

Boues d'épuration séchées

Séchage, stockage, épandage et décomposition

Urs Meier, MERITEC GmbH, CH-8356 Ettenhausen

Rainer Frick et Martin Schlatter, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), CH-8356 Tänikon

Michael Kasper et Peter Hunziker, Gebrüder Hunziker AG, CH-8400 Winterthur

Gregor Affolter, LBBZ Arenenberg, CH-8268 Mannenbach-Salenstein

Dans le cadre d'un concept de gestion des boues d'épuration basé sur le recyclage des éléments nutritifs, l'étude a porté sur différents processus de séchage, sur les propriétés des produits de séchage et leur aptitude à servir d'engrais. Le procédé qui repose sur l'utilisation d'un tambour sécheur rotatif est celui qui permet d'obtenir les meilleurs résultats: on obtient en effet un produit dont les granulés sont suffisamment réguliers. Il est ensuite assez facile de fabriquer un engrais de

base en ajoutant des éléments au produit initial. La stabilité au stockage des produits secs est garantie lorsque le taux de MS dépasse 85%. Lorsque le taux de MS est bas, des moisissures risquent de se former sur les matériaux stockés. Les essais d'épandage réalisés avec trois machines différentes - un distributeur d'engrais centrifuge, un épandeur de grande capacité et un épandeur de compost - montrent que tous les produits issus du tambour sécheur rotatif ou du sécheur à spi-

rale permettent d'obtenir une précision d'épandage satisfaisante avec un distributeur centrifuge ou un épandeur de grande capacité. Les produits issus de l'évaporateur en couche mince s'écoulent difficilement du distributeur d'engrais et produisent un épandage irrégulier. Le distributeur de compost ne convient pas pour l'épandage des produits étudiés. A l'exception des granulés qui proviennent de l'évaporateur en couche mince, tous les produits émettent une poussière considérable. Les émissions sont nettement plus faibles lorsqu'on utilise une vis sans fin à l'avant de l'épandeur de grande capacité. En ce qui concerne la décomposition des produits, les trois procédés de séchage se valent. Etant donné la lenteur à laquelle se décomposent les particules, il est recommandé d'incorporer les boues d'épuration séchées superficiellement dans le sol.



Fig. 1. Structure de l'essai pour évaluer la qualité de l'épandage. Le matériau épandu est collecté dans des coupelles, ce qui permet d'évaluer les quantités réparties. A droite du tracteur, on mesure également la teneur de l'air en poussière.

Sommaire	Page
Problématique	2
Structure de l'essai	2
Résultats	3
Essais de séchage	3
Essais d'épandage	6
Emission de poussière	8
Décomposition	9
Conclusions	9
Bibliographie	10

Problématique

Les boues d'épuration sont précieuses. Au lieu d'être éliminés, les éléments nutritifs qu'elles contiennent doivent être réintégrés dans les cycles naturels. Il faut d'une part résoudre le problème technique lié au traitement des boues et d'autre part le problème de la valorisation du produit fini à des fins agricoles ou autres. Les branches pour lesquelles les boues d'épuration humides ou déshydratées ne conviennent pas sont particulièrement intéressantes (cultures spéciales comme les cultures fruitières, horticoles, maraîchères, la viticulture, mais aussi les prairies, les pâtures, les pépinières, les espaces verts publics, les jardins privés etc.). L'étude a également porté sur l'utilisation comme composant de mélanges de terreaux enrichis ou d'engrais commerciaux.

Structure de l'essai

En matière de séchage, trois procédés différents ont été utilisés. Le premier est constitué d'un **tambour sécheur rotatif**, le second d'un **séchoir à spirale** et le troisième d'un **évaporateur en couche mince**. Les principales spécifications techniques de ces machines sont réunies au tableau 1.

Les **produits de séchage** des installations se distinguent par leur forme et leur volume (fig. 2). Le séchage de boues d'épuration stabilisées avec de la chaux ou de la poudre de roche n'a posé aucun problème quel que soit le procédé de séchage employé. Les produits de séchage chaulés ou contenant de la poudre de roche présentent un pourcentage de particules fines nettement plus élevé et sont de couleur beige.

Au cours de l'essai, on a procédé à des relevés de température et observé l'aspect des matériaux pour étudier la **conservation** des produits issus des boues d'épuration.

Les **propriétés des produits en ma-**

tière d'épandage ont été étudiées pour trois engins différents. Les spécifications techniques sont présentées au tableau 2. On a mesuré le profil d'épandage à l'aide de deux bandes de coupelles de réception disposées à intervalle de 2 m, perpendiculairement à l'axe de circulation du tracteur (fig. 1). Avec 38 coupelles, on peut couvrir une largeur d'épandage de 20 m. La largeur de travail du distributeur centrifuge et de l'épandeur de grande capacité était de 15 m. Avec le distributeur de compost, il n'est pas possible de régler la largeur de travail.

Après chaque passage, le contenu de chaque coupelle a été vidé dans un béccher de 100 ml et le volume correspondant enregistré. Pour des raisons techniques, le tracteur ne pouvait passer que relativement lentement sur les coupelles (à 3,5 km/h env.). Le but était d'arriver à épandre environ 2t/ha. Cela correspond à une fumure P de 100 kg P₂O₅/ha pour 50 kg P₂O₅ par t de MS. Généralement dans la pratique, la vitesse des épandeurs est plus élevée. Pour mesurer le **taux de poussière**, on a utilisé un appareil de mesure de poussière TM digital µP. Le principe du procédé est basé sur la mesure de la

