ETAT DE L'ART

1. DES SYSTEMES DIFFERENTS DISPONIBLES SUR LE PLAN NATIONAL

a. PRESENTATION GENERALE

Parmi les différents systèmes disponibles, on note trois grandes particularités :

- les systèmes équipés d'un chauffage complémentaire: Système Helioplus® de la Saur, système Ternois 3S de Ternois - Huber et éventuellement le système de Thermo-System.

- les serres ouvertes (qui représentent 11% des serres construites) ou fermées, fonction des choix retenus par le constructeur : uniquement pour le système Héliantis de Degrémont.

- et le mode de déplacement de la boue dans la serre : les boues sont transportées au fur et à mesure du séchage (serres couloirs) ou les boues sont systématiquement mélangées avec les boues sèches ou en cours de séchage.

Cas des serres dites couloirs : Quatre procédés présentés ci-dessous fonctionnent sur ce principe. Les boues épaissies et déshydratées sont introduites à une extrémité de la serre et le pont retourneur les déplace lentement à chacun de ses passages. Ainsi, un gradient de siccité est observé le long de la serre et à l'autre extrémité se trouvent les boues séchées. Les boues fraîches sont par conséquent très peu mélangées à des boues plus sèches.

- Heliantis proposé par Degrémont - France Assainissement :

- Heliocycle® et Helioplus® proposés par Saur (Stereau)

- Ternois 3S (Système de Séchage Solaire) proposé par Ternois - Huber Technology

- Manager de boue® proposés par Thermo-System

Cas des serres à mélange de boue : Trois autres procédés fonctionnent sur ce principe : Ils ne déplacent pas les boues d'une extrémité à l'autre de la serre mais ont la particularité de mélanger les boues fraîches aux boues en cours de séchage.

- Sogelios proposé par Vinci - Sogea

- Sanglier électrique® proposé par Thermo-System

- Solia proposé par Veolia – MSE

B. PRESENTATION DES SPECIFICITES DE CHAQUE PROCEDE

Nom du procédé	Serre couloir	Stockage annuel des boues	Chauffage d'appoint		Désodorisation		Spécificités
			Plancher	Air Ventilé	Option	Obligatoire	
Heliantis	**X**	**X** (si évacuation discontinue)	(possible)	(possible)	**X** (si habitations trop proches (200 à 300 m))		- Serre ouverte ou serre fermée (voir II. 2.) - Evacuation continue (boues extraites tout au long de l'année) ou évacuation discontinue (boues extraites uniquement à certaines périodes de l'année, actuellement majoritaires sur le marché) - Fonctionnement toute l'année ou en période favorable uniquement avec une autre solution pour les boues lors du by-pass de la serre
Heliocycle®	**X**	**X**			**X** (biologique, physico-chimique ou par éolage si habitations trop proches)		
Helioplus®		Prévu par un ouvrage spécifique à l'extérieur	**X** (systématique)	**X** (systématique)		**X** (physico-chimique)	
Sanglier électrique®		**X**	**X** (possible)	**X** (possible)	**X** (Fréquent pour seulement 1/3 du débit d'extraction)		- Séchage de boues liquides à 2 % de siccité (uniquement en Allemagne pour le moment)
Manager de boue®	**X**	**X**	**X** (possible)	**X** (possible)	**X** (Fréquent pour seulement 1/3 du débit d'extraction)		- Alimentation et extraction du même coté ou à l'opposé
Sogelios		**X**			**X** (biologique si habitations à proximité immédiate 100 m)		- Insufflation d'air en pied du lit de boues
Solia		**X**				**X** (biologique ou physico-chimique)	- Fonctionnement en andains - Le bio-séchage (oxydation aérobie de la matière organique) est recherché
Ternois 3S	**X**	**X** (présence d'une fosse de stockage en bout de serre)	**X** (systématique)		**X** (biologique, à la demande du client)		

Remarque :

Le Manager de boue® de Thermo-System et le système Helioplus® de Saur sont deux procédés récents qui sont encore à leur début de commercialisation en France. C'est pour cela que nous ne les mentionnerons pas dans les prochains tableaux comparatifs. Ils sont décrits de manière succincte ci-dessous.

Manager de boue®

Le Manager de boue®, complètement automatisé, fonctionne différemment du Sanglier électrique® par le fait que celui-ci peut transporter les boues d'un point à un autre de la serre. Il n'y a donc qu'un seul point d'alimentation, automatique ou non. Il s'agit d'un pont sur lequel se déplace le retourneur transversalement. Cette conception permet d'éviter de laisser une couche de boue de quelques centimètres au niveau du radier, couche dans laquelle les boues peuvent entrer en anaérobie et dégager des odeurs. En effet, le Manager de boue® effectue une carte de la serre afin de compenser les inégalités au sol et ne laisser que le minimum de boue au niveau du radier. Cette carte peut être refaite régulièrement.

Deux stations Autrichiennes sont équipées de ce procédé. En France, la station de Le Pouzin (07, 13 000 EH) est en construction et va être équipée de ce système de retournement des boues.

