (Agrifiltre, Ternois épuration) ne semblent plus commercialisées. Toutefois une ou plusieurs unités peuvent être encore fonctionnelles.

Quantité (kg/m³ de lisier brut traité) et composition des co-produits de traitement (kg/t produit brut pour respectivement N, P₂O₅ et K₂O) :

- Refus de séparation de phases :	selon le type de séparateur installé	
- Boue à 7 % de MS :	300 kg/m ³	4,0 - 3,0 - 3,0
- Effluent épuré, moins de 1 % de MS :	650 kg/m ³	0,2 - 0,3 - 2,7



Coût d'investissement

58 k€ pour 1000 m³/an, lagune comprise. Soit environ 6 €/m³ (données Biodésys). Coût identique au biologique classique pour Humicolae.



Coût de fonctionnement

Environ 5 €/m³ pour Biodésys, prestation AVDA pour la déshydratation des boues incluse. Valeurs à [re]préciser pour ces 2 procédés.

NC

Maintenance

Peu de données compte tenu du faible nombre de réalisations.



Main d'œuvre

Devrait être comme le traitement biologique par boue activée.

N 40 - 80 %

Abattement sur l'azote

Abattement supérieur à 80 % pour Humicolae. Pour Biodésys, l'abattement azoté est de 40 % ou 55-60 % si exportation des boues.

P 60 - 75 %

Abattement sur le phosphore

60 % environ pour Biodésys si les boues sont exportées (déshydratation à envisager). Taux fonction du séparateur pour Humicolae.

Nitrification-dénitrification avec des champignons filamenteux



Biodésys

Objectif

Ces procédés s'adressent à des excédents de lisier de 1000 à 4000 m³/an (voire davantage pour Humicolae). L'utilisation de champignons filamenteux constitue l'originalité de ces procédés de traitement aérobie. Les mycètes*, dotés d'un arsenal enzymatique très riche, tirent leur énergie et leur alimentation de la décomposition de la matière organique carbonée et azotée. Leur forte résistance naturelle aux inhibiteurs bactériens traditionnels devrait garantir une bonne stabilité du procédé de traitement. Ils permettent une réduction des nuisances olfactives, de la matière organique et de l'azote.

- BIODESYS, HUMICOLAE

Principe de fonctionnement

Les lisiers subissent préalablement une séparation de phases. Pour Biodésys, il s'agit d'un décanteur-digesteur anaérobie permettant, avec un temps de rétention de 4 à 6 jours, de retenir 60 % du phosphore et 15 % de l'azote. Avec Humicolae, le choix du séparateur de phases (dégrillage, décanteuse-centrifuge) et donc des performances de rétention, dépendra de la nature de l'effluent à traiter et des besoins de l'exploitation.

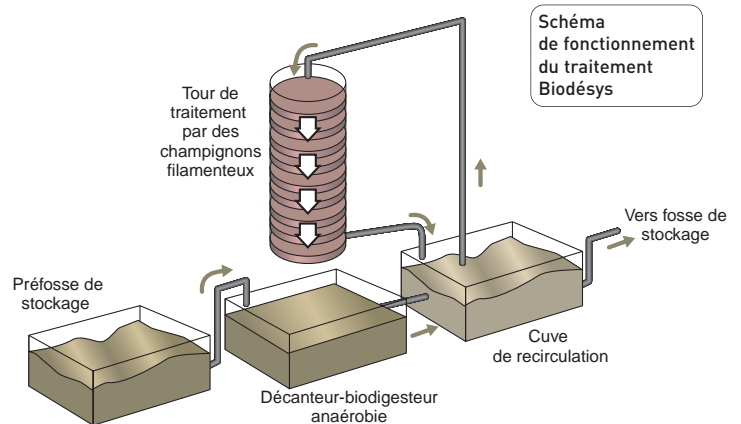
La partie liquide arrive ensuite au cœur du traitement où sont dégradées les matières organiques par des champignons filamenteux.

- Humicolae : Le cocktail fongique est utilisé en milieu aérobie, il est spécifique de la fraction liquide du lisier de porc. L'ajout des mycètes est préconisé 4 fois/an et se fait simplement par déversement direct dans le bassin d'oxygénation.
- Biodésys : Le lisier est acheminé par une pompe en haut d'une tour. Il ruisselle sur un garnissage qui supporte un biofilm de champignons filamenteux. Ces derniers sont issus d'un ensemencement initial. Des contrôles annuels permettent ensuite de juger si l'opération doit être renouvelée. Comme pour le décanteur digesteur, le temps de séjour est de 4 à 6 jours ; une pompe recycle les effluents à partir de la cuve de rétention.



En pratique

Biodésys utilise une tour de 2,5 m de diamètre et 5,5 m de hauteur environ pour 3 m³ de lisier à traiter par jour. Ces dimensions peuvent aller respectivement jusqu'à 3 et 8 mètres. Pour traiter davantage de lisier, il faut augmenter le nombre d'unités. Le décanteur digesteur donne des boues à 12 % de matière sèche. Leur exportation nécessite une déshydratation complémentaire. Dans le cadre d'un contrat, il est prévu que cette opération soit réalisée par la première étape de traitement de l'unité mobile AVDA.



En fin de traitement, le liquide épuré est évacué vers la lagune de stockage en prévision d'un épandage par irrigation à basse pression.

Composition de l'effluent traité par Humicolae : 0,9 kg N/t - 0,7 kg P₂O₅/t - 3,6 kg K₂O/t.

* : champignons



Coût d'investissement
Environ 7,4 €/m³ pour 6000 m³ de lisier traité/an.



Coût de fonctionnement
Peu énergivore (4,9 €/m³) car pas de turbine ni de brasseur, uniquement un jeu de ventilateur et des pompes de reprise.



Maintenance
La maintenance dépend, entre autres, du type de séparateur installé en tête. Contenu du biofiltre à renouveler tous les 5-6 ans.



Main d'œuvre
Devrait être comme pour un traitement biologique par boue activée. Pas d'épandage de boue à prévoir.

N 70 %

Abattement sur l'azote
Par N/D. Peut être supérieur à 95 % selon le séparateur de phases et si exportation de la totalité du refus.

P 0-80 %

Abattement sur le phosphore
Selon le type de séparation de phases mis en place et si exportation du refus.

Nitrification-dénitrification par percolation sur biofiltre



Objectif

Ce procédé de traitement consiste en une nitrification-dénitrification de l'azote ammoniacal du lisier de porc sur culture fixée. Il a été mis au point par le centre de recherche industriel du Québec (Criq). Il aboutit à la production d'un refus de séparation de phases, d'un effluent épuré et éventuellement d'un décantat. Ce procédé, permet aussi la désodorisation de l'air extrait des porcheries (si la ventilation est centralisée).

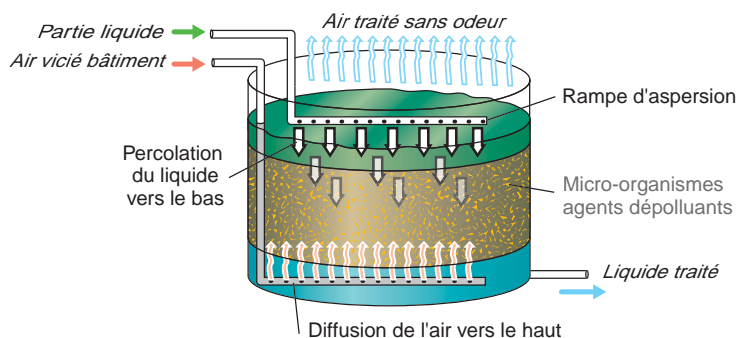
• EUROBIOSORT™

Procédé validé

Principe de fonctionnement

Pour ce procédé de traitement, le lisier doit subir préalablement une séparation de phases poussée afin d'éviter l'engorgement du réacteur. Il peut s'agir d'une décanteuse centrifuge, d'une combinaison vis compacteuse + décantation,... Cette étape permet de concentrer une partie des éléments particuliers dans une fraction solide. Celle-ci sera destinée à être exportée si le plan d'épandage est insuffisant pour recevoir la totalité du phosphore produit par l'élevage. Le lisier filtré est ensuite pulvérisé à intervalle régulier sur un biofiltre, constitué d'une fosse enterrée remplie d'une hauteur de 2,5 m d'un support filtrant (tourbe, écorce et copeaux de bois). De l'air est insufflé à contre-courant afin de fournir de l'oxygène aux bactéries responsables de la dégradation de l'azote ammoniacal. Si le bâtiment dispose d'une ventilation centralisée, l'air extrait peut alimenter le biofiltre assurant ainsi sa désodorisation. Le cas échéant, il est nécessaire d'installer une chaudière pour réchauffer l'air ambiant

lorsque la température descend en deçà de 12°C. Le nombre de biofiltres est fonction du volume de lisier traité et du degré d'épuration souhaité. Les biofiltres sont alors disposés respectivement en parallèle et en série.