Tab. 1: Comparaison technique des trois procédés de séchage

Technique	Tambour sécheur rotatif	Séchoir à spirale	Evaporateur en couche mince
Principe	Séchage dans un tambour chauffé	Séchage par contact avec des vis chauffantes et des godets	Prétraitement à la vapeur suivi d'un pressage en barres et séchage final dans un sécheur à bande
Séchoir	Tambour sécheur	Module avec 8 godets en cascade	Evaporateur en couche mince et sécheur à bande
Capacité en kg MS/h*	1000	300	40
Puissance calorifique en kW	4744	max. 1500	Aucune indication
Puissance évaporatrice en m ³ /h	3	0,8-1,5	0,13
Energie thermique en kWh/t MS	2050	4500	1900
Par kg d'eau évaporée en kWh	0,8	1,3	0,6
Energie électrique en kWh/t MS	250	Aucune indication	260
Apparencé et forme des produits séchés finis	Granulé rond régulier	Conglomérat irrégulier, poudreux contenant des grumeaux	Bâtonnets réguliers de longueur et de diamètre définis
Couleur des produits finis	Anthracite	Anthracite	Anthracite
Taille des produits finis	Ø 1-6 mm	Poudre et grumeaux <1-10 mm	Longueur 5-20 mm, Ø 4 mm
en kg/m ³	730-870	450-600	540

* Teneur moyenne en MS dans les boues d'épuration déshydratées: 25 %

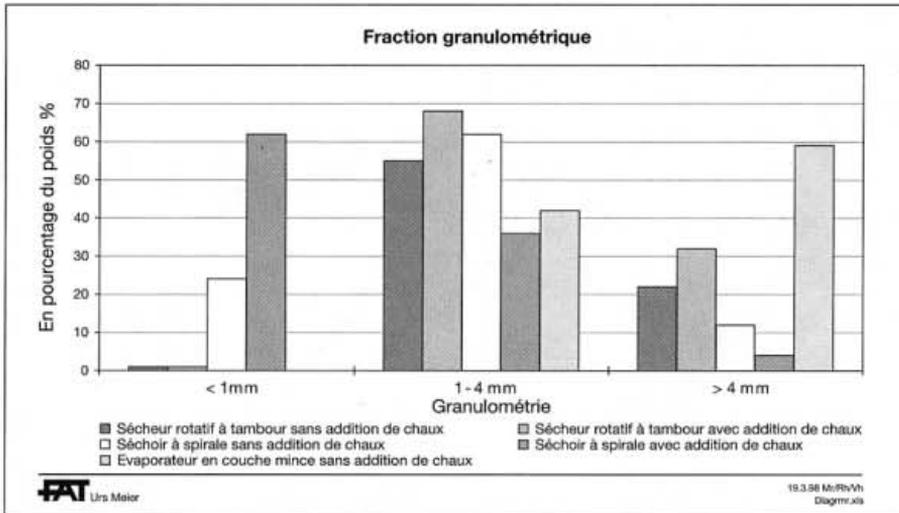


Fig. 2. Répartition granulométrique moyenne de tous les produits issus des trois procédés de séchage utilisés. Avec le tambour sécheur, environ 60% des grains ont une taille comprise entre 1 et 4 cm. Les produits issus du séchoir à spirale présentent un fort pourcentage de particules fines avec environ 25 à 60% de particules < 1 mm. Cette proportion se traduit par d'importants dégagements de poussière lors de l'épandage. Les produits issus de l'évaporateur en couche mince ne présentent aucun pourcentage de particules fines, ce qui se traduit par de faibles dégagements de poussière lors de l'épandage.

disfraction de la lumière qui permet de relever la part respirable des fines particules de poussière. La plage de sensibilité était comprise entre 0,01 mg/m³ et 99,99 mg/m³ d'air. La mesure elle-même était effectuée à intervalle de 2 m, à côté de l'épandeur (fig. 1). Pour chaque passage, on a retenu la valeur la plus élevée.

Pour analyser les propriétés des différents granulés en matière de décomposition, on a disposé une couche de granulés sur un filtre en papier saturé d'eau dans une boîte de Petri. Puis, on a relevé la teneur en eau au bout de deux jours. 20 g de chaque

granulé ont également été placés dans un béccher avec 150 ml d'eau. La quantité d'eau absorbée a été relevée au bout d'un jour et de sept jours. Afin d'observer les granulés dans les conditions de la pratique, on a mis en place des parcelles d'essai à la fin du mois de février 1997 au début de la période de végétation avec 13 sortes de granulés différents et quatre engrais commerciaux (1 l de granulé épandu à la main sur 1 m²; culture: blé d'automne). La vitesse de décomposition des granulés a été évaluée visuellement à différentes périodes.

Résultats

Essais de séchage

Durant la phase d'essai, le tambour sécheur rotatif n'a pas subi de pannes graves. L'installation de séchage en spirale, quant à elle, présentait un rendement trop limité. Un module de séchage supplémentaire a permis d'obtenir un débit suffisant. L'installation a fonctionné de manière irréprochable. L'évaporateur en couche mince a servi uniquement à produire des matériaux séchés pour d'autres essais. Aucun essai proprement dit n'a été effectué avec cette installation.

Avec une consommation de 1900 kWh/t MS d'énergie thermique et 260 kWh/t MS d'énergie électrique, l'évaporateur en couche mince est celui qui consomme le moins d'énergie pour le séchage, suivi de près par le tambour sécheur rotatif qui présente les mêmes valeurs (tab. 1). Le séchoir à spirale a besoin de deux fois plus d'énergie.

