



Le séchage solaire s'est développé en France à partir des années 2003 et est toujours en constant développement. Les principaux constructeurs de stations d'épuration ont commercialisé leur propre technologie, et on dénombre actuellement 6 systèmes de séchage solaire dont les principales particularités sont :

- un séchage solaire associé ou non à un chauffage complémentaire de type plancher chauffant,
- mise en place ou non d'une désodorisation.

L'analyse du parc a permis de montrer une satisfaction globale de ce procédé bien qu'il nécessite un minimum d'exploitation (de l'ordre de 0,5 Jour / semaine).

Pour la majorité des enquêtés, ces systèmes sont encore à ce jour en cours d'amélioration technique avec une exploitation peu aisée car basée principalement sur l'expérience de ce procédé qui nécessite quotidiennement une observation critique du lit de boue dans la serre. A ce jour, les manuels d'exploitation des serres sont très rares et très succincts lorsqu'ils existent.

En conclusion de cette enquête sur l'état de l'art et le retour d'expériences sur le séchage solaire en France, un inventaire des principales interrogations sur lesquelles le maître d'ouvrage doit se positionner avant de s'équiper d'un tel système est proposé. Il doit permettre ainsi d'orienter le choix vers un système plutôt qu'un autre.

Les principaux points à aborder sont listés ci-dessous :

Le site de la station d'épuration est-il adapté pour l'installation d'une serre ?

Il est nécessaire d'avoir une surface au sol suffisante, un site découvert vis-à-vis de l'ensoleillement (pas dans un vallon à l'ombre ou à proximité d'une forêt) et non situé en zone humide. L'orientation de la serre par rapport au vent dominant est aussi un élément important à intégrer.

Il faut également prendre en compte la distance avec les premières habitations (nuisances olfactives) ou encore l'altitude du site (importance du gel et de l'enneigement).

Différents emplacements sont-ils possibles ?

Si la serre est équipée d'extracteurs d'air, ceux-ci doivent être orientés à l'opposé du village et du local d'exploitation afin d'éviter les nuisances olfactives.

Il est nécessaire d'avoir une surface de zone extérieure suffisamment importante pour faciliter les manœuvres lors de l'évacuation des boues sèches.

Il est préférable de limiter la distance entre la serre et le local de déshydratation afin de faciliter l'alimentation en boues et réduire la longueur de transport (conduite, tapis, ou vis).

Les boues à traiter sont-elles compatibles avec le procédé de séchage solaire ?

Les boues à l'alimentation doivent être les plus fraîches possibles, sans stockage intermédiaire pouvant engendrer des phénomènes d'anaérobiose. Il est préconisé de limiter, voir de refuser, les boues extérieures dont le traitement amont n'est pas toujours bien maîtrisé.

Le système de déshydratation doit être suffisant avec un taux de polymère maîtrisé (déshydratation et lubrification si pompe gaveuse), une siccité obtenue suffisante (> 20%) pour une meilleure teneur mécanique de la boue, un taux de matière organique suffisamment bas (d'où système faible charge), et une absence de chaulage des boues.

Quelle siccité recherchée ?

L'objectif maximal du séchage solaire est d'atteindre une siccité de 75 – 80%. Des siccités supérieures engendrent de nouvelles contraintes d'exploitation (poussières).

Dans certains cas, pour des critères technico-économiques locaux, différentes gammes de siccité sur l'année peuvent être recherchées en fonction des débouchés possibles des boues traitées.

Quelle est la période d'évacuation des boues sèches ?

Le débouché classique du séchage solaire est la valorisation agricole. Les périodes d'évacuation sont donc fonction des périodes possibles d'épandages liées aux cultures locales. En règle générale, on note une à deux périodes sur l'année : septembre et mars.

Pour d'autres débouchés, l'évacuation des boues de la serre peut être continue. De plus, selon la fréquence d'évacuation, le stockage des boues sèches doit être précisé : dans la serre ou à l'extérieur.

Dans le cas de plusieurs évacuations dans l'année, leur débouché doit pouvoir accepter différentes siccités à l'exception des serres équipées de chauffage complémentaire.

Dans certains cas, la serre peut n'être utilisée qu'en période favorables au séchage (durée de 6 à 10 mois suivant le contexte) d'où un second débouché doit être précisé et mis en place (boues chaulées, compostage...).

