

SÉCHAGE SOLAIRE

Hygiénisation des boues à des fins d'épandage : limiter les recontaminations extérieures et reprises d'humidité

Le séchage solaire est un procédé naturel de déshydratation des boues par évaporation sous serre, introduit en France au début des années 2000, mettant à profit l'énergie solaire et les phénomènes de convection.

L'épandage peut être réalisé après traitement des boues d'épuration au moyen d'installations de séchage solaire avec ou sans plancher chauffant permettant d'atteindre une siccité minimale de 80 % (arrêté du 30 avril 2020 modifié). Il est nécessaire que, pour chaque lot de boues à épandre, le traitement appliqué ait permis d'obtenir un taux d'abattement en coliphages somatiques supérieur ou égal à 4 log. Afin de s'en assurer, chaque lot de boues fait l'objet d'une analyse en coliphages somatiques avant et après traitement, conformément à la méthodologie décrite à l'annexe 2, ou à une méthodologie équivalente. Dans le cas où la concentration initiale en coliphages somatiques est inférieure à 10⁴ unités formant

plaques (UFP)/g de matière brute, la concentration en coliphages somatiques après traitement devra être inférieure à la limite de détection de la méthode (arrêté du 30 avril 2020 modifié) dans le cadre des prescriptions en période de pandémie de Covid-19. Cet article a pour objectif d'accompagner les exploitants dans cette démarche d'abattement des pathogènes.

Contexte

La serre de séchage est recouverte d'un revêtement translucide, permettant une bonne transmission du rayonnement solaire (UV) et favorisant l'échauffement de l'air ambiant. Elle est munie d'ouvrants et/ou d'un système de ventilation forcée, voire ouverte à ses extrémités, pour permettre l'élimination



Boues séchées en sortie de serre (STEU d'Ensisheim – Haut-Rhin)

de l'humidité. Elle peut être complétée par un plancher chauffant. L'air chaud se charge en humidité au contact des boues, se refroidit puis est évacué grâce à la ventilation. Le renouvellement de l'air dans la serre permet d'entretenir le phénomène, asséchant peu à peu les boues.

Le séchage se fait aussi par renouvellement de la couche de boues en contact avec l'air ; ainsi, après une déshydratation mécanique, les boues sont déposées et étalées à l'entrée de la serre (siccité de 15 à 30 %). Celle-ci est équipée d'un système automatisé (scarificateur, cf. schéma, ou « sanglier »...), permettant de retourner, étaler, homogénéiser et déplacer progressivement les boues d'une extrémité à l'autre.

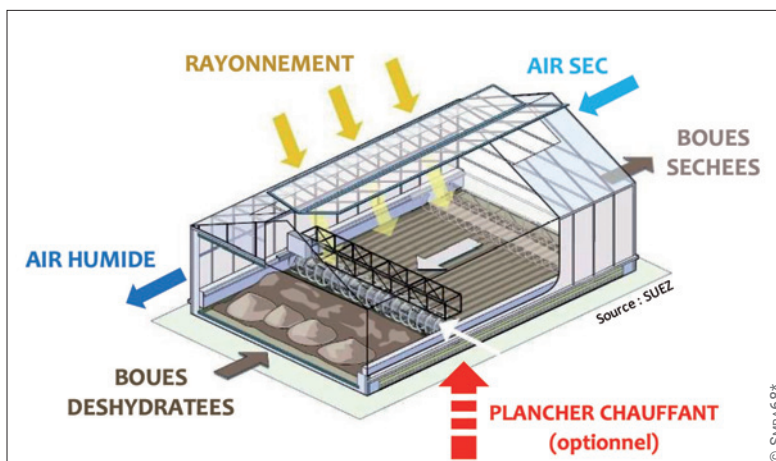


Schéma de principe d'une serre de séchage solaire

* SMRA68 : Syndicat mixte recyclage agricole du Haut-Rhin

En sortie de serre, les boues se présentent sous forme de granulés secs, de taille et de siccité pouvant être variables, en fonction, principalement, de la charge de la serre et des conditions atmosphériques (siccité recherchée comprise entre 70 et 90 %, mais pouvant être plus faible en conditions défavorables).

