

Séchoirs solaires sous serre : Une solution rentable visant à garantir une utilisation sûre des boues de vidange dans l'agriculture

Girija R^{1,2} ; Hiranya T¹ ; Krishna K¹ ; Ganapathy PG¹

L'utilisation sûre des boues de vidange dans l'agriculture permettra non seulement de résoudre les problèmes de sécurité alimentaire, mais aussi de réduire les effets du changement climatique. Toutefois, les agents pathogènes présents dans les boues, plus particulièrement les œufs d'helminthes, suscitent des inquiétudes. Les séchoirs solaires sous serre constituent une solution rentable pour un séchage plus rapide et l'inactivation des agents pathogènes.

¹Consortium pour la diffusion de Systèmes décentralisés de traitement des eaux usées (DEWATS) en Inde, à Bangalore

²Institut indien des sciences, à Bangalore

Contexte :

L'utilisation peu judicieuse et à long terme d'engrais chimiques détériore non seulement la qualité des sols, mais elle contribue également aux effets du changement climatique du fait de l'émission de gaz à effet de serre lors de la production et de l'utilisation de ces engrais. Par ailleurs, il est urgent de rechercher d'autres sources de nutriments pour la production alimentaire afin de nourrir la population qui est sans cesse croissante.

Il est de notoriété publique que les excréments humains sont riches en nutriments, surtout en azote et en phosphore. Avec l'accent mis récemment sur le traitement des boues de vidange et l'assainissement géré en toute sécurité, il est possible d'utiliser les excréments humains comme source d'éléments nutritifs. Toutefois, la présence d'agents pathogènes dans les matières fécales suscite des inquiétudes quant aux risques pour la santé. La principale source d'inquiétude concerne les helminthiases transmises par le sol, qui sont très résistantes aux traitements et peuvent perdurer pendant plusieurs années.

C'est dans ce contexte que la présente étude a été menée dans quatre (4) stations de traitement des boues de vidanges (STBV) en Inde - Angul, Dhenkanal, Karunguzhi et Devanahalli - avec pour objectif principal d'évaluer l'efficacité des séchoirs solaires sous serre à base de polycarbonate dans la réduction des œufs d'helminthes présents dans les boues traitées définitives. Les séchoirs solaires sous serre (GHSD) nécessitent un séchage passif pour augmenter la température et réduire l'humidité afin d'assurer la destruction des agents pathogènes et un séchage plus rapide.

Scénarios étudiés dans le cadre du projet :

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour l'étude,

- La hausse de la température et la baisse de l'humidité relative à l'intérieur des GHSD contribueront à réduire le temps de séchage des boues.
- Une exposition plus longue des boues à une température plus élevée (>50°C) entraînera la neutralisation des œufs d'helminthes.

Le GHSD fait office de feuille de polycarbonate installée au-dessus des lits de séchage. Sa forme parabolique permet de résister au vent et d'induire un effet de serre à l'intérieur du séchoir. Cet effet de serre à l'intérieur de la chambre de séchage permet d'éliminer l'air chargé d'humidité et la teneur en humidité du produit séché (Figure 2).

L'unité de pasteurisation solaire (UPS) suit le même principe de fonctionnement et la même structure que les GHSD. Cependant, la hauteur du toit est inférieure à celle des GHSD. Les boues séchées des GHSD placées au niveau de l'UPS. En raison de la hauteur réduite de la chambre et de la faible teneur en humidité des boues, l'UPS peut atteindre une température plus élevée de plus de 60 degrés Celsius, ce qui permet d'éliminer les agents pathogènes (Figure 3).

La plaque de fer galvanisé (GI) est l'un des matériaux de couverture les plus utilisés au-dessus des lits de séchage des boues. Il s'agit de métaux galvanisés constitués de fines feuilles recouvertes de zinc. L'objectif principal de ces feuilles est de protéger les lits de séchage de l'humidité pendant la saison des pluies.