Risques d'odeurs

La collectivité ou le voisinage immédiat de la serre doivent être prêt à accepter d'éventuels dégagements d'odeurs (ceux-ci pouvant être limités à quelques jours dans l'année) en provenance du site quelque soit le type de serre retenu. Ils doivent également être au courant des différentes possibilités en ce qui concerne la limitation de ces odeurs :

- Utilisation temporaire de masquant dans la serre,
- Installation d'une tour de dissémination d'air pour propulser et disperser les odeurs en altitude,
- Mise en place d'un taux de renouvellement de l'air de la serre très élevé (20 fois le volume horaire)
- Mise en place d'une désodorisation totale et continue, avec un choix entre 2 systèmes de traitement (biologique ou chimique),
- Possibilité d'installer une désodorisation partielle traitant en routine seulement une partie du débit, et l'ensemble du débit lors des périodes de crises (crises nécessairement de courtes durées: panne du retourneur, problème d'automatisme, période de début de printemps.....) avec évidemment un renouvellement moindre de l'air de la serre en période critique.

Procédé « rustique » ou procédé industriel

En fonction de la politique environnementale retenue par la collectivité, la commune doit faire le choix entre les 3 types de serres aux conséquences différentes en termes de consommation énergétique, de risques d'odeurs,....

- Serre ouverte,
- Serre fermée,
- Serre fermée avec apport d'énergie extérieure.

Dans tous les cas, le procédé de séchage solaire nécessitera une exploitation attentive.

Le procédé choisi accepte-t-il la présence humaine ?

Suivant le système retenu, l'équipement et les conditions de sécurité pour l'exploitant peuvent être variables, avec l'obligation possible du port de masque, combinaisons étanches, lunettes, capteurs de mesures de gaz....

Degré d'automatisme du procédé

Il est nécessaire de savoir si la gestion de la serre est centralisée avec le pilotage de la station d'épuration ou si son exploitation est gérée par un automate annexe. De plus, suivant les systèmes et leur degré d'automatisation en particulier leur adaptabilité aux données météorologiques, le temps nécessaire à l'exploitation peut fortement

varier (si alimentation manuelle, vidanges fréquentes...).

Comment s'effectue la gestion des boues sèches entre 2 épandages afin de maîtriser la siccité finale ?

Est-il possible d'extraire régulièrement une partie des boues de la serre ?

Existe-il une fosse ou une zone de stockage de boues sèche non retournée dans la serre ou à l'extérieur de celle-ci ?

Ces principales questions vont permettre aux décideurs d'avoir une meilleure connaissance de la filière envisagée et de ses contraintes sur une technologie relativement récente.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] <http://www.planetoscope.com/sols/624-Tonnes-de-mati-egrave-res-s-egrave-ches-de-boues-de-station-d-epuration-produites-en-France.html>
- [2] <http://www.ademe.fr/partenaires/Boues/Pages/f53.htm>
- [3] Patricia LE STRAT, *Les procédés « écologiques » pour le traitement des boues urbaines*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 286, page 83
- [4] Haoua AMADOU, *La modélisation du séchage solaire sous serre des boues de stations d'épuration urbaines*, thèse, partie II.3.
- [5] Jean-Christophe BAUDEZ, *La gestion des boues résiduaires : de l'étude de la matière molle à la valorisation de la matière organique*, extraits du rapport
- [6] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Compostage>
- [7] http://www.actu-environnement.com/ae/news/reglementation_compostage_5302.php4
- <http://www.thermo-system.com/>, site de Thermo-System, brochures Sanglier électrique et Manager de boues
- http://www.huber.fr/upload/56316f81X1057162a0fbXY218/1122984295730/srt_fr.pdf, brochure sécheur solaire Huber
- http://www.t-e.fr/docs/plaquette_sechage_09.pdf, brochure sécheur solaire Ternois
- <http://www.veoliawaterst.com/processes/link/download?site=doc&objectId=621> brochure sécheur solaire Veolia,
- http://www.degremont.fr/document/?f=nos-realizations/fr/B2_Heliantis%20Brumath.pdf, brochure séchage solaire Degrémont
- http://www.stereau.fr/admin/Portal/LinkClick.aspx?tabid=353&table=Links&field=ItemID&id=141&contenntype=application/pdf&link=other%3AFP_HELIOCYCLE_A0407.pdf brochure sécheur solaire Stereau
- <http://www.richel.fr/richeportal/easysite/action/WebdriveActionEvent/oid/01e-000019-00q>, plaquette serres de séchage solaire Marchegay
- http://www.poyry-environnement.fr/uploadfichier//LS4009_St_Vallier_solaire_240TMS_OK.pdf, plaquette de présentation Pöyry de la station de Saint Vallier (26)
- http://www.poyry-environnement.fr/uploadfichier//NM4124_Taradeau_solaire_OK.pdf, plaquette de présentation Pöyry de la station de Taradeau (83)
- http://www.poyry-environnement.fr/uploadfichier//MJ3055_Livron_solaire_boues_OK.pdf, plaquette de présentation Pöyry de la station de Livron (26)
- http://www.poyry-environnement.fr/uploadfichier//PA2007_Antonniere_solaire_OK.pdf, plaquette de présentation Pöyry de la station de L'Antonnière (72)
- <http://www.tierso.fr/LinkClick.aspx?fileticket=JFv70He4MLg%3d&tabid=866&mid=2447&language=fr-FR>, Désodorisation biologique, Liste de références Polytec, juin 2008
- <http://www.dislaub.fr/dislaub/activites-sechage-boues-serres.html>, DISLAUB, Séchage sous serre des boues de station d'épuration