D'après les données qui portent sur les émissions, toutes les installations peuvent fonctionner dans le respect de l'environnement. La température et la durée de séjour des matériaux dans les trois installations est suffisamment élevée, resp. suffisamment longue pour détruire les germes pathogènes (salmonelles et entérobactériacées). Avec les installations équipées du tambour sécheur rotatif et de l'évaporateur en couche mince, il est possible de fabriquer un engrais de base sans grandes difficultés en ajoutant des

Tab. 2: Spécifications techniques des trois appareils utilisés pour l'épandage

Désignation	Distributeur d'engrais centrifuge	Epandeur de grande capacité		Epandeur de compost
Fabricant	Vicon (fig. 1)	Amazone (fig. 4)		Heywang (fig. 5)
Type	Duoflow DS 751	ZGB B 16000 TR		Miro ABH 41
Système de distribution	2 disques	2 disques	Vis frontale	Distributeur à assiettes (4 assiettes)
Largeur de travail	10-15 m	jusqu'à 24 m	12 m	6-12 m
Dosage des quantités	2 cônes d'éjection	Tapis d'alimentation hydraulique		Fond mouvant hydraulique
Mode d'accouplement de la machine	3 points	Tracté		Tracté
Capacité	750 l	9000 l		5000 l
Prix (approximatif) 1997	Fr. 4100.-	Fr. 81000.-		Fr. 16 000.-

Tab. 3: Teneurs des boues d'épuration déshydratées et des différents produits de séchage

Paramètre	Unité	Boues d'épuration déshydratées	Tambour sécheur rotatif			Séchoir à spirale		Evaporateur en couche mince
			sans chaux	avec chaux	avec potassium	sans chaux	avec chaux	sans chaux
MS	%	21-28	73-96	62-92	94-97	70-90	65-93	70-96
MO	% de MS	48	39	39	42	46	30	43
NH ₄	g N/kg MS	6,6	3,1	0,6	0,3	2,2	0,3	1,9
N _{tot}	g N/kg MS	-	33	31	29	-	-	28
P ₂ O ₅	g P ₂ O ₅ /kg MS	51,3	-	-	-	-	-	50,4

MS = matière sèche; MO = matière organique; - = non analysé

compléments tels que le sulfate de potassium avant le procédé de séchage. Le mélange ne se sépare pas pendant le stockage. Le séchoir à spirale n'a pas permis de faire des essais avec des compléments.

Matériau de départ

Les boues d'épuration à disposition pour l'essai étaient de qualité très variable (tab. 3). Les teneurs en MS fluctuaient entre 21 et 28%. Ce phénomène est lié à la diversité des processus de déshydratation, aux industries rattachées aux stations d'épuration et aux conditions de stockage (local couvert, non couvert et durée de stockage). Les boues d'épuration déshydratées qui doivent être stockées plus longtemps sont stabilisées avec de la chaux ou de la poudre de roche. La teneur en MS de ces boues oscillait entre 27 et 28%.

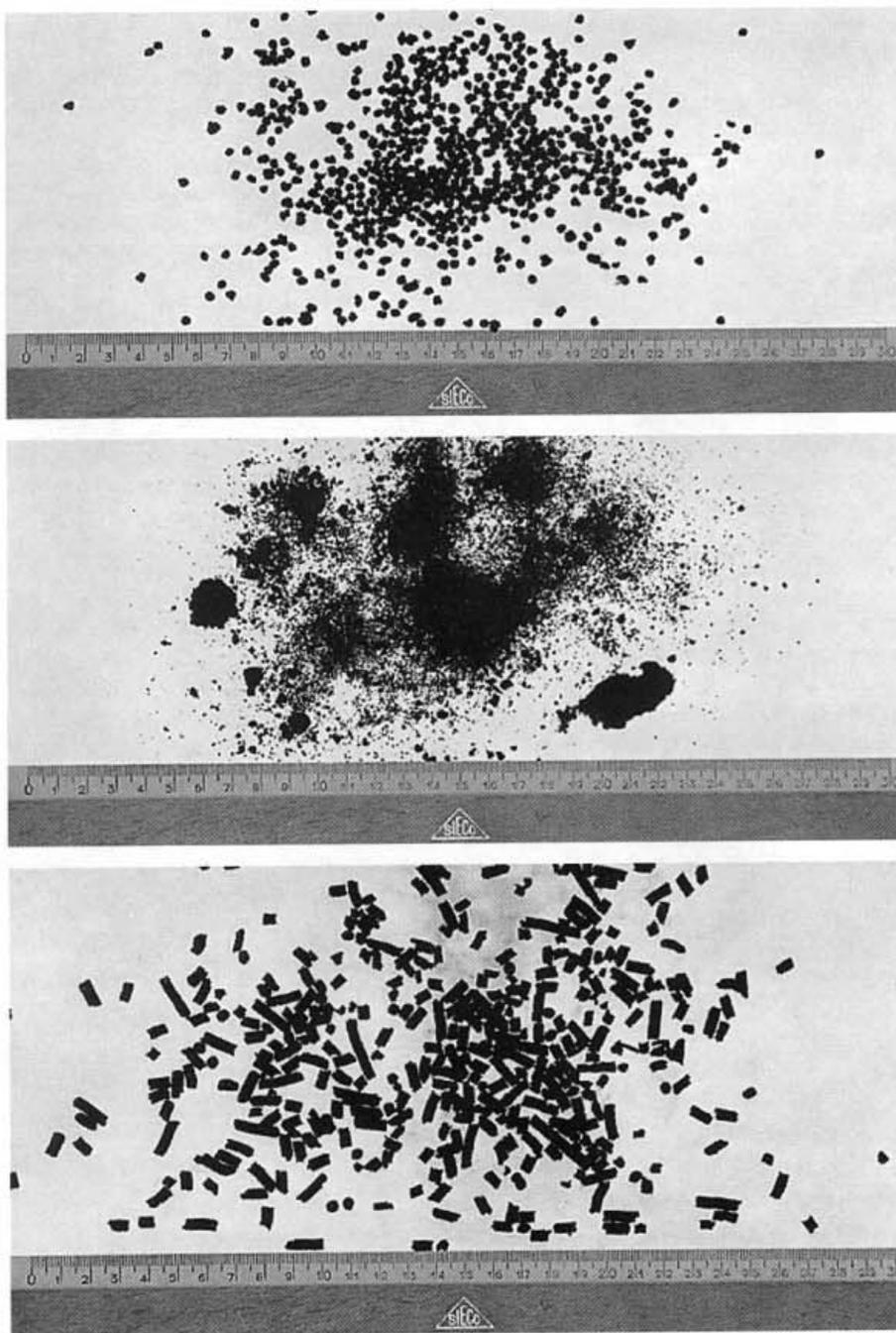


Fig. 3. Granulé régulier produit par le tambour sécheur (en haut). On ne voit aucun grain de moins d'1 mm. Les produits issus du séchoir à spirale (photo au centre) présentent une répartition granulométrique irrégulière avec un fort pourcentage de particules fines de moins d'1 mm. Les grumeaux entraînent la formation de moisissures lors du stockage et portent préjudice à la qualité de l'épandage. Les produits issus de l'évaporateur en couche mince (photo du bas) sont des granules de forme régulière. Lors de l'épandage, ces granules s'écoulent difficilement du conteneur.