Les scénarios suivants ont été étudiés dans le cadre du projet :

- 1) le GHSD : la STBV d'Angul et de Devanahalli ;
- 2) la GI + l'UPS : la STBV de Dhenkanal ; et
- 3) la GI et le GHSD: STBV de Karunguzhi.

Le flux de processus des STBV est présenté dans la figure ci-dessous :

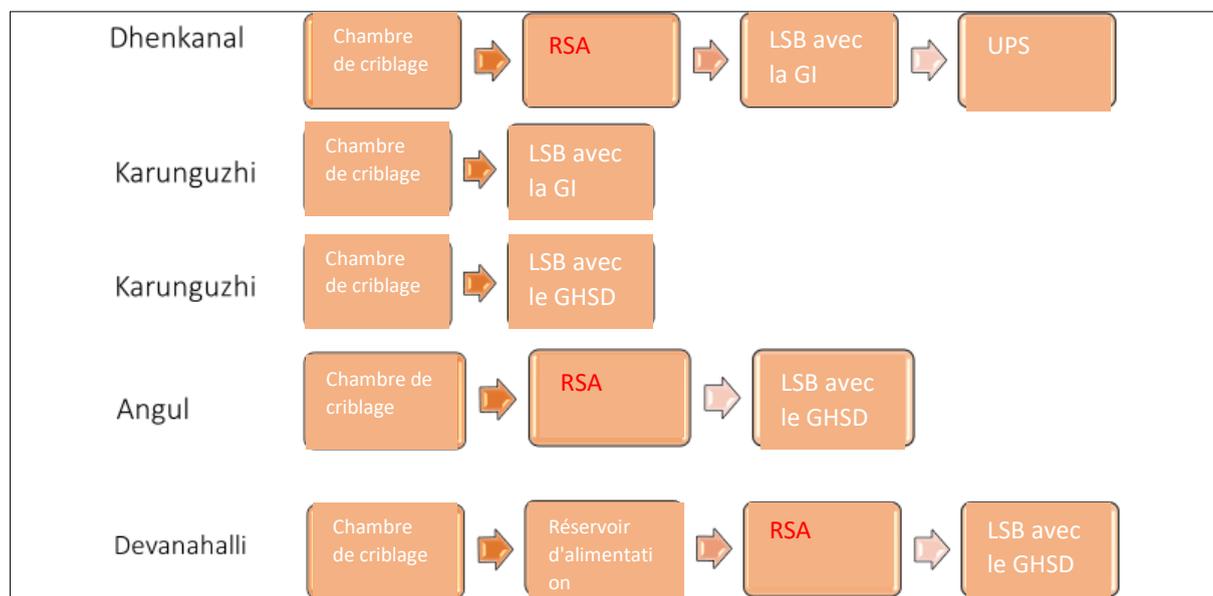


Figure 1 : Déroulement des STBV

*LSB : lit de séchage des boues, ASR : réacteur de stabilisation anaérobie

Organisation de l'étude :

Des capteurs ont été installés afin d'obtenir des données en temps réel sur la température de la chambre, des boues et de l'environnement. Le temps de séchage des boues et la teneur en humidité ont été enregistrés pour les lits de séchage des boues (LSB) qui ont été utilisés à titre expérimental. Les échantillons de sortie des LSB ont été envoyés au laboratoire pour analyse.

Au total, 25 échantillons de sortie provenant des quatre (4) sites ont été analysés pour vérifier la présence d'œufs d'helminthes. En outre, un test de viabilité des helminthes a été réalisé sur 18 échantillons afin d'étudier beaucoup plus en détail la présence d'œufs viables et non viables. La méthode utilisée pour l'analyse des helminthes est la méthode améliorée de type AmBic (Pebsworth, Archer, et al.; 2012).