En pratique

Le renouvellement du biofiltre est à envisager lorsque ses qualités épuratrices se dégradent. En pratique, il sera à chan-

ger tous les 5 ans environ selon la qualité des matériaux fil-trants. Ce milieu est fabriqué et repris en fin de vie par une société spécialisée.

Quantité (kg/m³ de lisier brut traité) et composition des co-produits de traitement (kg/t produit brut pour respectivement N, P₂O₅ et K₂O) :

- Refus de séparation de phases :	selon le type de séparateur installé	
- Décantat (s'il est produit) à 7 % de MS :	200 kg/m ³	4,0 - 10,0 - 3,5
- Effluent épuré à 0,8 % de MS :	650 à 800 kg/m ³	0,13 - 0,08 - 3,5

La composition de l'effluent épuré demeure variable selon le degré de polissage. Il est par ailleurs hygiénisé et désodorisé.



Coût d'investissement

Entre 6 et 7 €/m³ de lisier traité selon le degré d'automatisation et le volume de lisier traité.



Coût de fonctionnement

De 5 à 6 €/m³ de lisier traité, voire jusqu'à 7,7 selon certains auteurs en comptabilisant la paille à 60 €/t.



Maintenance

Le processus de compostage est parfois délicat à piloter avec des risques d'écoulement de jus et de stripping.



Main d'œuvre

La version automatisée nécessite 6,6 mn/m³ de lisier traité soit un peu moins d'1 heure/jour (pour 3000 m³/an), récolte de la paille incluse.

N 50-100 %

Abattement sur l'azote

50 % dus aux fermentations aérobies. Possibilité d'abattre 100 % de l'azote par exportation du compost.

P 0-100 %

Abattement sur le phosphore

Selon la quantité de compost exportée.

Compostage de lisier sur paille



Objectif

S'adresse à des élevages de porcs ayant des excédents d'azote faibles à moyens et ayant de la paille à disposition. Il existe plusieurs versions (semi)automatisées ou non selon les besoins de l'exploitation. A l'issue, il n'y a plus qu'un seul produit : le compost. Celui-ci est d'un intérêt agronomique certain de par sa teneur en matière organique. Il permet également une meilleure gestion du plan d'épandage.

• ISATER, METHODE GUERNEVEZ

Procédé validé

Principe de fonctionnement

L'objectif du compostage est de réaliser un fumier artificiel afin d'abattre 50 % de l'azote. Le principe consiste à mélanger 15 ou 12 tonnes de lisier par tonne de paille, pour respectivement les méthodes Guernevez (MG) et Isater (I). Le compostage peut se réaliser sur sol nu (MG) ou sur plate-forme bétonnée avec collecte des jus d'écoulement (I). Si l'aire n'est pas couverte, le compostage n'est autorisé que de mars à septembre. La première étape nécessite l'étalement de la paille (25 kg/m²). L'imprégnation de la paille est ensuite réalisée en

3 fois avec des apports dégressifs de lisier (par exemple pour la MG : 8, 4 et 3 m³) pour limiter la formation de jus d'écoulements. Le fumier artificiel fermente sur place puis il est retiré de la plate-forme de compostage pour laisser la place à un nouveau cycle de traitement. Ainsi 6 à 7 rotations peuvent se succéder annuellement ; elles sont plus courtes en été qu'en hiver, compte tenu de l'effet de la température sur la déshydratation. Si le compost est destiné à être exporté, il doit encore subir une phase de maturation pendant 2-3 mois pour être parfaitement stabilisé, hygiénisé et désodorisé.

Principe du compostage :

Le compostage est un procédé de traitement aérobie des matières fermentescibles. Il résulte du développement rapide d'une flore spécifique qui dégrade et réorganise de la matière organique. Pour que le compostage soit reconnu, la circulaire du 17 janvier 2002 précise qu'il doit comporter au minimum 2 retournements (ou aération forcée), le maintien d'une température supérieure à 55°C pendant 15 jours ou 50°C pendant 6 semaines, ainsi qu'une humidification. Le compost doit ensuite être protégé contre toute recontamination.



En pratique

Il existe des versions plus ou moins automatisées. Les versions de base concernent des volumes compris entre 500 et 2000 m³ de lisier à traiter par an. Un tracteur relié à une rampe d'épandage réalise l'imprégnation de la paille et le retournement du fumier sur une plate-forme rectangulaire ou circulaire. La version automatisée s'applique à des volumes allant jusqu'à 5-6000 m³/an. Dans ce cas le compostage est réalisé dans un silo couloir de 4 à 6 m de large et d'une longueur variable selon le volume de lisier à traiter. L'automate circule sur des rails ; il est programmé pour agir seul lors des phases d'imprégnation et de retournement. Toutefois la pose des bottes de paille et la reprise du compost doivent être réalisées par l'éleveur.

A noter qu'une imprégnation excessive de lisier peut inhiber la fermentation et entraîner des dégagements d'ammoniac.

Composition moyenne du compost à 30 % de MS : 250 kg/m³ de lisier traité - 12 kg N/t - 14 kg P₂O₅/t - 16 kg K₂O/t

Le compostage peut être associé à d'autres techniques. Ainsi, Agriprotech combine un traitement bactérien du lisier en porcherie, un tamisage et une décantation. Les refus de ces 2 séparations de phases sont compostés avec de la paille. A noter que ce procédé, dont quelques unités sont en fonctionnement, n'a pas obtenu la validation de l'agence de l'eau Loire-Bretagne.



Coût d'investissement
6,5 €/m³ pour 11000 m³ de lisier traité par an.



Coût de fonctionnement
0,6 €/m³ pour 11000 m³ de lisier traité par an + une prestation de service.

NC

Maintenance
Peu de données.



Main d'œuvre
Surveillance quotidienne de l'unité de compostage avec contrôle des jus d'écoulement.

N 40-90 %

Abattement sur l'azote
40 % d'azote volatilisés. 90 % d'abattement envisageables si exportation du compost (10 % N restant dans les jus d'écoulement).

P 0-97 %

Abattement sur le phosphore
Selon la quantité de compost exportée.

Compostage de lisier sur déchets verts



Objectif

Ce mode de compostage présente l'avantage de permettre la valorisation de déchets collectifs urbains tout en produisant un amendement de qualité pouvant être épandu sur l'exploitation ou être exporté. Peut s'adresser à de gros excédents de lisier ; les 5 premiers procédés installés, traitent entre 6000 et 8000 m³ de lisier par an.

• NATURAL

Procédé validé

Principe de fonctionnement

Les déchets verts provenant des collectivités peuvent servir de substrat carboné pour le compostage du lisier de porc. Les capacités d'absorption sont moins élevées que pour la paille ce qui explique que le ratio de mélange (en masse) est ici de 50 % de déchets verts et 50 % de lisier (contre respectivement 7 et 93 % dans l'autre cas).

Le procédé consiste à injecter progressivement du lisier dans les déchets verts lors des phases de retournement. Ainsi 2 à 3 retournements avec injection de lisier ont lieu par semaine, sur 3 semaines environ. Il s'ensuit une phase de fermentation en aération forcée (2 retournements sur également trois semaines). Puis le produit subit si nécessaire (par exemple s'il doit être exporté), une phase de maturation de 3 - 4 mois.

En pratique

La réussite du compostage des lisiers avec des déchets verts nécessite une bonne coopération entre l'éleveur et la collectivité concernée, notamment afin d'assurer la qualité des déchets verts (tri, broyage,...). Dans le procédé mis en œuvre

par Natural, ces derniers proviennent des déchetteries de collectivités pour lesquelles cette société est prestataire. Ils sont systématiquement broyés avant d'être livrés sur l'exploitation.