Fig. 4. Epandeur de grande capacité à l'action. Cet appareil a permis d'obtenir un épandage de bonne qualité. Il appartient en général à des entrepreneurs de travaux agricoles.



Fig. 5. L'épandeur de compost ne convient pas pour l'épandage des boues d'épuration étudiées. En outre, c'est avec cet appareil qu'on a relevé les émissions de poussière les plus importantes.

Produits finis

La composition des produits finis issus des procédés de séchage est comparable (tab. 3). La teneur en MS des produits finis n'influence pratiquement pas les teneurs. Par rapport aux boues d'épuration déshydratées, la fraction organique des produits de

séchage diminue d'environ 20%. Le processus de séchage entraîne des pertes de $\text{NH}_4\text{-N}$ comprises entre 50% et 70% (air sortant, condensation). Pour les boues chaulées, le taux de $\text{NH}_4\text{-N}$ est compris entre 0,3 et 0,6 N/kg MS, parce que l'apport de chaux fait augmenter le pH à plus de 9 et entraîne des émissions d'ammoniaque

(NH_3). La teneur du produit fini en azote total est de l'ordre de 30 g N/kg MS, que la boue séchée ait été chaulée ou non.

Les analyses granulométriques des produits finis (fig. 2 et 3) effectuées directement à la sortie de l'installation de séchage montrent que le tambour sécheur rotatif présente des particules avec une répartition granulométrique très homogène. Plus la teneur en MS est élevée, plus la taille des particules est homogène. Le produit ne présente pratiquement pas de particules inférieures à 1 mm. Les produits issus du séchoir à spirale présentent une courbe granulométrique assez large avec un très fort pourcentage de particules fines. Avec l'évaporateur en couche mince par contre, la majeure partie des granulés dépassent 4 mm et ne présentent pratiquement pas de particules fines.

Aptitude au stockage

En pratique, il est rare que les produits soient stockés en plein air, c'est pourquoi la question n'a pas été abordée. En ce qui concerne le stockage dans des Big Bags sous une toiture, on n'a constaté aucun échauffement des produits pendant 18 jours.

Tous les produits qui affichent un taux de matière sèche supérieur à 85% ne



Fig. 6. En ce qui concerne les produits stockés, ce sont surtout les parties grumeleuses qui présentent des moisissures. De tels grumeaux sont difficiles à épandre et se traduisent par un épandage de qualité insuffisante.

présentaient aucune moisissure. Les produits avec un taux de MS de 80% présentent des moisissures sur les fragments grumeleux (fig. 6), qu'il s'agisse d'échantillons chaulés ou non. Les produits dont la teneur en MS est inférieure à 80% présentent souvent une forte proportion de moisissures. Les produits sur lesquels les moisissures sont très développées conviennent mal pour l'épandage, car ils risquent de causer des bourrages et des ponts.

Après l'épandage, les produits présentant des moisissures ne devraient exercer que peu d'influences négatives sur la flore et la faune du sol. Par contre, il est recommandé de porter un masque de protection contre la poussière lorsqu'on charge, décharge les produits à épandre car les spores de moisissures peuvent porter préjudice à la santé.

Essais d'épandage

Distributeur d'engrais centrifuge

Le produit qui présente la meilleure qualité d'épandage est celui qui provient du tambour sécheur rotatif avec 90% de MS, sans chaux (fig. 7). Par rapport aux échantillons non chaulés, les échantillons qui le sont affichent une distribution plus concentrée au centre (fig. 8). En raison du pourcentage plus important de poussière, l'addition de chaux diminue la qualité de l'épandage. Les largeurs de travail sont de l'ordre de 10 m.

En général, lorsqu'on épand des produits issus de séchoir à spirale, on trouve beaucoup de particules fines au centre et des particules plus grossières avec des grumeaux dans la zone extérieure. Avec les produits qui ne contiennent pas de chaux, les matériaux s'écoulent mal du distributeur d'engrais à cause de la formation de ponts. Les produits qui contenaient 70% de MS dégageaient de fortes odeurs après l'épandage. Bien que la largeur de travail de l'épandeur ait été réglée à 15 m, on n'a pu réellement atteindre que des largeurs de travail de 8 à 10 m. Les largeurs de travail sont encore plus réduites que pour les produits issus du tambour sécheur rotatif. Tous les produits qui proviennent de l'évaporateur en couche mince présentent une importante largeur de tra-

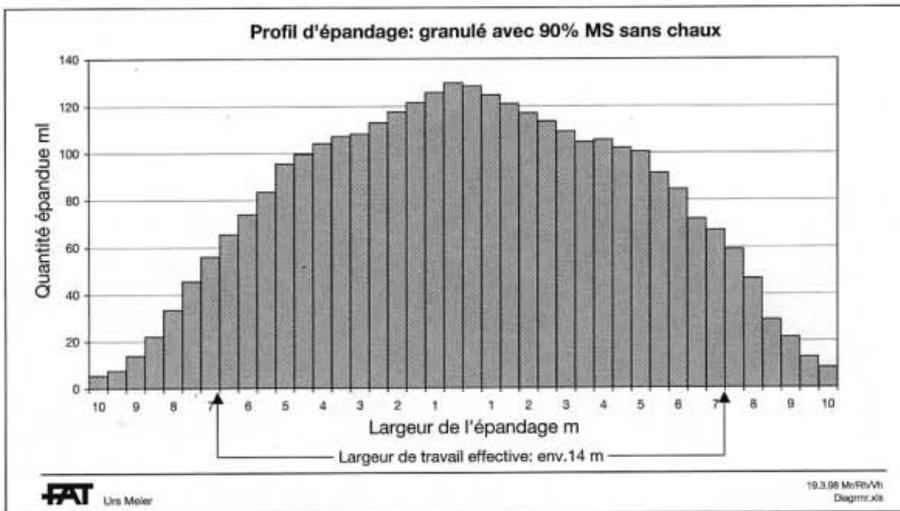


Fig. 7. Profil de l'épandage réalisé avec le distributeur d'engrais centrifuge chargé des produits issus du tambour sécheur rotatif contenant 90% de MS sans addition de chaux. Bonne répartition des quantités avec courbes d'épandage régulières.