Figure 2 : Lits de séchage des boues avec le GHSD, STBV d'Angul



Figure 3 : Unité de pasteurisation solaire (UPS), Dhenkanal

Variation de la température de la chambre et des boues provoquée par les GHSD, l'UPS et la GI : La variation de la température de la chambre (température à l'intérieur des GHSD et de la boue provoquée par les GHSD et la GI est indiquée dans les graphiques ci-dessous,

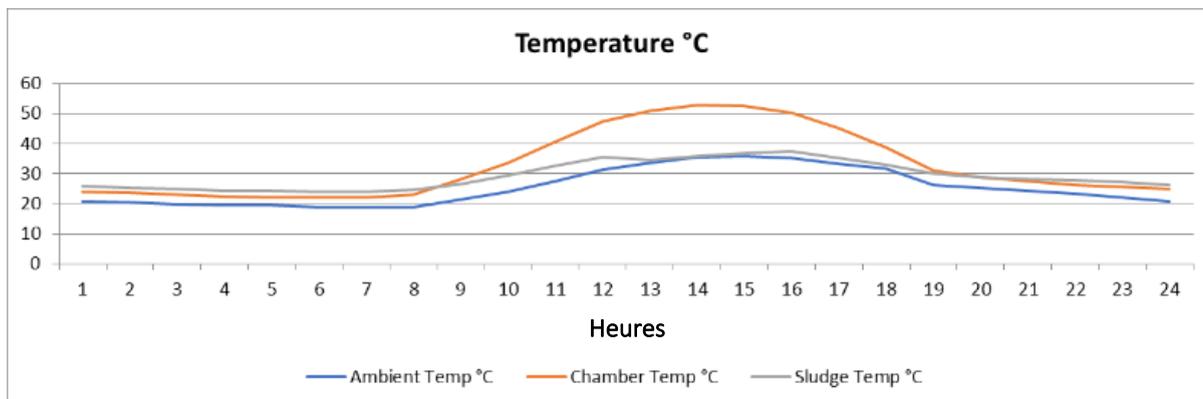


Figure 4 : Scénario 1, Séchoirs solaires sous serre, STBV d'Angul

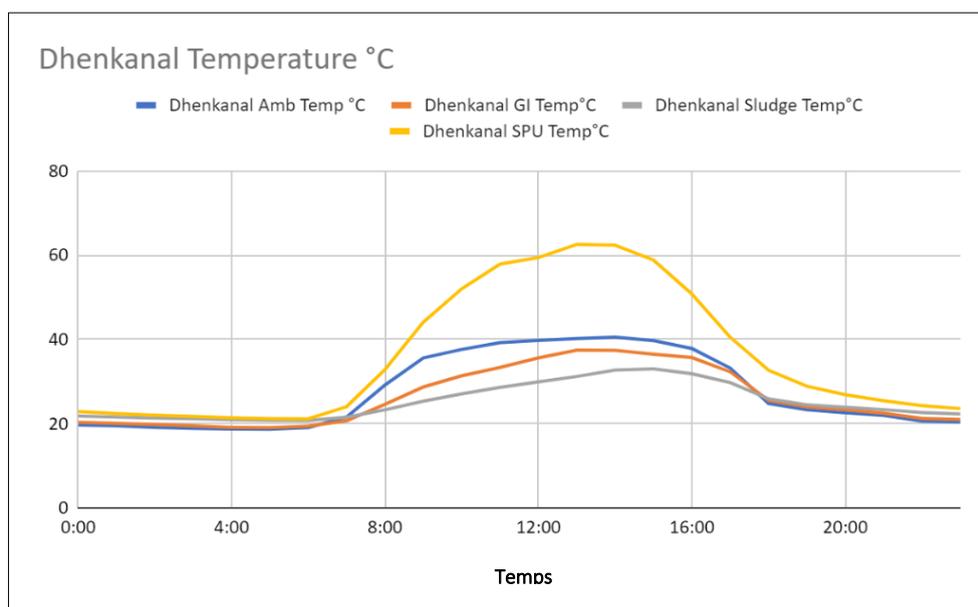


Figure 5 : Scénario 2, plaque de fer galvanisé (GI) + unité de pasteurisation solaire (UPS), Dhenkanal