Les éleveurs doivent investir dans la construction d'une plate-forme bétonnée couverte avec système d'aération forcée par insufflation d'air, d'une fosse de stockage et d'homogénéisation du lisier, d'une aire de maturation/stockage et obligatoirement, d'une lagune de collecte des jus d'écoulements à gérer sur place. Natural intervient en tant qu'exploitant et assure le fonctionnement et la commercialisation du compost.

Compte tenu des ratios de mélange différents de ce qui est réalisé avec le compostage de lisier sur paille, le compost obtenu a une composition différente, soit pour 40 % de MS : 11,5 kg N/t - 6,5 kg P₂O₅/t - 12,0 kg K₂O/t.

Le débouché quasi exclusif semble être le maraîchage de plein champ de la zone légumière du Finistère Nord. Ce compost répond à la norme NF U 44-051 et au cahier des charges du CERAFEL.



Coût d'investissement

200 à 250 k€ pour une installation de 2000 m³ de lisier + 200 t de coproduits/an. Coût inférieur si autoconstruction.



Coût de fonctionnement

De 6,5 à plus de 8 €/m³, notamment main d'œuvre et renouvellement du cogénérateur. Vente de l'électricité à déduire.



Maintenance

Manque de recul en France.



Main d'œuvre

Semble plutôt élevée, due à une insuffisance de l'automatisation et une conduite parfois délicate du procédé.

N 0 %

Abattement sur l'azote

L'ensemble des éléments fertilisants est conservé.

P 0 %

Abattement sur le phosphore

L'ensemble des éléments fertilisants est conservé.

Méthanisation



Objectif

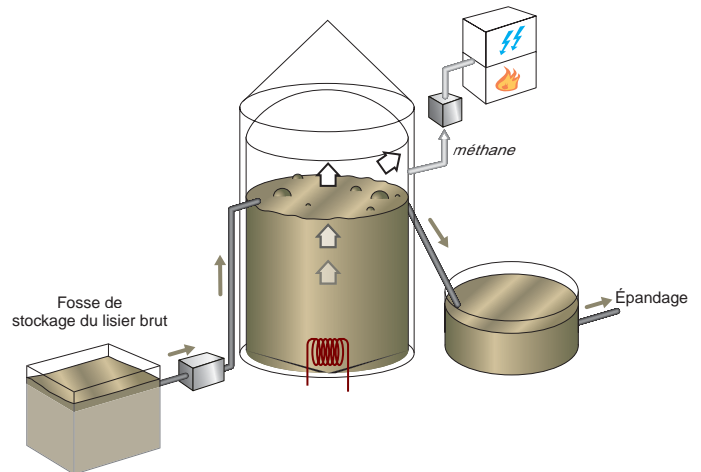
La méthanisation est un processus de dégradation de la matière organique fermentescible. Elle se déroule en milieu anaérobie et s'accompagne de la production d'un mélange gazeux combustible (CO₂ + CH₄ + H₂S) saturé en eau. Elle permet de produire une énergie renouvelable et limite les émissions de gaz à effet de serre. Ce processus de transformation présente l'avantage de désodoriser le lisier de porc de façon durable et de minéraliser pour partie les éléments fertilisants. Ces derniers se retrouvent intégralement dans les digestats* ; à ce titre, il ne s'agit pas d'un procédé de résorption des excédents azotés et phosphorés. Toutefois, la méthanisation peut s'intégrer dans une filière globale de traitement.

Principe de fonctionnement

La fermentation méthanique se produit naturellement en anaérobie comme dans des zones marécageuses. Elle fait intervenir trois phases : une hydrolyse, une acidogénèse suivie d'une méthanogénèse. Cette dernière peut avoir lieu à 3 niveaux de température selon le type de population bactérienne. La méthanisation mésophile (35-38°C) est la plus couramment adoptée pour les déjections animales. Elle est un bon compromis entre l'énergie nécessaire au réchauffement du lisier et le temps de séjour (10/15 jours) pour produire une quantité suffisante de biogaz. La capacité méthanogène est variable selon les effluents. Celle du lisier de porc n'est pas très élevée compte tenu de sa teneur en eau. Ainsi, 98 % des installations allemandes et

autrichiennes fonctionnent en co-digestion avec un substrat tel que cultures énergétiques (maïs ensilage), sous-produits agricoles, graisses,... Plusieurs techniques de méthanisation existent : celle dite à mélange complet compact (voir schéma) et la méthode de l'infiniment mélangé sont les plus couramment employées.

Système à mélange complet compact



Méthanisation et production d'énergie :
La méthanisation d'un mètre cube de lisier moyen (teneurs NPK de respectivement 5, 4 et 3 unités/ tonne de produit brut) produit 114 kWh d'énergie primaire dont 30-35 % seront utilisables sous forme d'électricité, 55 % sous forme de chaleur (maison, bâtiments d'élevage...), le reste étant perdu ou partiellement utilisé pour le maintien en température du digesteur.

Méthanisation et effet de serre :
La méthanisation permet de supprimer ou contrôler les émissions de gaz à effet de serre. Contrairement au mode classique de stockage des lisiers, la méthanisation n'émet pas de N₂O et celle de CH₄ est contrôlée (réutilisation de son énergie ou mise en torchère).

* : résidus solide et liquide après fermentation

En pratique

L'Allemagne est, de loin, le pays européen le plus en avance en matière de méthanisation à la ferme, avec presque 2000 installations existantes ; viennent ensuite l'Italie et l'Autriche avec un peu plus d'une centaine de réalisations. Globalement, le nombre d'installations augmente compte tenu de la politique mondiale de lutte contre les gaz à effet de serre et du soutien accordé aux énergies renouvelables. En France, ce procédé est très peu développé avec seulement 2 unités en fonctionnement et quelques projets en cours. Son développement

se heurte au faible prix de rachat de l'électricité par EDF, moins de 0,06 €/kWh, contre plus de 0,09 €/kWh pour l'Allemagne et la Suisse, voire plus de 0,12 €/kWh pour l'Italie et l'Autriche. Il peut cependant exister des variations de prix de rachat selon les primes, les quantités produites...

Après méthanisation, le digestat peut subir une séparation de phases pour une gestion distincte des fractions solide et liquide. Cette dernière contient l'essentiel de l'azote suite aux effets de la minéralisation.

Les procédés de traitement physico-chimique

Contrairement à la plupart des procédés biologiques vus précédemment, la majorité des traitements physico-chimiques - 4 sur les 5 présentés - conserve l'azote. Ils augmentent la concentration des éléments fertilisants (N, P et K) dans une ou deux phases issues du traitement. Elles seront ainsi plus facilement gérées que le lisier, soit en substitution à des engrais minéraux utilisés par ailleurs, soit par une exportation vers des zones réceptrices non excédentaires.

Les traitements physico-chimiques sont minoritaires ; ils représentent moins de 5 % des unités installées et des volumes de lisier traités. Toutefois, ils pourraient être amenés à se développer notamment en versions mobiles ou semi-mobiles, pour :

- des régions dont les excédents de lisier de porc sont constitués par de faibles excédents individuels de nombreux élevages (de taille petite à moyenne),
- des élevages où le recours au traitement individuel peut difficilement être envisagé pour des raisons technico-économiques.

Inversement, les unités fixes sont généralement réservées à de gros excédents de lisier permettant d'amortir les investissements élevés que mobilisent ces procédés.

A noter que les procédés conservatifs par déshydratation présentent l'intérêt d'aboutir à la production d'un lisier sec ayant (comme le lisier brut lui-même) une composition en éléments fertilisants équilibrée, relativement aux besoins des cultures. La teneur en azote du co-produit sec reste supérieure à celle du phosphore.

Dans ce chapitre, nous aborderons successivement le procédé Balcopure® qui consiste en une concentration de l'azote après une phase de stripping ; le procédé Smelox™ qui détruit l'azote par combustion catalytique ; AVDA qui concentre l'azote et le phosphore par coagulation, floculation et filtration et enfin 3 procédés de déshydratation totale du lisier : MAE, Innova et Evaflo.



Coût d'investissement

280 000 € pour une version fixe à 10 000 m³/an (hors lagune et hangar).



Coût de fonctionnement

Entre 5 et 9 €/m³ selon les caractéristiques de l'exploitation.