Enjeux

À l'inverse d'autres traitements dits hygiénisants, tels que le compostage, le séchage solaire ne se caractérise pas par une montée en température spécifique des boues. C'est donc bien le phénomène de dessiccation, le temps de séjour et la siccité finale obtenue qui vont être ici décisifs pour créer des conditions d'humidité et d'environnement défavorables, compromettant fortement la survie des éventuels pathogènes présents.

À noter, toutefois, que les pathogènes sporulants (type *Clostridium perfringens*) ou se protégeant par une coque (œufs d'helminthes, par exemple) peuvent survivre dans des conditions hydriques dégradées : des mesures effectuées sur des boues contaminées en œufs d'helminthes, en 2002, avaient montré le maintien de plus de 50 % de ces œufs en sortie de séchage solaire. Toutefois, la présence de

ces œufs d'helminthes dans les boues est aujourd'hui assez rare en France.

Les indicateurs d'évaluation

Dans ces conditions, l'efficacité du séchage, et donc de l'hygiénisation des boues, va reposer principalement sur :

- les conditions climatiques extérieures;
- la qualité des boues en entrée de serre;
- le mode de fonctionnement du « mélangeur »;
- l'observation et l'expérience de l'opérateur.

Le procédé est très dépendant des conditions climatiques (cas des serres ouvertes surtout) et s'avère moins performant en période défavorable (généralement de novembre à avril). Les siccités atteindront alors difficilement les 80 %. La serre peut être complétée par un plancher chauffant, permettant d'assécher les boues plus rapidement. Toutefois, cela peut rester insuffisant en hiver. À l'inverse, le séchage sera plus rapide le reste de l'année, notamment durant l'été (3^e trimestre), jusqu'à quelques jours seulement et avec des siccités finales pouvant dépasser les 90 %. Le séchage sera également d'autant plus efficace que les boues en entrée seront de qualité : de préférence de structure granuleuse et de siccité supérieure à 20 %.

L'épaisseur des boues dans la serre (un maximum de 15 cm est recommandé) et la fréquence des brassages (jouant sur la taille des granulés obtenus et donc l'homogénéité de leur siccité interne) sont importantes. Le pilotage du processus est ici primordial : il demande



Scarificateur en fonctionnement (STEU de Sierentz – Haut-Rhin)

vigilance, doigté et expérience et, de fait, un temps de présence sur site du personnel conséquent. Il convient, notamment, de surveiller l'évolution de la siccité des boues en cours de séchage, afin d'éviter les départs en fermentation aussi bien que les phénomènes d'auto-combustion (autour de 60 %).

Le système de mélangeur est ici un point faible du séchage solaire en matière d'hygiénisation. D'une part, il rend délicat, voire impossible, l'isolement des lots de production sous la serre et, d'autre part, son fonctionnement peut induire une recontamination des boues séchées par des boues déshydratées et non hygiénisées restées dessus. Cet inconvénient sera compensé par une bonne uniformité de la siccité des boues séchées et un stockage adapté.

NB : La granulométrie des boues en sortie de serre devra être maîtrisée, afin d'éviter que les boues séchées ne soient trop pulvérulentes, ce qui pourrait entraîner des nuisances lors de l'épandage (poussières). À l'inverse, une granulométrie trop importante peut nuire à l'atteinte d'une siccité supérieure à 80 % au cœur des granulés (et donc induire une mauvaise hygiénisation).

Ainsi, pour l'élimination des pathogènes les plus courants, nous retiendrons deux critères essentiels à respecter pour une bonne exploitation :

- une siccité finale des boues **supérieure à 80 %**;
- une **bonne uniformité** de cette siccité, sur l'ensemble des lots destinés à l'épandage.