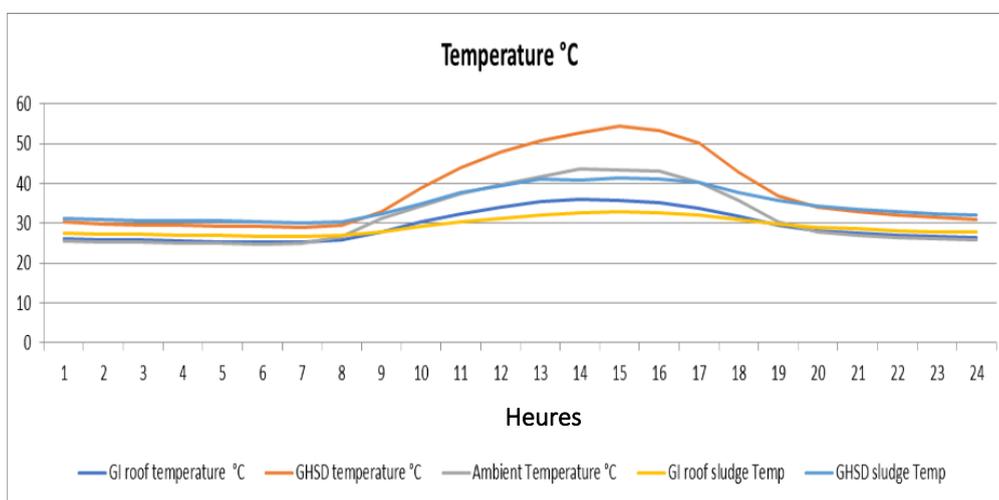


Figure 6 : Scénario 3, plaque de fer galvanisé (GI) et séchoir solaire sous serre (GHSD) Karunguzhi

Les graphiques ci-dessus montrent que la température de la chambre du GHSD est plus élevée que la température ambiante aussi bien pendant les heures de pointe que durant toute la journée. La température de la chambre pendant les heures de pointe est supérieure de 12 à 16°C à la température ambiante et d'environ 7°C pendant toute la journée. La température des boues au niveau du GHSD est plus élevée (5 à 8°C) par rapport à la température ambiante.

Dans le cas de la plaque de fer galvanisé (GI), la température sous la plaque de fer galvanisé (GI) (environ 4°C pendant les heures de pointe) est inférieure aux conditions ambiantes, par conséquent, la température des boues est également plus basse. Sous l'UPS, la température de la chambre est de 21°C plus élevée que les conditions ambiantes. La température de l'UPS a atteint un maximum de 69°C pendant l'été.

Isolement des œufs d'helminthes grâce à l'effet de serre à l'intérieur de la chambre

Œufs d'helminthes dans les boues traitées définitives :

L'analyse des helminthes par site en œufs par gramme (EPG) est présentée dans le tableau ci-dessous,

Cette étude vise à évaluer l'efficacité des Séchoirs solaires sous serre dans la réduction des œufs d'Helminthes dans les boues de vidange traitées. Les résultats de l'étude ont montré que la température des boues augmente grâce aux sècheurs solaires sous serre, ce qui contribue à réduire la présence des œufs d'Helminthes.

Site avec détails de l'échantillon	Helminthes (EPG)	Normes CLASS (A/B) - l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (USEPA)
Angul - GHSD		
Échantillon 1	BDL	Classe A
Échantillon 2	BDL	Classe A
Devanahalli - GHSD		
Échantillon 1	0,5 œufs non viables	Classe A
Échantillon 2	BDL	Classe A
Échantillon 3	0,5 œufs non viables	Classe A
Échantillon 4	BDL	Classe A
Dhenkanal - GI + l'UPS		
Échantillon 1	2 EPG non viables	Classe A
Échantillon 2	BDL	Classe A
Karunguzhi		

Les LSB sous IG		
Échantillon 1	BDL	Classe A
Échantillon 2	0,31 œufs non viables	Classe A
Échantillon 3	0,42 œufs viables, 0,42 œufs non viables	Classe B
Échantillon 4	BDL	Classe A
Échantillon 5	BDL	Classe A
Les banques de développement durable dans le cadre du GHSD		
Échantillon 1	BDL	Classe A
Échantillon 2	BDL	Classe A
Échantillon 3	0,47 œufs viables	Classe B
Échantillon 4	BDL	Classe A
Échantillon 5	BDL	Classe A