- Philippe GRULOIS, Jean-Christophe FAMEL, Jean-Pierre HANGOUET, Christian FAYOUX, *Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ... en boues !*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 195, page 42
- Gérard MICHEL, *Modélisation et dimensionnement des procédés de séchage solaire de boues*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 267, page 55
- Robert PETIT, Yann Le BELLEGO, *Déshydratation et traçabilité des boues : mise en service d'une serre de séchage*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 279, page 65
- *Quand les boues prennent le soleil*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 282, page 12
- Céline MAURIZE, *Le séchage solaire au secours des boues*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 286, page 89
- Marc MAUDUIT, *Traitement des boues : quelles solutions ?*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 293, page 55
- Sabine ROUS, *Le séchage : un atout multi-filière*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 293, page 69
- H. AMADOU, C. BECK, A-G SADOWSKI, J-B POULET, *Etude du séchage solaire des boues de stations d'épuration urbaines*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 297, page 41
- Mathieu BOILLOT, Anne GRESLE, *Le séchage solaire combiné des boues : l'exemple de Carnac*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 297, page 45
- *Ternois combine séchage solaire et récupération d'énergie*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 303, page 22
- Sahra CEPIA, *Optimiser le devenir des boues résiduelles*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 307, page 31
- Alain VERGNES, *Nuisances odorantes en stations d'épuration : quelles solutions ?*, Article du périodique L'eau, l'industrie et les nuisances N° 322, page 27
- Bruno MORTGAT, *Le séchage des boues, une filière qui préserve les options*, Article du périodique Environnement et Technique N° 237, page 35, Juin 2004
- Véronique MAMBRE, Bernard MARCHAND, *Le séchage thermique des boues urbaines et industrielles*, Article du périodique Environnement et Technique N° 246, page 43, Mai 2005
- Emmanuel ADLER, *Les boues d'épuration se dorment la pilule au soleil*, Article du périodique Environnement et Technique N° 282, page 86, Décembre 2008
- *Brumath : procédé de séchage solaire pour les boues de la STEP*, Article du Journal de Maires, page 28, Novembre 2004
- Claude MARIET, *A Brumath, le soleil allège les boues*, Article du périodique TSM N° 10, page 8, Octobre 2004
- *Gestion des déchets organiques et des boues : un choix local*, Science et Décision, Février 2003
- Fabienne NEDE, *Séchage de boues : de nouveaux procédés*, Article de La Gazette, page 42, 27 Octobre 2008
- Haoua AMADOU, *Modélisation du séchage solaire sous serre des boues de stations d'épuration urbaines*, Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, 2007
- Rayan SLIM, *Etude et conception d'un procédé de séchage combiné de boues de stations d'épuration par énergie solaire et pompe à chaleur*, Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Paris, 2007
- Antoine-Georges SADOWSKI, *Techniques d'épuration des eaux usées : boues activées*, Formation Continue, Session n° 02-208 du 3 au 7 juin 2002 à Strasbourg