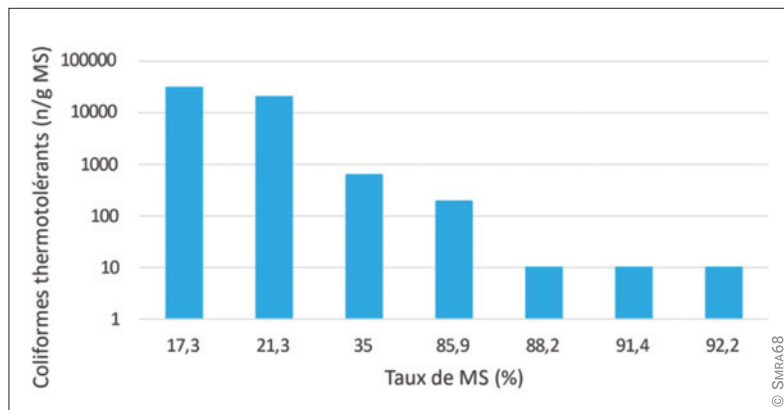
L'impact du stockage

En fonctionnement optimum, les boues en sortie de serre atteignent une siccité de 70 à 90%. Elles sont considérées comme stabilisées et se présentent sous la forme de granulés non odorants.

Elles peuvent ensuite être stockées, soit dans la serre directement (système à fosse), soit au moyen d'aires dédiées séparées. Dans ce dernier cas, afin d'éviter toute recontamination extérieure (fientes d'oiseaux ou présence de rongeurs) ou toute reprise d'humidité, il est fortement conseillé que les aires soient, au minimum, couvertes, voire fermées, mais aérées (hangar, casiers...).

En cas de persistance de pathogènes en quantité « négligeable » en sortie de serre, ils ne devraient pas trouver les conditions optimales pour se reproduire et, après un stockage de plusieurs semaines, en viendront à disparaître naturellement du fait des rayonnements UV et du manque d'eau.

La gestion des lots est difficile, voire impossible dans la serre. Elle se fera donc après séchage, lors du stockage, en les isolant au



Dénombrement des coliformes thermotolérants en fonction du taux de matières sèches (MS) des boues

tant que possible en tas distincts analysables séparément avant épandage.

Points clés du projet

Dans le cadre des prescriptions relatives à la pandémie de Covid-19, certaines installations n'ont pas pu valoriser les boues issues du séchage solaire par épandage agricole direct, les boues n'atteignant pas la siccité minimale exigée de 80%. D'autres ont cherché à vérifier le caractère « hygiénisant » du process. C'est le cas, notamment, de trois sites suivis dans le Haut-Rhin, de capacités nominales comprises entre 7 000 et 17 000 équivalent-habitant (EH) et sans plancher chauffant. Ces stations sèchent habituellement leurs boues durant la période favorable, allant de mars-avril à septembre-octobre, et font appel à une seconde filière de traitement le reste de l'année (compostage, par exemple). Leurs boues séchées présentent donc des siccités relativement importantes, de 82 à 85% (moyenne sur 5 ans).

Pour vérifier si le traitement pouvait être considéré comme « hygiénisant », un test a été effectué durant l'été 2020, sur l'évolution des agents

pathogènes visés par l'arrêté du 08/01/1998, entre l'entrée et la sortie de la serre. Peu de données sont disponibles, mais elles semblent tout de même montrer un abattement assez clair des coliformes thermotolérants¹, en lien avec l'augmentation du taux de matières sèches (MS) des boues (20 000 à > 30 000 /gMS en entrée, < 10 /gMS en sortie).

Ultérieurement, faisant suite à la parution de l'arrêté du 20/04/2021, des analyses des coliphages somatiques ont été réalisées dans les boues en entrée et en sortie de serre, afin de valider leur retour en épandage. Ce type de mesures a également été effectué sur quatre sites suivis dans le 67 et le 57 (trois avec plancher chauffant et un sans).

À cette occasion, il a été constaté que l'abattement des coliphages n'était pas conforme aux exigences réglementaires pour des boues de siccité < 80 %, semblant valider ainsi le choix fait par le législateur.

Au-delà de 80 %, tous les lots testés ont montré une diminution nette

¹ Pas de résultat sur les autres paramètres, déjà absents ou en quantité négligeable en entrée de serre.