Maintenance

Contrat à partir de la 2^{ème} année selon volonté de l'éleveur (environ 0,5 €/m³ dans ce cas).



Main d'œuvre

Entièrement automatisé.

N 80%

Abattement sur l'azote

Au maximum si exportation des co-produits. 65 % d'N dans le sulfate, 15 % dans le refus et 20 % restant dans le lisier.

P 90%

Abattement sur le phosphore

Voire 95 %. Performances excellentes dues à une double centrifugation et à l'ajout de réactifs.

Concentration de l'azote par stripping et précipitation du phosphore



Objectif

Ce procédé de traitement est proposé en version mobile pour de faibles excédents et en version fixe pour des excédents azotés et phosphorés moyens à élevés. Le traitement est conservatif : l'azote se retrouve pour partie dans une fraction solide après séparation de phases et pour partie dans un engrais liquide, le sulfate d'ammonium. Le liquide épuré présente l'avantage d'être désodorisé de manière stable et hygiénisé.

• **BALCOPURE®**
commercialisé par Balthazard & Cotte,
membre du groupe Lhoist.

Procédé validé

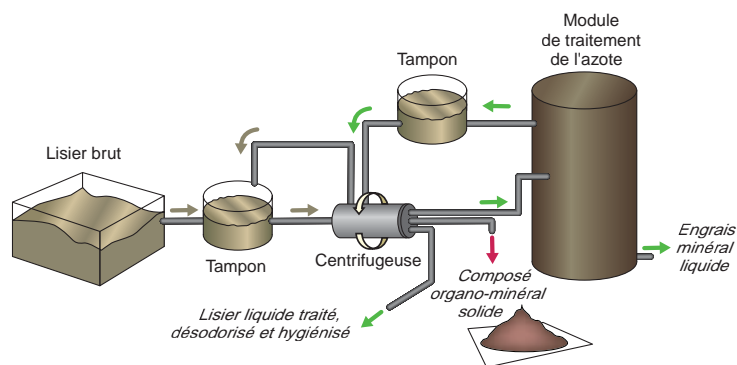
Principe de fonctionnement

Le lisier subit préalablement une séparation de phases par centrifugation. La partie solide est dirigée sous hangar (le composé organo-minéral produit n'est représentatif qu'à compter du 2nd cycle). La fraction liquide est orientée vers le module de traitement de l'azote où le pH est élevé jusqu'à 12 par addition d'un réactif basique. Le mélange est pulvérisé en fines gouttelettes par l'intermédiaire de buses dans une hotte, cette étape de traitement permet l'extraction de l'azote ammoniacal par stripping*. Après leur collecte, les gaz sont épurés par un lavage acide. Il en résulte la formation d'un engrais minéral de type 3, le sulfate d'ammonium, et un air épuré qui peut être rejeté dans l'atmosphère. Le lisier traité dans ce module azote est centrifugé à nouveau en produisant ainsi un lisier irrigable et une fraction solide réintroduite dans l'effluent brut. A ce stade, un nouveau cycle démarre.

phosphore dans le composé organo-minéral avec la précipitation des formes solubles. Par ailleurs, ce composé concentre également l'essentiel de l'azote organique et la totalité de l'oxyde de calcium ajouté pour le traitement, ayant ainsi une action hygiénisante sur le solide. Le potassium n'est que faiblement retenu. Toutefois, le choix d'un réactif de nature magnésienne permettrait de le précipiter et de le retenir lors de la séparation de phases.

En pratique

La double centrifugation associée au traitement chimique permet d'expliquer les bonnes performances de rétention du



Pour chaque mètre cube de lisier, il est consommé un réactif basique (équivalent 9 kg CaO), 6 litres d'acide sulfurique, 100 litres d'eau et 0,4 litre de catalyseur. Il en résulte trois co-produits de traitement ayant la composition suivante (N, P₂O₅, K₂O en kg/t produit brut) :

- Composé organo-minéral à 40 % de MS :	140 kg/m ³ de lisier brut	8 - 21 - 3 + 80 kg CaO/t
- Sulfate d'ammonium :	32 kg/m ³	75 - 0 - 0
- Effluent épuré :	1000 kg/m ³	0,85 - 0,4 - 3,0 + 2,5 kg CaO/t

Le sulfate d'ammonium, engrais minéral de type 3, peut être utilisé sur le plan d'épandage et chez les tiers en substitution aux engrais chimiques. L'effluent liquide est à stocker dans une fosse en géomembrane. Il peut être épandu par

un dispositif d'irrigation. La capacité de traitement est de 10 000 m³/an pour la version semi-mobile à 15 000 m³/an, voire davantage, pour la version fixe.

* : entraînement de la fraction très volatile du liquide



Coût d'investissement

Plus de 350 000 € pour la version fixe. En version mobile, prévoir le hangar, une lagune. Energie fournie par un groupe électrogène.



Coût de fonctionnement

Inclus dans la prestation de service pour l'unité mobile (10 €/m³ environ, reprise des co-produits en sus) sinon 4,6 €/m³ pour l'unité fixe.



Maintenance

Un technicien se charge du fonctionnement de l'unité de traitement (surveillance et pilotage à distance).



Main d'œuvre

Peu de main d'œuvre (présentation Smelox). Prévoir un suivi quotidien, les retournements et l'évacuation du refus.

N 83 %

Abattement sur l'azote

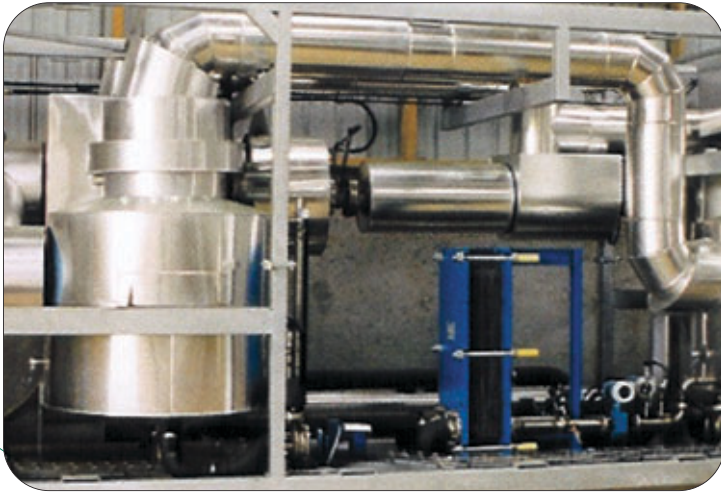
Au maximum, si exportation du refus de centrifugeuse. La combustion a lieu exclusivement sur l'azote ammoniacal, de 50 à 90 %.

P 70 à 75 %

Abattement sur le phosphore

Par la décanteuse-centrifuge placée en tête de traitement.

Combustion catalytique de l'azote



APV compost

Objectif

Ce procédé de traitement est proposé en version fixe pour des excédents azotés et phosphorés élevés soit 10000 m³ de lisier/an. Pour de petits excédents (1000 à 4000 m³/an), il existe une version mobile qui peut alors être assimilée à du traitement semi-collectif. Ce traitement présente également l'avantage de réduire significativement les odeurs et d'hygiéniser le lisier. Le refus de séparation de phases peut être repris par APV Compost.

Procédé validé

• SMELOX™ commercialisé par APV compost

Principe de fonctionnement

Ce procédé de traitement physico-chimique, mis au point par l'Institut Français du Pétrole a la particularité de détruire l'azote ammoniacal. La première étape consiste en une séparation de phases poussée en tête afin de ne pas encrasser les réacteurs et l'échangeur de l'unité ; elle est réalisée par une décanteuse centrifuge. La seconde étape volatilise l'azote ammoniacal : cette volatilisation, modulable selon les besoins de l'élevage, est permise par une élévation de température (70 – 90 °C) dans un réacteur de stripping. Cette seconde étape permet l'épuration de l'air extrait par combustion catalytique de l'ammoniac à haute température (320°C). Il se forme ainsi de l'azote gazeux (N₂) qui peut être rejeté dans l'atmosphère. Le dégagement de chaleur (400-450°C) dû à la combustion des gaz sert notamment à chauffer le lisier et l'ammoniac à l'entrée du four. Une fois en fonctionnement, le dispositif consomme peu d'électricité (25 kWh/m³ de lisier) pour un abattement de 90 % de l'azote ammoniacal.