Helioplus®

Le procédé Helioplus® associe la chaleur solaire d'une serre et des pompes à chaleur alimentées par récupération d'énergie. A l'intérieur de la serre, les boues sont maintenues à 30 C environ au moyen de la chaleur solaire, de la dalle chauffante et de l'air ventilé préchauffé. Les pompes à chaleur s'adaptent automatiquement à l'apport solaire. Ce complément énergétique garantit des performances de séchage constantes sur l'année.

Avec ce procédé, une désodorisation physico-chimique classique, avec une tour basique et une tour acide, est systématiquement proposée.

Les pompes à chaleur récupèrent les calories de l'eau en sortie de station pour la dalle chauffante et de l'air désodorisé pour l'air ventilé.

Deux stations sont équipées de ce procédé : site pilote de Carnac (56) et Genlis (21).

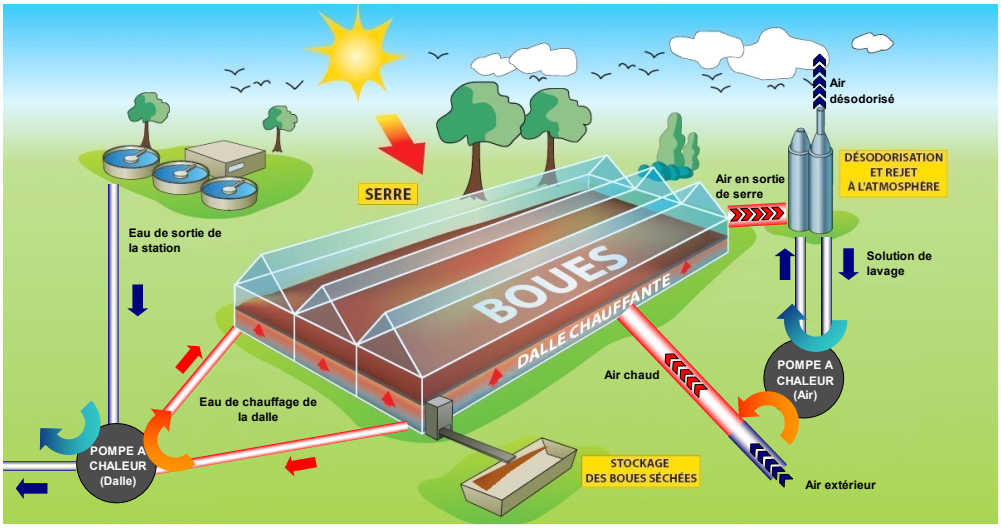

Figure 11 : Fonctionnement de la serre Helioplus®

2. FONCTIONNEMENT DES DIFFERENTS SYSTEMES

A. ALIMENTATION DE LA SERRE EN BOUES

La boue provenant de l'atelier de déshydratation de la station d'épuration doit être amenée jusqu'à la serre. La distance doit être la plus courte possible afin d'éviter le stockage des boues lors de leur transfert, tout bouchage ou excès de polymères très souvent injectés pour faciliter le transport dans la conduite. Pour cela, les constructeurs utilisent différents systèmes dont les particularités sont détaillées ci-dessous

Procédé	Alimentation automatique des boues		Mélange de boues fraîches et en cours de séchage	Modification régulière du point d'alimentation	Particularités de l'alimentation
	Par pompe gaveuse	Par vis convoyeuse + vis de répartition			
Heliantis		**X**	**possible**		- La vis de répartition, située en hauteur, comporte plusieurs trappes (3 à 4). - La pompe gaveuse est proscrite en raison de la déstructuration de la boue liée aux pressions appliquées - Etalement homogène des boues sur la largeur recherché. - Alimentation manuelle possible : point de décharge extérieur à la serre avec reprise au godet afin de faire des tas sur toute la largeur de la serre
Heliocycle®	**X**			**X**	- Soit en hauteur par le biais d'un bras à déplacement manuel, soit par des trappes situées dans le sol et réparties sur la largeur de la serre.
Sanglier électrique®	**X**		**X**	**X**	-- Généralement 3 trappes d'alimentation situées dans le sol et réparties au centre sur la longueur de la serre.
Manager de boue®	**X**	**ou X**	**possible**		- Un point d'alimentation – déplacement de la boue possible latéralement et sur la longueur
Sogelios	**X**		**X**	**X**	- 3 à 6 vannes d'alimentations réparties régulièrement d'un côté sur la longueur de la serre. - Le tas de boues fraîches formé à la sortie de la conduite est étalé au fur et à mesure du passage du retourneur.
Solia	**X**		**X**		- Répartition uniforme de boues fraîches à l'aide d'une trémie embarquée sur le retourneur. - Les boues sont disposées en andains - Choix des andains alimentés, tracabilité possible - 2 autres types d'alimentation, également automatiques, existent : convoyeur à bandes et vis sans fin
Ternois 3S		**X**			- Boues déversées sur toute la largeur de la serre - Une épaisseur de boue constante et homogène de 15 cm maximale est déposée.