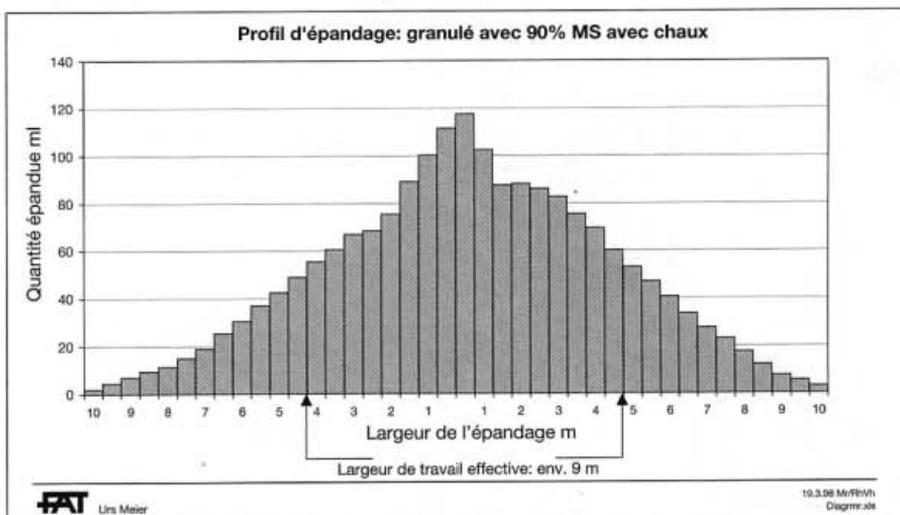


Fig. 8. Profil de l'épandage réalisé avec le distributeur d'engrais centrifuge chargé des produits issus du tambour sécheur rotatif contenant 90% de MS avec addition de chaux. Beaucoup de matière est épandue au centre.

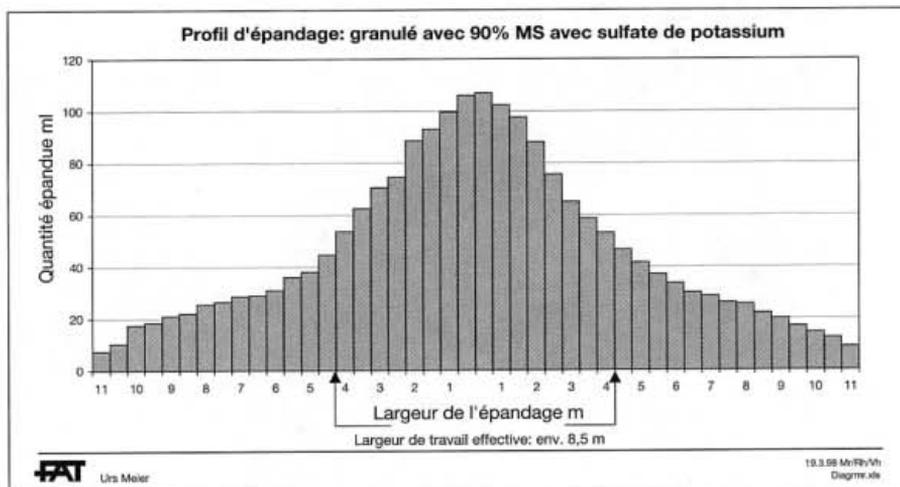


Fig. 9. Profil de l'épandage réalisé avec l'épandeur de grande capacité chargé des produits issus du tambour sécheur rotatif contenant 90% de MS avec addition de sulfate potassique. La qualité de l'épandage est comparable à celle obtenue avec les produits contenant de la chaux.

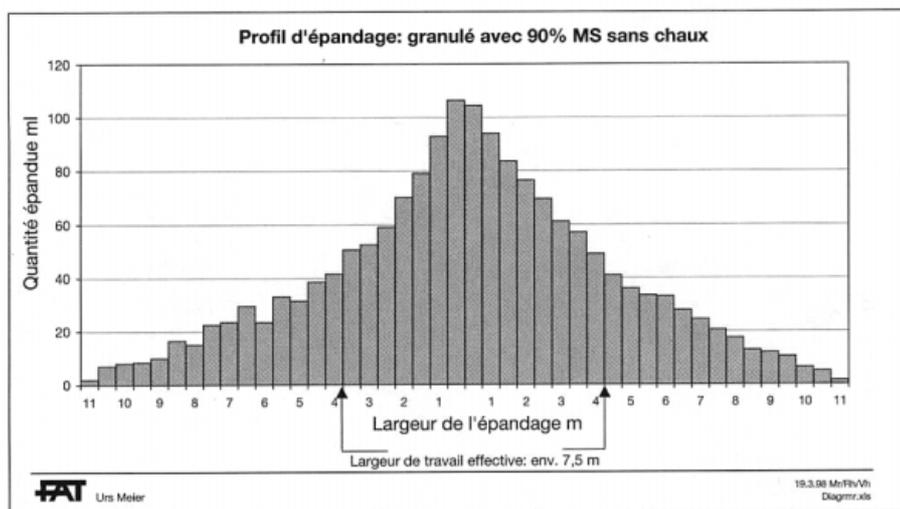


Fig. 10. Profil de l'épandage réalisé avec l'épandeur de grande capacité chargé des produits issus du séchoir à spirale contenant 90% de MS sans addition de chaux. Trop de matière est épandue au centre, ce qui se traduit par une répartition inégale sur l'ensemble de la parcelle.