Tableau 1 : Résultats des analyses sur les œufs d'helminthes

*BDL : En-deçà des limites détectables

Le tableau ci-dessus montre que, sur les 13 échantillons provenant des LSB du GHSD, 12 sont conformes aux normes des Biosolides de classe A. Quatre des cinq échantillons provenant des toits GI ne contenaient pas non plus d'œufs d'helminthes viables, mais ceci après un temps de séchage de plus de 10 jours, ce qui est plus long que le temps pris par les lits de séchage des GHSD (cinq jours en moyenne).

Près de 92 % des échantillons testés pour les helminthes (tableau 1) dans les lits de la GHSD ont satisfait aux normes USEPA de classe A pour les helminthes. Ce fait est dû à l'augmentation de la température des boues qui entraîne la dessiccation de la coquille et donc la fragilisation des œufs (Maya, C et al., 2012).

Une autre observation remarquable de l'étude concerne la réduction des œufs d'Helminthes avec l'augmentation du temps de séchage et la diminution de la teneur en boues. Des résultats similaires ont été observés dans l'étude menée par Maya, C et al, 2019, où l'augmentation des conditions de séchage des boues a conduit à une inactivation accrue des Helminthes. L'étude montre que la période de séchage prolongée des boues contribuera à réduire le nombre d'œufs d'Helminthes.

Principales conclusions et opportunités :

La réduction des œufs d'Helminthes est fonction de la température, du temps et de la teneur en eau des boues. Le GHSD permet d'augmenter la température des boues et donc d'éliminer les œufs d'helminthes dans les boues de vidange traitées.

Le GHSD utilisé dans le cadre du séchage des boues apparaît comme une option rentable par rapport à la GI car il réduit les œufs d'helminthes ainsi que le temps de séchage, réduisant ainsi le besoin de terrain pour la station de traitement. Bien que la GI conduise également à l'inactivation des helminthes, le temps nécessaire au séchage et, donc, à l'inactivation des agents pathogènes devient relativement plus long que celui du GHSD.

La mise à niveau des STBV existantes basées sur un lit de séchage à l'aide de toit GHSD accroîtra leur capacité de traitement des boues de vidange (environ 40 %) en fonction des conditions climatiques. Pour les STBV plus récentes, les modèles basés sur le GHSD permettent non seulement d'inactiver les œufs d'helminthes, mais aussi de réduire la superficie et les coûts pour les systèmes basés sur la nature. La combinaison du GHSD et de l'UPS pourrait potentiellement contribuer à réduire les œufs d'helminthes ainsi que le temps de séchage, ce qui réduirait les besoins en terres. Cependant, des défis opérationnels se posent - les boues séchées traitées provenant des lits de séchage de boues (LSB) doivent être pulvérisées et transférées à l'UPS en vue d'un traitement ultérieur. L'automatisation de ces étapes permettra de faciliter les opérations.

L'étude a été menée sur une période limitée (sur une période de cinq mois, s'étendant de janvier à mai 2022) au cours de laquelle les conditions ambiantes du lieu jouent un rôle majeur dans la température et l'humidité relative de la chambre. Par exemple, dans le cas d'Angul, la température ambiante moyenne pendant les heures de pointe a varié de 26 à 41 degrés Celsius au cours des différent(e)s cycles/périodes de l'étude, ce qui a donc entraîné une variation de la température de la chambre. Bien que les résultats soient prometteurs, l'étude recommande de poursuivre les recherches en réalisant la même étude tout au long de l'année, à des saisons et dans des contextes différents. Ces éléments permettraient de tirer des conclusions définitives.

Remerciements :

Nous tenons à remercier Covestro India Private Ltd, la municipalité d'Angul, la municipalité de Dhenkanal, la municipalité de Devanahalli, le panchayat de la ville de Karunguzhi et le logiciel Ideabytes pour le soutien qu'ils nous ont apporté dans la réalisation de cette étude.