B. CARACTERISTIQUES ET FONCTIONNEMENT DES RETOURNEURS

Malgré leurs conceptions différentes, tous les systèmes de retournement ont le même objectif : favoriser le séchage des boues et ce dans les meilleures conditions possibles.

Pour cela, les systèmes de retournement :

- étalent les boues fraîches
- homogénéisent la température du lit de boues qui a tendance à être plus élevée en surface
- empêchent la formation d'une croûte à la surface du lit de boues qui limiterait les échanges et donc le séchage
- retournent les boues pour renouveler les surfaces d'échanges entre l'air et la boue
- aèrent la boue afin de maintenir le lit en condition aérobie et d'éviter les départs en fermentation
- permettent de donner à la boue une structure granulée au cours du séchage
- déplacent les boues pour les trois procédés munis de pont mobile se déplaçant à vitesse constante
- mélangent les boues fraîches aux boues en cours de séchage pour les 3 autres procédés

Procédé	Principe du système de retournement des boues	Système de retournement		Pont mobile se déplaçant à vitesse constante sur la longueur de la serre	Caractéristiques
		Pont r	Robot r		
Heliantis	Pont scarificateur	**X**		**X**	- Des couteaux découpent les tranches de boue et interviennent surtout lors de la phase pâteuse. - Des peignes gratteurs déplacent et font granuler la boue. - vitesse de déplacement du pont programmable et régulée en fonction de la résistance appliquée par le lit de boue
Heliocycle®	Retourneur helicoïdal	**X**		**X**	- Doubles spires inversées qui produisent de fines tranches de toute la hauteur du lit de boue.
Sanglier électrique®	Robot retourneur		**X**		- Robot à 4 roues dont les axes sont munis de pâles en rotation - Déplacement aléatoire recouvrant l'ensemble de la serre
Manager de boue®	Retourneur de boues	**X**			- Retourneur mobile sur pont
Sogelios	Retourneur de boues	**X**			- Pont roulant se déplaçant par "à-coups" sur la longueur de la serre et sur lequel un chariot, muni de deux fraises verticales, se déplace sur toute la largeur de la serre - Insufflation d'air en pied du lit de boues grâce à des buses d'injection à l'extrémité des fraises
Solia	Retourneur filoguidé Soliamix®		**X**		- Guidage automatique par filoguidage - Capteurs à ultra sons embarqués anti-collision - Fonction d'alimentation en boues (trémie embarquée de 1 m^3) et de retournement des andains
Ternois 3S	Pont de retournement et de transport	**X**		**X**	- Rotation d'augets décalés afin de limiter les efforts sur le pont le plus large (un seul auget sur les 2 autres ponts plus petits) - Abaissement d'un bouclier durant les phases de répartition et de déchargement des boues

c. Recommandations des constructeurs

Le dimensionnement de chaque constructeur prend en compte des conditions de fonctionnement bien précises. Par exemple, les serres « couloirs » nécessitent un nombre de retournement quotidien minimum afin de laisser de la place libre pour l'arrivée régulière des boues fraîches. Pour le procédé Solia, le nombre de retournement et l'épaisseur de boues n'est pas déterminé de la même façon puisque dans ce cas, le bio-séchage est recherché.

Le tableau ci-dessous recense donc les différentes recommandations de fonctionnement des constructeurs, recommandations provenant du dimensionnement mais aussi des premiers retours d'expériences.

Procédé	Epaisseur du lit de boues	Nombre de retournements journaliers préconisé
Heliantis	- la plus faible possible - 20 à 25 cm au maximum en dimensionnement - 55 cm maximum retournable	- 12 (6 à 16): compromis entre la vitesse d'avancement du lit de boue et la durée moyenne de séchage - Le nombre de retournements optimum par jour dépend des conditions météo, de la qualité de la boue, de l'épaisseur du lit de boue, de la place à libérer en entrée de serre et de la vitesse de séchage des boues.
Heliocycle®	40 à 50 cm	- un retournement par jour au minimum - en général : un en hiver et 2 l'été
Sanglier électrique®	25 cm maximum	- un retournement par jour au minimum - 8 à 10 retournements maximum par jour
Manager de boue®	35 cm maximum	- un retournement par jour au minimum - 8 à 10 retournements maximum par jour
Sogelios	40 à 45 cm avec un maximum de 60 cm	- 2 retournements par jour
Solia	- Andain de 1 m* au maximum (imposé par la géométrie du robot)	- au moins un aller-retour par jour sur chaque andain - en été, le nombre de retournements est plus important
Ternois 3S	- idéalement 10 à 15 cm - 20 cm au maximum	- entre 12 et 16 retournements par jour

* : Cette hauteur de boues favorise l'élévation de température (activité biologique augmentée) et peut contribuer en partie à l'hygiénisation du produit et fournit un apport d'énergie endogène supplémentaire.