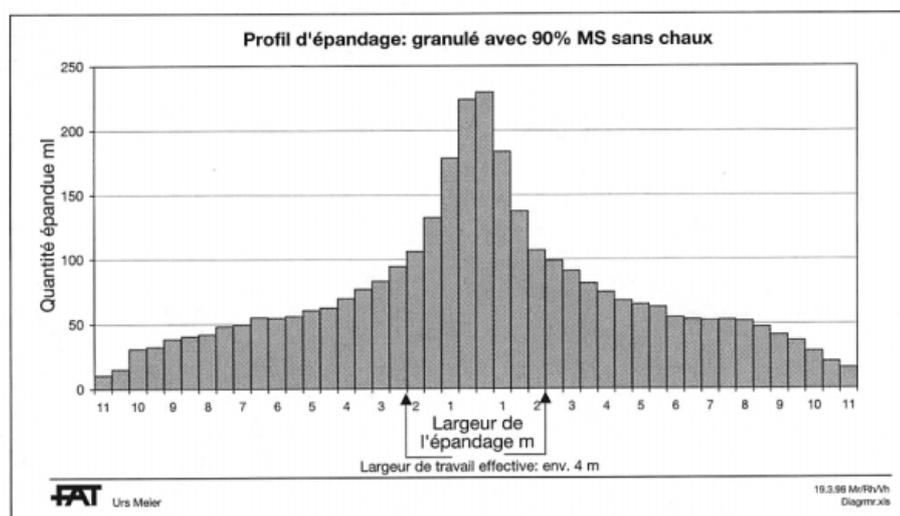


Fig. 11. Profil de l'épandage réalisé avec l'épandeur de grande capacité chargé des produits issus de l'évaporateur en couche mince contenant 90% de MS sans addition de chaux. Trop de matière est épandue au centre.



Fig. 12. Epandage avec la vis frontale de l'épandeur de grande capacité. Cette technique d'épandage est celle qui entraîne les émissions de poussière les plus réduites.

vail de 12 à 14 m. Il y a toujours trop de boues épandues au centre, ce qui fait que l'engrais est mal réparti sur la parcelle, ce qui est défavorable. En revanche, ces produits sont moins sensibles au vent que les deux autres types de produits. Mais comme les produits issus de l'évaporateur en couche mince s'écoulent mal du distributeur – il a fallu à chaque fois deux passages pour épandre une quantité d'engrais suffisante – ils ne conviennent pas pour l'épandage avec le distributeur d'engrais centrifuge.

Epandeur de grande capacité

Tous les produits issus du tambour sécheur rotatif distribué avec l'épandeur de grande capacité ont permis d'obtenir un épandage de qualité satisfaisante (fig. 9). Avec les échantillons chaulés, on constate qu'un peu plus de matière a été épandue au centre. Comme avec le distributeur d'engrais centrifuge, les largeurs de travail ne sont que de 10 m environ, bien que la machine ait été réglée à 15 m.

Les produits issus du séchoir à spirale ont permis de réaliser un épandage de qualité analogue (fig. 10). Avec les échantillons dont le taux de MS s'élève à 80%, contenant ou non de la chaux, on a constaté que des grumeaux se déposaient sur la plaque-filtre du réservoir lors de l'épandage. Dans la pratique, ces produits doivent être épandus sans plaque-filtre. Avec les produits chaulés, on a constaté qu'un peu plus de matière a été épandue au centre. Les largeurs de travail sont comprises entre 8 et 10 m.

Les produits issus de l'évaporateur en couche mince dont le taux de MS est compris entre 90 et 80% (fig. 11) permettent d'obtenir des largeurs de travail de près de 16 m. Le distributeur éjecte nettement plus de matériaux au centre que sur les bords, ce qui explique que les matériaux sont répartis irrégulièrement sur la parcelle. Le produit avec un taux de MS de 80% se dépose en partie sur la plaque-filtre pendant l'épandage. La régularité de l'épandage est moyenne.

L'épandeur de grande capacité dispose non seulement d'un dispositif d'épandage à deux disques mais aussi d'une vis sans fin montée à l'avant (fig. 12). Les essais réalisés avec la vis sans fin ont servi notamment à mesu-

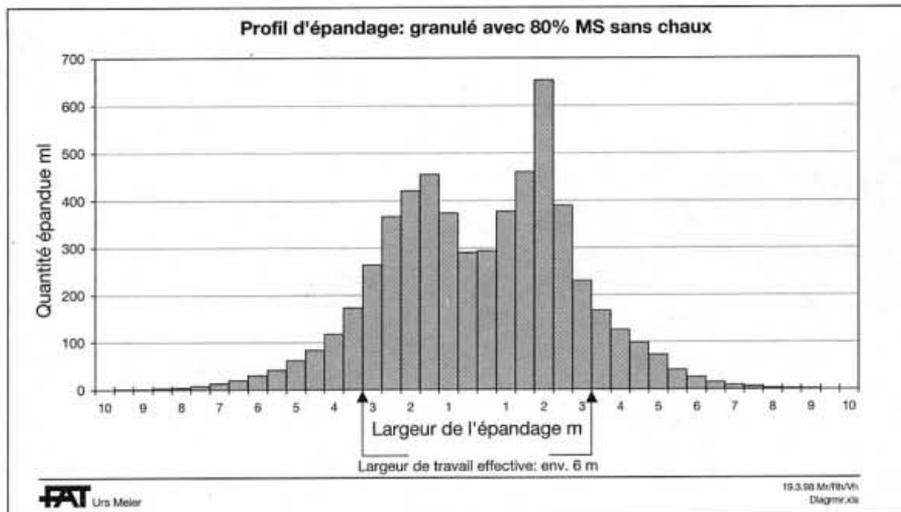


Fig. 13. Profil de l'épandage réalisé avec l'épandeur de compost chargé des produits issus du tambour sécheur rotatif contenant 80% de MS sans addition de chaux. Il faut relever les deux pics qui indiquent une répartition irrégulière sur l'ensemble de la parcelle.

rer les émissions de poussière. Pour tous les produits, on a observé des émissions de poussière plus faibles (voir tab. 4). Pour des raisons techniques, il n'a pas été possible de faire un relevé pour évaluer la qualité de l'épandage. Visuellement, la répartition semble très régulière (fig. 12).