- Mines d'Albi, *Aide au dimensionnement d'une installation de séchage solaire de boues*, rapport de projet
- Guillaume MANGIN, *Les premiers retours d'expérience sur le séchage solaire sous serre des boues urbaines*, Synthèse technique, Février 2005
- *Préoccupations relatives aux odeurs associées au compostage des matières organiques*, Rapport d'enquête auprès des gestionnaires de sites de compostage, 18 Août 2006
- ADEME, *Séchage thermique des boues urbaines et industrielles*, 2004
- ADEME, *Synthèse des données relatives à la production et à la gestion des boues d'épuration en France*

ANNEXE : LISTE DE REFERENCES

Constructeur	Sites	Département	Taille de la serre (EH)	Année de mise en service
Saur (Stereau)	Saint Vallier	26	16 000	sept-08
	La Couture Boussey	27	3 200	mars-07
	Thuit-Signol	27	5 040	mai-05
	Bannalec	29	13 000	juil-08
	Coutances	50	20 000	mai-08
	Luxueil les bains	70	20 000	août-08
	Saint-Souplet	77	5 200	mars-08
	Belleville sur vie	85	4 000	sept-08
	Vivonne	86	7 000	en cours
	Saint Leu Les Avirons	Réunion	15 000	en cours
	Genlis	21	7 200	nov-07
	Carnac	56	2 800	serre pilote

Constructeur	Sites	Département	Taille de la serre (EH)	Année de mise en service
Vinci - Sogea	Mansle	16	4 400	2008
	Roumazières	16	4 500	2008
	Gémozac	17	2 200	2008
	Bessières	31	6 000	2010
	Leognan	33	12 000	2008
	Crevin	35	3 400	2009
	Le Barp	33	12 000	2009
	Montreuil-bellay	49	13 000	2008
	Chateaufort-sur-Sarthe	49	4 200	2010
	Allaire	56	3 200	2008
	Surzur	56	3 000	2005
	la bazoge	72	4 200	2007
	Les Arcs sur Argens	83	13 000	2008
	Le Marin	Martinique	12 500	2009

Constructeur	Sites	Département	Taille de la serre (EH)	Année de mise en service
Thermo-System	Peyruis	4	5 500	2007
	Le Pouzin	7	13 000	en cours
	Nogent sur Seine	10	15 000	2007
	Louannec	22	4 900	2009
	Naveil	41	7 400	2006
	Chazelles sur Lyon	42	7 500	juin-05
	Saint Julien de concelles	44	8 000	2004
	Saint Ay	45	4 500	2004
	Malesherbes	45	8 000	2002
	Les Attaques	62	2 500	2007
	Saint-Jamme sur Sarthe	72	5 000	en cours
	Houdan-Maulette	78	15 000	2004
	Friville – Escarbotin	80	13 000	2005
	Bagnols-en-Forêt	83	4 000	en cours
	Tourrettes	83	5 000	2003
	Ile d'Yeu	85	8 000	2002
	Chablis	89	8 000	2006
	Nantes Métropole	44	100 000	en cours
	Romilly-sur-Seine	10	34 100	en cours

AMECO	Beaune	21	90 000	févr-03
--------------	--------	----	--------	---------

Constructeur	Sites	Département	Taille de la serre (EH)	Année de mise en service
Degrémont - France Assainissement	Biesheim	68	9 000	janv-06
	Brumath	67	21 000	mai-04
	Clairvaux-les-lacs	39	6550 été ; 2180 hiver	juil-05
	Dieuze	57	6 800	févr-05
	Dommartin	88	7 500 + 3 150 ext.	juin-08
	Ensisheim	68	12 500	oct-03
	Etrechy	91	10 000	juil-05
	(La) Ferté Saint Aubin	45	9 000	févr-10
	Folschwiller	57	15 000	nov-05
	Gargenville	78	12 000	sept-09
	Granges s/Vologne	88	3 000	sept-05
	Is-Marcilly sur Tille	21	9 900	juil-05
	Larmont (Pontarlier)	25	50 000	août-04
	Marolles	91	22 000	juin-08
	Montreux Bourbeuse	90	4 000	mars-07
	Neufchâteau	88	18 000	mars-06
	Orgelet	39	4 350	mai-05
	Pont St Maxence	60	40 000	avr-08
	Reignier	74	15 000	févr-04
	Romorantin	41	25 500	juin-05
	SADI le Touvet	38	18 000	mars-08
	Sierentz	68	13 000	oct-05
	Thiers	63	20 000	sept-07
	Val de l'Eure	28	4 700	mai-07
	Vesoul	70	72 000	mai-08
	Baugé	49	9 500	mars-08
	Gévèzé	35	7 100	juin-05
	Laillé	35	5 500	janv-07
	L'Antonnière	72	7 200	sept-05
	Nevez	29	2 500 hiver ; 5 000 été	oct-08
	Noirmoutier	85	3 000 hiver; 18 000 été	oct-06
	Val de Seiche	35	32 000	janv-06
	Vallet	44	15 200	avr-06
	Vire	14	50 000	nov-05
Montbrison	42	32 000	mars-07	
Peymeinade	6	18 000	juil-07	
Dignes les bains	4	33 800	mars-10	
Reignier BIS	74	32 000	août-08	
Villefranche de Rouergue	12	30 000	juin-05	