En pratique

Le niveau d'extraction de l'azote ammoniacal par volatilisation est modulable de 50 à 90 % selon le niveau de température et le temps de séjour de l'effluent. Le temps de séjour dans l'unité est fonction du débit d'alimentation et du nombre de réacteurs de stripping.

Compte tenu de l'élévation de température nécessaire à la volatilisation de l'azote, le lisier doit impérativement être concentré afin de ne pas avoir à utiliser d'énergie d'appoint. En effet, l'énergie provient de la combustion de l'ammoniac et des échanges thermiques placés en différents points des circuits de liquide et de gaz.

La désodorisation est obtenue par l'incorporation d'un catalyseur d'oxydation permettant de transformer les mercaptans* volatils et odoriférants en disulfures, moins volatils et odoriférants. Cette désodorisation est stable dans le temps.

Quantité (kg/m³ de lisier brut traité) et composition des co-produits de traitement (kg/t produit brut pour respectivement N, P₂O₅ et K₂O) :

- Refus de séparation de phases à 40 % de MS :	75 kg/m ³	13 – 40 – 3,5
- Effluent épuré :	926 kg/m ³	1,0 – 0,5 – 3,5

* : composés organiques soufrés malodorants



Coût d'investissement
Peu élevé (4,5 €/m³), prévoir le raccordement électrique. Il est nécessaire d'avoir deux fosses de stockage.



Coût de fonctionnement
La facturation est effectuée à l'unité d'azote extrait soit environ 5 €/m³ pour le 1^{er} étage, 15 €/m³ pour la filière complète.

NC

Maintenance
Montage, démontage et maintenance de la machine assurés par un technicien.



Main d'œuvre
Gestion par le prestataire de service.

N 40 à 85 %

Abattement sur l'azote
40 % pour la 1^{ère} étape de traitement et 85 % pour la filière complète.

P 85 %

Abattement sur le phosphore
Si reprise des co-produits. Ce taux peut cependant dépasser les 90 %.

Concentration de l'azote et du phosphore

par coagulation, floculation et filtration



Objectif

Ce procédé de traitement est disponible en version mobile. Il permet de concentrer les éléments fertilisants dans des co-produits solides exportables. Cette technique s'adresse à des élevages en situation d'attente ou de façon plus pérenne pour traiter des excédents de lisier inférieurs à 1000 m³/an. L'intérêt réside dans sa souplesse d'utilisation et son adaptation à des variations d'excédent. Le prestataire reprend les co-produits de traitement.

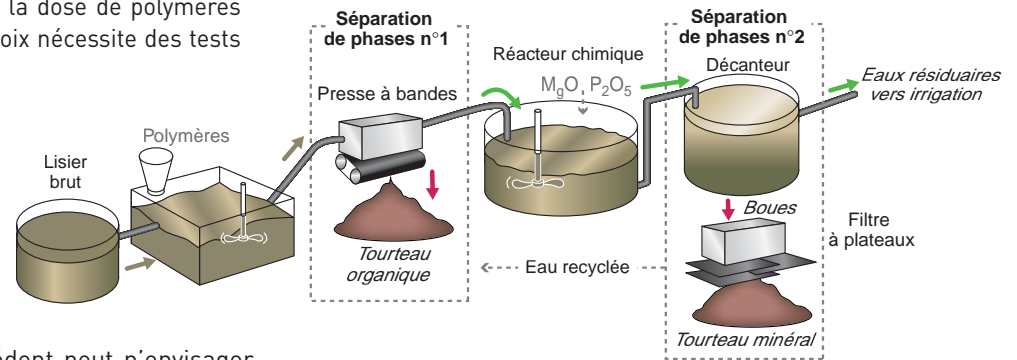
• AVDA exploité par Coopagri Bretagne

Procédé validé

Principe de fonctionnement

Conçu par l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes, il s'agit d'un procédé de traitement physico-chimique conservatif de l'azote. Son originalité réside notamment dans la précipitation des formes d'azote et de phosphore solubles, récupérées ensuite par des techniques de séparation de phases poussées. La première étape du traitement consiste à utiliser une presse à bande (voir p.13) dont le rendement de séparation est amélioré par l'utilisation de polymères. Le type et la dose de polymères dépendent de la nature du lisier ; leur choix nécessite des tests

préalables. La seconde étape consiste en une co-précipitation de l'ammoniac du lisier à l'aide de réactifs chimiques (acide phosphorique et magnésie). Après décantation, les boues obtenues sont pressées sur un filtre à plateaux pour donner un tourteau minéral sec destiné à la fabrication d'engrais chimiques. Cette seconde étape permet d'extraire l'azote ammoniacal et une partie de l'azote organique restant encore dans le lisier pré-traité.



En pratique

L'éleveur ayant un faible niveau d'excédent peut n'envisager que la 1^{ère} étape du traitement. Le cas échéant, il devra envisager la filière complète. Dans tous les cas, seul le liquide reste sur l'exploitation ; il sera épandu à la tonne à lisier ou avec un dispositif d'irrigation. Le recours à cette filière de traitement

reste intéressant pour un excédent à traiter inférieur à 1000 m³ de lisier soit environ 4000 unités d'azote. Dans tous les cas, l'utilisation d'un lisier à forte teneur en azote est recommandée.

Quantité (kg/m³ de lisier brut traité) et composition des co-produits de traitement (kg/t produit brut pour respectivement N, P₂O₅ et K₂O) :

- Refus de séparation de phases à 25 % de MS ;	150 kg/m ³	11 - 16 - 3
- Tourteau minéral à 45 % de MS :	90 kg/m ³	21 - 120 - 8
- Effluent épuré :	1000 kg/m ³	0,5 - 0,4 - 2,0

La capacité nominale de cette unité mobile est de 80 m³/jour pour un fonctionnement en 2x8 heures, soit 20 000 m³ de lisier/an. Ce procédé peut également traiter les boues de station de traitement biologique par boue activée.



Coût d'investissement

8,3 à 10 €/m³ de lisier traité soit environ 550 000 € pour une unité de 8000 m³/an.



Coût de fonctionnement

9,2 à 10 €/m³ de lisier traité.



Maintenance

Machine livrée avec un contrat d'entretien. Surveillance et pilotage à distance par le constructeur. Ne peut être géré par un éleveur seul.



Main d'œuvre

L'éleveur ne réalise qu'une surveillance quotidienne. Gestion de l'exportation des co-produits de traitement.

N 100 %

Abattement sur l'azote

Si exportation de la totalité du lisier sec et du sulfate d'ammonium.

P 100 %

Abattement sur le phosphore

Si exportation de la totalité du lisier sec.

Déshydratation du lisier de porc sur disques raclés



Mr Brien (M.A.E.)

Objectif

Ce procédé de traitement conserve les éléments fertilisants. La déshydratation aboutit à la production d'une poudre de lisier à 80 % de matière sèche, la totalité de l'azote organique, du phosphore et du potassium. L'exportation de la totalité des co-produits permet de s'affranchir d'un plan d'épandage. Le traitement thermique permet également de répondre à la norme européenne 1774 sur la circulation des déchets. Ce procédé s'adresse toutefois à de gros excédents, à partir de 8000 m³ de lisier traité/an.

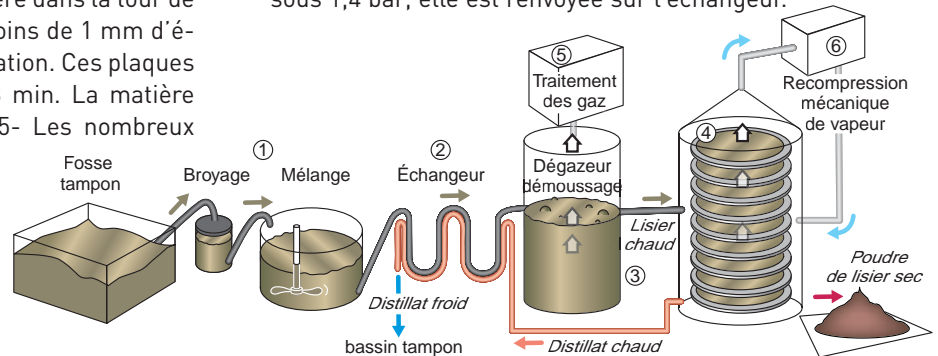
• Meunier Application Environnement (M.A.E.)