Quant à la répartition du produit issu du séchoir à spirale avec 80% de MS, elle s'avère très régulière (fig. 12).

Avec le produit issu du séchoir à spirale qui présente 80% de MS et ne contient pas de chaux, des bourrages se

sont produits au niveau de la vis sans fin. Les produits issus de l'évaporateur en couche mince ne peuvent pas être épandus à l'aide de la vis sans fin.

Epandeur de compost

Les relevés effectués avec l'épandeur de compost montrent clairement qu'aucun produit n'est adapté à l'épandage avec cette machine (fig. 13). En outre, les largeurs de travail qui sont de l'ordre de 6 m sont plus réduites.

Emission de poussière pendant l'épandage

Outre les relevés effectués pour évaluer la qualité de l'épandage, on a également mesuré les émissions de poussière (tab. 4). En général, on constate que les produits qui présentent un fort pourcentage de particules fines produisent plus de poussière que les produits dont le pourcentage de particules fines est plus faible (comparaison avec le phosphate supertriple). Les produits qui contiennent de la chaux émettent plutôt plus de poussière que les produits qui n'en contiennent pas. L'utilisation de la vis sans fin à l'avant de l'épandeur de grande capacité permet de réduire considérablement les émissions de poussière.

En matière d'émissions de poussières, il existe une valeur limite de 6 mg/m³ d'air. Cette valeur porte sur la poussière inerte, c'est-à-dire la poussière qui ne présente pas de potentiel toxique ni allergène. En raison des émissions de poussière parfois très élevées, des mesures doivent être prises pour leur réduction. Les personnes qui sont touchées par les émissions lors de la manipulation et de l'épandage des boues doivent par exemple porter un masque qui les protège contre la poussière. Toutes les ouvertures de la cabine du tracteur doivent être fermées. Les masques de protection contre la poussière doivent appartenir à la catégorie P2. Lorsque les boues sont couvertes de moisissures, il faut porter des masques de catégorie P3 (pour plus d'informations, téléphonez à SUVA, Lucerne).

Avec les émissions de poussière, les engrais risquent d'être déplacés même lorsque la vitesse du vent est faible. En bordure des forêts et le long des rivières, il faut tenir compte des éventuelles pollutions.

Les échantillons chaulés quant à eux se sont avérés positifs, car on a constaté qu'ils dégagent moins d'odeur à l'épandage que les échantillons non chaulés. Par contre, les échantillons avec 70% de MS se sont avérés défavorables car ils dégagent une forte odeur de pourriture.

Tab. 4: Emissions de poussière lors de l'épandage (en mg/m³ d'air)

Epandeur	Vicon	Amazone		Heywang
Système de distribution	2 disques	2 disques	Vis frontale	Distributeur à assiettes
Produit	Teneur en poussière	Teneur en poussière	Teneur en poussière	Teneur en poussière
Tambour sécheur rotatif				
Sans chaux	23	23	11	39
Avec chaux	82	71	19	-
Avec sulfate de potassium	34	26	9	-
Séchoir à spirale				
Sans chaux	9	8	4	19
Avec chaux	72	41	6	99
Evaporateur en couche mince				
Sans chaux	5	12	4	32
Variante de comparaison				
Phosphate supertriple	4,9	-	-	-

Remarques: - = aucune valeur mesurée

Décomposition des boues d'épuration en granulés («Disponibilité dans le sol»)

D'après Chassot (1992), les granulés de boues d'épuration ne sont en général pas plus durs que les granulés d'engrais minéraux habituels. Mais leur décomposition est souvent plus lente. Cette situation peut entraîner certains inconvénients: le ruissellement risque d'être plus long, ce qui rend nécessaire un enfouissement des boues dans le sol, les animaux en pâture risquent également d'absorber des granulés, le fourrage peut être souillé. On peut également craindre un retard dans la libération des éléments nutritifs. Il est donc préférable d'utiliser des granulés, qui peuvent être stockés et épandus sans problème, et qui se décomposent malgré tout relativement rapidement dans les cultures et dans les prairies.

Observations en laboratoire: absorption d'eau et décomposition dans l'eau

Les granulés placés dans les boîtes de Petri ont absorbé autant d'eau au bout de deux qu'au bout de sept jours. Les granulés séchés dans l'évaporateur en couche mince affichaient une teneur en eau de 45 à 47%, ceux provenant du tambour sécheur rotatif une teneur de 42 à 44% et ceux provenant du séchoir à spirale une teneur de 48 à 57%. Bien que le procédé du séchoir à

spirale permette apparemment d'obtenir des granulés légèrement plus poreux, l'évaluation de la décomposition dans l'eau n'a pas permis de mettre en évidence des différences entre les granulés provenant des trois procédés de séchage en ce qui concerne la décomposition. Après un jour dans l'eau, tous les granulés étaient déjà souples et relativement faciles à broyer entre le pouce et l'index. Au bout de sept jours, la structure granuleuse demeurait perceptible.