Casiers de stockage des lots de boues séchées (STEU de Biesheim – Haut-Rhin)

Lots testés	Coliphages somatiques dénombrés en entrée (UFP/gMS)	Siccité en sortie (%)	Coliphages somatiques dénombrés en sortie (UFP/gMS)
Stocks 2020	Non mesurés	81,2	< 12
		84,9	< 12
		88,3	< 11
Production 2021	600 000	81,4	< 12
	14 000 000	82,9	<12
	1 500 000	84,7	<12
	1 500 000	84,7	<12
	8 200 000	86,6	23
	97 000	93,9	<11
	2 700 000	95,6	<10

UFP : unités formant plaques ; MS : matières sèches.

Tableau I. Évolution de la concentration en coliphages somatiques en fonction de la siccité des boues séchées vis-à-vis de leur concentration en entrée

des coliphages après séchage. Les mesures faites sur des lots restés en stock plusieurs mois (sans possibilité de comparaison avec la situation avant séchage) se sont révélées, elles aussi, en dessous des seuils de quantification. Ces résultats concordent avec ceux présentés à l'échelle nationale, dans le cadre de l'étude sur l'abattement des bactériophages dans les boues de stations de traitement des eaux usées, portée par le Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), et publiés en septembre 2020. Cette étude a concerné, entre autres, quatre STEU en séchage solaire simple, de 2 200 à 40 000 EH, et trois STEU avec plancher chauffant, de 5 500 à 160 000 EH.

On y lit que le traitement en serre solaire, et encore plus avec plancher chauffant, permet d'obtenir, pour des siccités de 85 à 95% en sortie, des abattements globalement (une exception) très importants en coliphages somatiques (supérieurs à 5 log) et en phages ARN F-spécifiques (supérieurs à 3 log). De plus, les concentrations mesurées dans les boues ensuite stockées sont, dans la plupart des cas, inférieures à la limite de quantification de 10 unités formant plaques/g de matière brute.

Le rapport LNE conclut ainsi à la possibilité d'épandre les boues traitées et stockées dans ces conditions sans analyses complémentaires, sous réserve d'un taux de MS supérieur à 80%.

Principaux enseignements

Le séchage solaire serait donc efficace pour réduire la présence d'un certain nombre d'agents pathogènes dans les boues. Ainsi, le procédé permet de respecter les exigences de l'arrêté du 20/04/2021 (relatif au SARS-CoV-2), à savoir un abattement de 4 logs

des coliphages somatiques. S'il n'est, à ce jour, pas considéré comme hygiénisant au sens de l'arrêté du 08/01/1998, il semblerait pourtant suffisant pour en respecter, au moins en partie, les critères.

Plus que le taux de matière sèche en lui-même (qui est un indicateur), c'est le phénomène de dessiccation et le temps de séjour, surtout, qui vont être ici décisifs en termes d'hygiénisation des boues.

Le but sera de créer des conditions d'humidité et d'environnement défavorables à la survie des pathogènes éventuellement présents avant traitement.

Ces conditions seront réunies en maîtrisant la technique de séchage (siccité, mélange, granulométrie), mais aussi en proposant des conditions de stockage permettant d'éviter toute recontamination extérieure et toute reprise d'humidité. Les bonnes pratiques d'épandage permettront, *in fine*, d'écarter définitivement tout risque sanitaire pour les riverains ou l'environnement.

Cette fiche a été réalisée par le sous-groupe de travail n° 6, rattaché au groupe de travail « Boues de station d'épuration » de la commission scientifique et technique Assainissement de l'Astee.

Ont contribué à la rédaction et/ou la relecture de l'article : Sandra Bapst (SMRA68), Florent Boulier (Syn-teau), Hajar El Rhazouani (Syn-teau), Thierry Pichard (Antea Group France/ IRH Ingénieur-Conseil), Nathalie Valentin (SMRA68).



Serre de séchage solaire sans plancher chauffant (STEU d'Ensisheim – Haut-Rhin)