Procédé validé

Principe de fonctionnement

Le procédé de traitement M.A.E. comporte 6 étapes : 1- Le lisier est préalablement homogénéisé et dégrillé*. 2- Il subit ensuite un préchauffage jusqu'à 85°C dans un échangeur de chaleur. Le condensat de la vapeur épurée fournit les calories nécessaires ; la récupération d'énergie est efficace puisqu'il y a moins de 10°C de différence entre les fluides entrant (lisier) et sortant (condensat). 3- En fin de pré-chauffage, le lisier subit un démoussage et un dégazage. Ces produits sont dirigés vers un épurateur. 4- Le lisier est transféré dans la tour de déshydratation où il s'étale en couche de moins de 1 mm d'épaisseur sur une trentaine de disques en rotation. Ces plaques chauffantes évaporent l'eau en moins de 3 min. La matière sèche est extraite en continu du séchoir. 5- Les nombreux

composants volatils (CO₂, NH₃, acides gras volatils, phénols) entraînés avec l'eau, subissent un piégeage par des lavages avec des solutions neutre, acide et basique. Afin de limiter le nombre de co-produits de traitement, certaines solutions de lavage usagées sont réincorporées dans le déshydrateur. 6- La vapeur épurée subit une recompression mécanique par des surpresseurs à pistons rotatifs. La chaleur latente récupérée lors du changement de phase permet de réduire les coûts énergétiques à leur minimum. La vapeur épurée sort à 110°C sous 1,4 bar, elle est renvoyée sur l'échangeur.



En pratique

Fonctionne par modules de 8000 m³ de lisier traité par an. Le débit est de 1 m³/h, 24 heures sur 24, 330 jours par an.

Quantité (kg/m³ de lisier brut traité) et composition des co-produits de traitement (kg/t produit brut pour respectivement N, P₂O₅ et K₂O) :

- Lisier sec à 80 % de MS :	80 kg/m ³	11 - 33 - 37 (environ)
- Sulfate d'ammonium	45 l/m ³	70 - 0 - 0
- Eau déminéralisée	900 kg/m ³	

La fraction solide, compte tenu de sa matière sèche et de sa teneur en éléments fertilisants, est à considérer comme une matière fertilisante organique intéressante. L'eau résiduaire a une qualité proche de l'eau distillée. Elle peut servir

comme eau de lavage pour l'élevage ou être rejetée dans les eaux de surface via une parcelle d'infiltration.

*: élimination des éléments grossiers



Coût d'investissement
430 000 € pour 5300 m³ lisier traité /an (6,7 €/m³), lavage d'air inclus mais hors génie civil et stockage.



Coût de fonctionnement
A priori peu élevé, prévoir consommation d'acide sulfurique (5 l/m³) + surconsommation d'électricité pour la ventilation.

NC

Maintenance
Vieillessement des matériaux à préciser.

NC

Main d'œuvre
Deviendrait être de l'ordre de 30 min/jour.

N 100 %

Abattement sur l'azote
Jusqu'à 100 % si le lisier sec et le sulfate d'ammonium sont exportés.

P 100 %

Abattement sur le phosphore
Jusqu'à 100 % si le lisier sec est exporté.

Déshydratation du lisier

par la réutilisation de l'air des porcheries



Innova

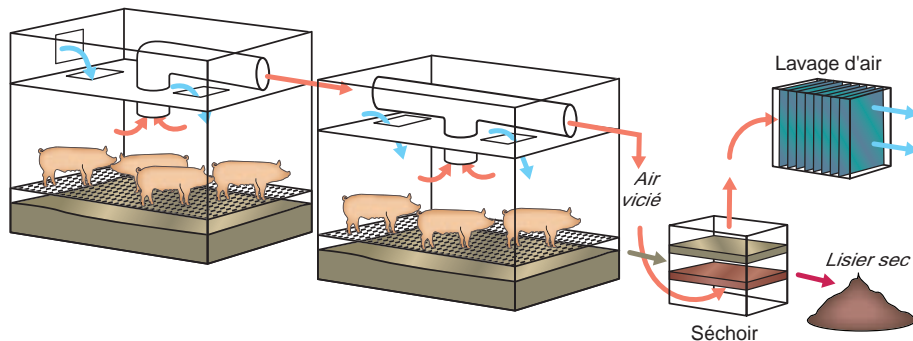
Objectif

Il s'agit d'un procédé permettant de déshydrater le lisier de porc en utilisant la capacité évaporative de l'air extrait des porcheries. Il aboutit à la production d'un lisier sec qui devrait être facilement commercialisable compte tenu de son taux de matière sèche, supérieur à 80 %.

• INNOVA de Fancom et Dorset

Principe de fonctionnement

L'air chaud provenant des bâtiments d'élevage est canalisé vers des séchoirs contenant un mélange de lisier brut et de lisier sec. Ce procédé nécessite pour cela une ventilation centralisée des bâtiments d'élevage. Le mélange lisier sec/lisier brut est épandu en fine couche sur un support ajouré. Par surpression, l'air extrait des porcheries diffuse à travers le produit et le décharge progressivement de son humidité. Le dispositif comprend 2 étages constitués de plaques perforées en inox de 30 x 200 cm. Ces plaques progressent de l'étage supérieur où a été réalisé le mélange lisier sec / lisier brut vers l'étage inférieur pour le séchage de finition. Un logiciel pilote la vitesse d'avancement des modules en fonction des informations fournies par des sondes thermiques et hygro-



En pratique

Il n'existe encore aucune installation de ce genre en France par contre une cinquantaine d'unités fonctionnent aux Pays-Bas, en Allemagne et au Danemark.

métriques. En fin de circuit, les plaques basculent. Un quart du lisier sec est évacué vers le lieu de stockage extérieur alors que les trois quarts restants sont ré-impregnés avec du lisier brut. Le potentiel de séchage pour un module de 20 m de long x 2 m de large x 2 étages est de 3 m³/jour environ. Ensuite, selon la quantité de lisier à traiter, il suffit d'installer le nombre de modules nécessaires. Dans la pratique, le débit de traitement du lisier va varier de 1 à 6 m³/jour en fonction du débit de ventilation, de la température et de l'hygrométrie de l'air de séchage. Ces variations saisonnières nécessitent l'utilisation d'une fosse tampon.

Des aménagements complémentaires sont prévus pour récupérer les calories provenant des combles. D'autre part, le traitement de l'air est incontournable car le séchage du lisier entraîne une volatilisation de l'azote ammoniacal. Innova propose notamment un lavage d'air avec une solution d'acide sulfurique dilué. Cela permet de neutraliser les odeurs et de retenir une fraction des émissions d'ammoniac. Il en résulte la production d'un sulfate d'ammonium pouvant être commercialisé comme engrais liquide. Il peut également être déshydraté en étant réincorporé sur le dispositif de séchage.

A noter qu'à la mise en route, le lisier sec peut être remplacé par des copeaux ou du compost. A privilégier pour les lisiers d'engraissement.

Quantité (par m³ de lisier brut traité) et composition des co-produits de traitement (kg/t produit brut pour respectivement N, P₂O₅ et K₂O) :

- Lisier sec à 80 - 85 % de MS :	100 kg/m ³	30 - 30 - 40
- Sulfate d'ammonium :	42 litres/m ³	75 - 0 - 0



Coût d'investissement

4 à 5 €/m³ de lisier brut à traiter (données constructeur pour un amortissement sur 10 ans, frais financiers en sus).



Coût de fonctionnement

7 à 8 €/m³ de lisier brut à traiter (données constructeur).



Maintenance

A préciser.



Main d'œuvre

Pas d'intervention directe de l'éleveur. Société de télésurveillance et d'entretien.

N 100 %

Abattement sur l'azote

Jusqu'à 100 % si exportation de la totalité des matières fertilisantes du lisier sous forme d'engrais.

P 100 %

Abattement sur le phosphore

Jusqu'à 100 % si exportation de la totalité des matières fertilisantes du lisier sous forme d'engrais.

Déshydratation du lisier

par évaporation/condensation et concentration



EvaFlo (S.N.F. s.a.s.)

Objectif

Rendre l'élevage porcin indépendant de la surface d'épandage nécessaire à l'absorption du lisier.