Observation des granulés sur la parcelle, à la surface du sol

En ce qui concerne la vitesse de décomposition, on n'a relevé aucune différence significative entre les différents granulés de boues d'épuration (tab. 5). Trois mois après l'épandage, la majeure partie des granulés que l'on trouvait sur le sol n'avait pas encore subi de décomposition importante. En effet, ils se décomposent très lentement. Il est probable que la structure organique maintient la cohérence des granulés de sorte qu'ils peuvent certes devenir humides et mous, mais qu'ils peuvent également sécher sans pour autant se décomposer. Cela ne signifie cependant pas que les racines des plantes ne sont pas en mesure d'en absorber les éléments nutritifs. Après la pluie, le pourcentage de granulés très fins issus du processus de séchage en spirale s'est mélangé à la terre.

Conclusions

Procédés de séchage

L'étude a porté sur trois procédés différents de séchage des boues d'épuration: un tambour sécheur rotatif, un séchoir à spirale avec des vis sans fin chauffantes et des godets ainsi qu'un évaporateur en couche mince avec sécheur à bande.

L'évaporateur en couche mince ainsi que le tambour sécheur rotatif sont les appareils qui consomment le moins d'énergie pour le séchage avec environ 2000 kWh/t MS d'énergie thermique et 250 kWh/t d'énergie électrique. Par contre, le séchoir à spirale utilise deux fois plus d'énergie.

Produits finis

Les produits finis qui sortent du tambour sécheur rotatif sont des granulés ronds réguliers dont le diamètre est compris entre 1 et 6 mm. Le produit ne présente pratiquement aucune particule de moins de 1 mm. Le procédé de séchage en spirale produit des granulés irréguliers, plutôt fins avec un très fort pourcentage de particules fines contenant des grumeaux. Le diamètre des particules est compris entre 1 et 10 mm. L'évaporateur en couche mince produit des granulés réguliers dont la longueur oscille entre 5 et 200 µm et dont le diamètre est de 4 mm avec un pourcentage de particules fines pratiquement nul.

La composition des produits finis issus des trois processus de séchage différents est comparable. La teneur en NH₄-N des boues non chaulées est comprise entre 2 et 3 g N/kg MS et entre 0,3 et 0,6 N/kg MS pour les boues chaulées. La teneur en azote totale est d'environ 30 g N/kg MS. Sur tous les procédés, les températures et la durée de séjour dans le système sont suffisamment élevées pour que les germes pathogènes (salmonelles et entérobactériacées) soient éliminés. Avec le tambour sécheur rotatif, il est assez facile de fabriquer un engrais de base en ajoutant des compléments au produit initial avant le séchage. Le produit séché ne se sépare pas pendant le stockage.

Tab. 5: Vitesse de décomposition des boues d'épuration séchées à la surface du sol

Observation	Granulés de boues d'épuration visibles	Dureté / fermeté des granulés de boues d'épuration («Test tactile»)
Après 1 semaine (mars)	Oui	Durs et secs Friables → s'émiettent, sont farineux
Après 3 semaines (mars)	Oui	Mous et humides Très facilement friables (semblables au compost mouillé) [Engrais du commerce, aspect crémeux]
Après 5 semaines (avril)	Oui Exception: séchoir à spirale, car particules très fines (presque sous forme de poussière) et recouverts de terre par les éclaboussures de pluie	Durs et secs Friables → s'émiettent, sont farineux (secs) [2 engrais du commerce très mous et poreux, 2 se sont décomposés]
Après 12 semaines (mai)	Oui	Moyennement durs et peu humides Friables → s'émiettent, sont farineux [2 engrais du commerce très mous et poreux, 2 se sont décomposés]

Stabilité au stockage et aptitude à l'épandage

Si l'on fait sécher des boues d'épuration pour les stocker, le taux de MS ne devrait pas être inférieur à 85%, car sinon des moisissures risquent de se développer. Les boues d'épuration séchées avec moins de 85% de MS conviennent uniquement pour une valorisation directe dans l'agriculture.

Pour tous les produits issus du tambour sécheur rotatif et du séchoir à spirale avec distributeur d'engrais centrifuge et épandeur de grande capacité, les essais ont permis d'obtenir une qualité d'épandage suffisante. En général, l'épandage des granulés provenant de l'évaporateur en couche mince n'est pas de qualité satisfaisante. Le distributeur de compost ne convient pas pour l'épandage des boues d'épuration séchées qui ont été étudiées. Le distributeur de grande capacité avec vis sans fin est la machine qui convient le mieux.

A l'exception des granulés issus de l'évaporateur en couche mince qui n'entraînent que peu d'émissions de poussière, tous les autres produits entraînent des émissions considérables. Les produits qui ne contiennent pas de chaux provoquent des émissions de poussière un peu plus réduite que ceux qui contiennent de la chaux. Lorsque les boues sont épandues avec le distributeur d'engrais centrifuge et le distributeur de compost, les émissions de poussière sont importantes. En cas d'épandage avec la vis

sans fin montée à l'avant du distributeur d'engrais de grande capacité, les émissions sont nettement plus réduites.

En raison de la formation de poussière lors de l'épandage, les personnes qui entrent en contact avec les matériaux lors du mélange et de l'épandage doivent porter des masques de protection appartenant au moins à la catégorie P2. Toutes les ouvertures de la cabine doivent être fermées pendant l'épandage.

Pour augmenter la précision de l'épandage, il est indispensable que le produit soit régulier et ait une teneur en MS d'au moins 85%. Un pourcentage moindre de particules fines – inférieur à 1% – devrait également permettre de juguler le problème des poussières. En outre, les granulés réguliers permettent d'obtenir un épandage d'une qualité et d'une précision satisfaisante.

Décomposition

En ce qui concerne la décomposition des granulés produits à partir des boues d'épuration, les trois procédés de séchage se valent. Etant donné la lenteur à laquelle se décomposent les particules, il est recommandé d'incorporer tous les produits à base de boues d'épuration superficiellement dans le sol (préparation du lit de semences), pour éviter tout risque de ruissellement.

Bibliographie

Chassot G., 1992. Agronomische und ökologische Beurteilung von Trockenklärschlamm, praxisnahe Anwendungsempfehlungen, FAC