Les éléments fertilisants du lisier sont conservés en totalité et servent de base à la composition d'engrais organiques. L'eau contenue dans le lisier est évaporée puis condensée. Des installations collectives seront à même de traiter, soit des excédents, soit la production totale des élevages.

La structure étagée du procédé permet de traiter des volumes de 20 000 à 200 000 m³/an.

• EVAFLO de SNF s.a.s.

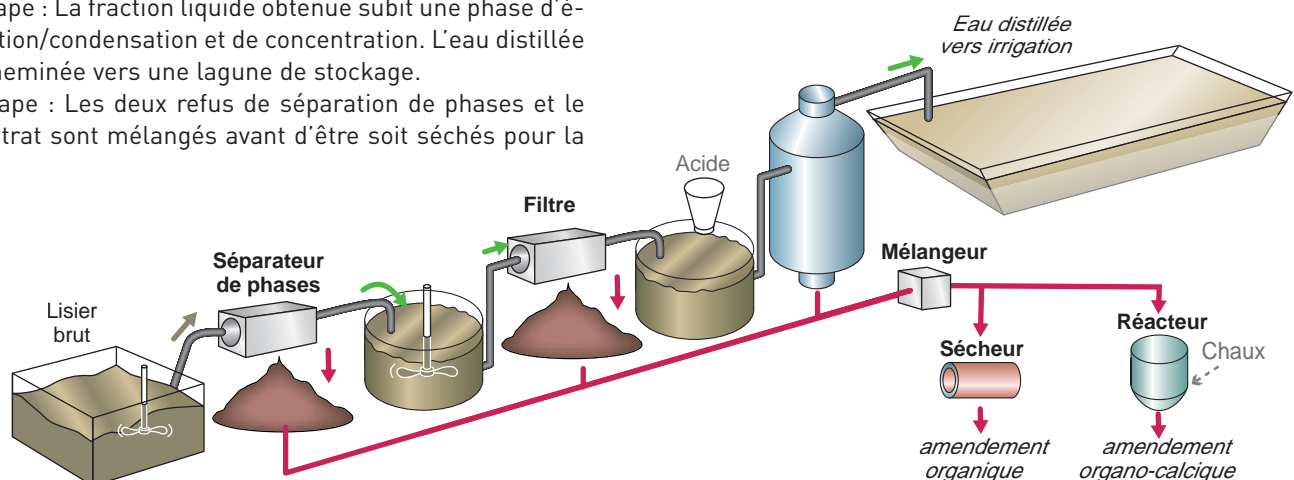
Principe de fonctionnement

EVAFLO est un procédé physico-chimique simple qui n'utilise que des équipements industriels existants. Il peut se décomposer en 3 étapes distinctes :

- 1^{ère} étape : Le lisier brut, avant d'être acidifié, subit deux séparations de phases successives, l'une par vis compacteuse, l'autre par filtration fine à 100 puis 50 µm.
- 2^{ème} étape : La fraction liquide obtenue subit une phase d'évaporation/condensation et de concentration. L'eau distillée est acheminée vers une lagune de stockage.
- 3^{ème} étape : Les deux refus de séparation de phases et le concentrat sont mélangés avant d'être soit séchés pour la

fabrication d'un engrais organique, soit mélangés à de la chaux pour la fabrication d'un amendement organo-calcaïque.

L'automatisation complète du système, la télésurveillance et l'assistance technique autorisent un fonctionnement en continu sans intervention de l'éleveur.



En pratique

EVAFLO est un procédé conservatif. Il utilise tous les éléments fertilisants (N, P, K) et organiques contenus dans le lisier.

Après traitement, on obtient :

- De l'eau distillée (DCO < 100 mg/litre ; N < 100 mg/litre)
- Un concentrat séché (80% de siccité) contenant les matières solides et solubles du lisier.

La qualité de l'eau obtenue permet soit son stockage pour faire de l'irrigation ou du lavage, soit son retour au milieu naturel. Quant au concentrat, il est sec, hygiénisé et stabilisé. Selon l'option choisie, il donne un amendement organique ou organo-minéral.

Bilan matière des principales filières de traitement biologique et physico-chimique

Procédés validés

Validées par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne

34

Procédés de traitement	Constructeurs/distributeurs		Co-produits
Nitrification/dénitrification par boue activée sans séparation de phases	Bioarmor, Carbofil, Porfilise, Valétec		<ul style="list-style-type: none"> Gaz (→ Air) Boue Lisier traité
Nitrification/dénitrification par boue activée avec décanteuse centrifuge	Bioarmor, Carbofil, GTIE-Synertec, Porfilise, Valétec		<ul style="list-style-type: none"> Gaz (→ Air) Refus de centrifugeuse Boue Lisier traité
Nitrification/dénitrification par boue activée avec vis compacteuse et filtre à bande sous vide	Dénitral		<ul style="list-style-type: none"> Gaz (→ Air) Refus de séparation de phases Lisier traité
Nitrification/dénitrification par percolation sur biofiltre avec vis compacteuse et décantation en tête	Eurobiosor		<ul style="list-style-type: none"> Gaz (→ Air) Refus de vis compacteuse Décantat Lisier traité
Compostage du lisier sur paille	Compostage méthode Guernevez, Isater		<ul style="list-style-type: none"> Gaz (→ Air) Compost
Compostage du lisier sur déchets verts	Natural		<ul style="list-style-type: none"> Gaz (→ Air) Ecoulement Compost
Concentration de l'azote par stripping et précipitation du phosphore	Balcopure		<ul style="list-style-type: none"> Refus de centrifugeuse Sulfate d'ammonium Lisier traité
Combustion catalytique de l'azote	Smelox		<ul style="list-style-type: none"> Gaz (→ Air) Refus de centrifugeuse Lisier traité
Concentration de l'azote et du phosphore par coagulation, floculation et filtration	AVDA		<ul style="list-style-type: none"> Tourteau organique Tourteau minéral Lisier traité
Déshydratation du lisier de porc sur disques raclés	MAE		<ul style="list-style-type: none"> Sulfate d'ammonium Lisier sec Lisier traité

Adresses

Par ordre alphabétique des principaux constructeurs ou distributeurs cités dans le document

- ANDRITZ – 2/4 avenue de l'Europe – 78140 Velizy-Villacoublay – Tél : 01 39 26 05 50
- APV COMPOST – BP 24 – ZA de Mespaol – 29220 Saint Renan – Tél : 02 98 32 41 63
- ASSERVA SA – ZA – Rue des Gastadours – BP 325 – 22403 Lamballe Cedex – Tél : 02 96 31 29 15
- AVDA – COOPAGRI BRETAGNE – ZI de Lanrinou – 29206 Landerneau – Tél : 02 98 25 30 99
- BALCOPURE – Chaux et Dolomie Française – BP 215 – 53602 Evron cedex – Tél : 02 43 98 23 78
- BAUER GES MBH – Kowaldstrasse 2 – A 8570 Voitsberg – Autriche – Tél : 43 (31) 42 20 04 22
- BARGAM SPA – 148, v. G. Rossini – Villa Strada 62011 Cingoli (MC) – Italie – Tél : +39 0733 616 726
- BIO ARMOR ENVIRONNEMENT – 18 C, rue du sabot – Espace d'entreprises Keraia – 22440 Ploufragan
Tél : 02 96 76 52 62
- BIODESYS – Coopagri Bretagne – ZI de Lanrinou – 29206 Landerneau cedex – Tél : 02 98 25 30 99
- CARBOFIL France – Rue des Riantières – 44540 St Mars la Jaille – Tél : 02 40 97 45 23
- CAVAC-SYNAPORC – 12 Bd Réaumur – BP 27 – 85001 La Roche sur Yon – Tél : 02 51 36 51 04
- CHAUVIN SA – 13 à 25 rue Alfred de Vigny – BP 2426 – 38034 Grenoble cedex 2 – Tél : 04 76 09 30 63
- CHICOINE – 18 rue des Vallées – 56580 Rohan – Tél : 02 97 51 50 50
- DEMOISY – 41 route de Seurre – BP 135 – 21204 Beaune cedex – Tél : 03 80 22 05 11
- DENITRAL – ZI La ville es Lan – 7 rue des Blossières – BP 328 – 22403 Lamballe cedex – Tél : 02 96 30 70 34
- EVAFLO – SNF s.a.s. – 42 163 Andrézieux – Tél : 04 77 36 86 00
- FAN Separator GmbH – Oelder Str. 10 – 59302 Oelde – Allemagne – Tél : 49 – (0) 2520 910 - 0
- GENNARETTI SpA – Via Roncaglia, 10 – 60035 Jesi, AN – Italie – Tél : (+39) 0731 – 20 02 00
- HUMICOLAE – Le Bourg – 15400 St Etienne de Chomeil – Tél : 04 71 78 35 97
- INNOVA – Fancom eurl – 113 rue de Fougères – BP 106 – 35501 Vitré cedex – Tél : 02 99 75 30 57
- ISATER – voir APV compost
- ITT FLYGT SAS – 29 rue du port – Parc de l'Ile – TSA 80600 – 92729 Nanterre cedex – Tél : 01 46 95 33 16
- LE CAIGNARD – ZI – Rue Guynemer – BP 105 – 22191 Plérin cedex – Tél : 02 96 74 57 78
- L.I.S.A. – ZA de Kergaben – 29710 Ploneis – Tél : 02 98 91 12 88
- M.A.E. – 2 rue Réaumur – BP 241 – ZI de Kergonan – 29272 Brest cedex – Tél: 02 98 41 12 86
- NATURAL – Aéroport centre – 29600 Morlaix – Tél : 02 98 88 38 75
- NOREE – BP 24– 22120 Yffiniac – Tél : 02 96 72 72 72
- PIERALISI et TEKNOFANGHI distribués par P.H.R. Industrie
- P.H.R. Industrie – 29 rue Jules Guesde – 92300 Levallois-Perret – Tél : 01 55 21 07 77
- PORFILISE – Porfimad – ZI de Fromeur – 29424 Landivisiau – Tél : 02 98 24 30 30
- RENO SARL – BP 15 – 35680 Bais – Tél : 02 99 76 30 09
- SANITEC-OCENE – Avenue de Monthorin – 35420 Louvigné du Désert – Tél : 02 99 98 00 58
- SMELOX – voir APV compost
- SOCIETE NOUVELLE MAISON BLEUE – Impasse de la Grotte – BP 19 – 85250 La Rabatelière – Tél : 02 51 43 16 00
- VALETEC – BP 212 – 1 rue Guynemer – 22192 Plérin cedex – Tél : 02 96 74 56 57
- WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRIE – 18 avenue de l'Europe – BP 120 – 02400 Château Thierry
Tél : 03 23 84 81 00
- WOLF – ZI – BP 7 – 67480 Leutenheim – Tél : 03 88 53 08 70

Références bibliographiques

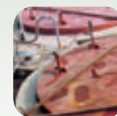
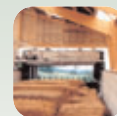
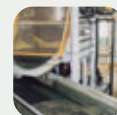
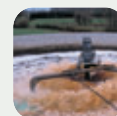
- ADEME Bretagne. Le compostage en Bretagne. Ed. Délégation Régionale de Bretagne - Janvier 2003.
- AGRESTE, 2002. Recensement Agricole 2000. Des élevages porcins toujours plus gros. Ministère de l'agriculture. N°108, mars 2002.
- AILE, 2004. Méthanisation des déchets organiques à la ferme : opportunités et développements. Colloque du 16 mars 2004. Rennes.
- Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2003. Les procédés de traitement de déjection animales (solides et liquides) mis en œuvre pour la résorption des excédents d'azote d'élevage. 98 p.
- BELINE F., DAUMER ML., GUIZIOU F., 2003. Performances des principales filières de traitement biologique aérobie du lisier de porc. Journée Rech. Porcine, 35, 29-34.
- Chambre d'Agriculture de l'Ain – Cemagref de Lyon. Synthèse de l'opération pilote (Polliat-Ain). 1992-1995
- CHEYROU-LAGREZE A., BOURDEL J., MAGALDI P., 1999. Procédé de traitement de déjections animales. C.R. Acad. Agric. Fr., 1999, 85, n°3, pp. 61-67.
- COILLARD J., TEXIER C., 1994. Le traitement à la ferme des lisiers de porcs excédentaires : une étude de cas, l'unité de traitement de la Coopérative Agricole Lauragaise. Journée Rech. Porcine en France, 26, 141-150.
- COILLARD J., 1997. Procédés de traitement des lisiers de porc étudiés en France. Ingénieries – EAT – n°10, p 17-33.
- Conseil Général du Finistère , 1998. Lisiers de porcs et traitements. Ed. C.G.F. Quimper. 162 p + annexes.
- COUTON Y., SENEZ L., DEVROE C., LEMIERE JP., COQUILLE JC., GERMON JC., 2000. Bilan du fonctionnement d'une filière de traitement des lisiers de porcs à la ferme avec séparation de phases et lagunage anaérobie. Ingénieries – EAT – n°21, p 29-39.
- FARGE (de la) B., HEDUIT M., BRONDEAU P., MONGIN JP., SAUGERE D., CAMBUS L., 1983. La méthanisation des lisiers de porcs. Journée Rech. Porcine en France, 15, 11-22.
- FORD M., FLEMING R., 2002. Mechanical Solid-Liquid Separation of Livestock Manure, Literature Review. Ed Ridgetown College, Ridgetown, Ontario. 49 p.
- ITP, 1992. Les traitements du lisier de porc à la ferme. Tome II – fiches techniques des matériels. Ed. ITP, Paris. 87 p.
- ITP, 2000. Phosphore et environnement. Ed. ITP, Paris. 32 p.
- LEVASSEUR P., 2003. Bilan d'une station de traitement biologique par boue activée avec ou sans séparation de phases en tête. Journée Rech. Porcine, 35, 35-40.
- LEVASSEUR P., LEMAIRE N., 2003. Etat des lieux du traitement des lisiers de porcs en France. Techniporc, n°4, 2003, p 41-42.
- LEVASSEUR P., LE BRIS B., GORIUS H., LE COZLER Y., 2003. Traitement biologique par boue activée et compostage du lisier sur paille : enquête en élevage. Techniporc, 26, 5-11.
- PIETERS JG., NEUKERMANS GGJ., COLANBEEN MBA., 1999. Farm-scale Membrane Filtration of Sow Slurry. J. Agric. Engng Res., 73, 403-409.
- RAPPORT FAT, 1994. Séparation du lisier : une technique qui permet d'améliorer les propriétés du lisier. Station fédérale de recherches en économie et technologie agricole. CH-8356 Tänikon. N°445, 11 p.
- TEFFENE O., TEXIER C., 2001. Les stations de traitement des effluents porcins : estimation des coûts et conséquences économiques. Rapport d'étude OFIVAL. 58 p.
- TEXIER C., 1999. Traitement des lisiers : descriptif des procédés français. Ed. ITP, Paris. 24 p.

Guide pratique du Traitement des effluents porcins

Les procédés de traitement sont nombreux et très évolutifs, l'ITP a choisi d'éditer une brochure sur les traitements des lisiers qui actualise et complète celle publiée dès 1999. En effet, de nouveaux procédés ont fait leur apparition alors que d'autres ne sont plus commercialisés. Un chapitre est également consacré à la séparation de phases car elle peut contribuer à la résorption de l'azote et du phosphore via le transfert hors plan d'épandage d'une fraction solide partiellement déshydratée.

Au sommaire :

- Classification des procédés de traitement
- Critères de choix d'un procédé de traitement
- Séparation de phases
- Traitements biologiques
- Procédés physico-chimiques
- Bilan matière des principales filières de traitement biologique et physico-chimique
- Adresses
- Références bibliographiques



Institut Technique du Porc

BP 18 - 35850 Romillé - Tél : 02 99 68 29 13

pascal.levasseur@itp.asso.fr

L'auteur remercie :

- Bertrand Le Bris (Chambre d'Agriculture, 35), Yvan Urvois (Agence de l'Eau Loire-Bretagne), Yvon Saläun (Institut Technique du Porc, 35) et Claude Texier (Institut Technique du Porc, 35) pour leur relecture attentive.
- Les constructeurs et distributeurs ayant contribué à l'élaboration de cette brochure par leur divers apports : conseils, photos, synoptiques...

www.itp.asso.fr