Constructeur	Sites	Département	Taille de la serre (EH)	Année de mise en service
Veolia EAU - MSE	Fonsorbes Cantalauze	31	serre pilote	2005
	Fonsorbes Boulbènes	31	9 000	fin 2006
	Pechbonnieu	31	6 500	2008
	La Réole	33	12 000	2010
	Montbeton	82	4 000	2009
	Saint-Paul-3-Châteaux	26	13 000	2006
	Montmerle-3-Rivières	1	8 000	2009
	Val de Saone Chalaronne	1	6 – 8 000	2009
	Joigny	89	18 000	2010
	Meximieux	1	10 000	2010
	Le Véron	37	17 000	2006
	Saint Jouan des Guerets	35	7 500	2009
	Mortagne au Perche	61	12 000	2010
	La Chatre	36	9 000	2009
	Le Lude	72	6 000	2009
	Bonnetable	72	6 000	2009
	Saint-André de l'Eure	27	8 500	2009
	Ay	51	6 000 – 39 000	2010
	Chateaulin	29	25 000	fin 2006
	Le Marillet	85	eau potable	2006
	Saint Pierre	Réunion	80 000	2009
	Verdun	55	Compost 36 300	2006
	Forbach	57	70 000 + boues indus	2004
Richemont	57	70 000 + boues indus	2007	

Constructeur	Sites	Département	Taille de la serre (EH)	Année de mise en service
Ternois – Huber Technology	Saint Maurice de Beynost	1	8 000	mars-07
	Livron sur Drôme	26	13 000	2008
	Bourg Achard	27	7 825	2008
	Bonneval	28	7 000	2007
	Nogent Le Roi	28	12 500	2010
	Illiers Combray	28	5 300	2010
	Lherm	31	4 000	2009
	Vallères Lignièrès	37	3 200	oct. 2009
	Ernée	53	10 000 + boues ext.	sept.2007
	Evron	53	16 500 + boues ext	2008
	Laval	53	150 000	nov. 2007
	Villaines La Juhel	53	5 400	oct. 2009
	Hottviller	57	6 330	2008
	Rodemack-Evange	57	3 400 + boues ext	2007
	Bellême	61	6 420	nov. 2007
	Aigueperse	63	7 200	2008
	Gunstett	67	18 000+boues ext	2008
	Goderville	76	3 600	2010
	Bourron-Marlotte	77	6 700+boues ext	dec. 2007
	Le chatelet en Brie	77	7 000	2009
Snecma Villaroche	77	3 500	2010	
Taradeau-Vidauban	83	15 000	2008	
Noirmoutier	85	15 000/40 000	juin-09	

RESUME

En raison de l'augmentation de la population raccordée aux filières de traitement (nouvelle ou existante) et d'une réglementation de plus en plus stricte, la production de boues résiduaires urbaines ne fait que s'accroître au cours du temps. En sortie de station d'épuration, ces boues sont particulièrement liquides, ce qui représente des volumes très importants. Différentes technologies existent afin d'éliminer une partie de l'eau contenue dans ces boues, on peut citer les filtres à bandes, les filtres presse, les centrifugeuses, les lits de séchage plantés de roseaux ou encore les sécheurs thermiques. Ainsi, en fonction de la siccité finale, les coûts de transport vers les filières de valorisation, tels que le compostage, l'incinération ou l'épandage agricole, sont diminués.

Le séchage solaire est un procédé récent de déshydratation des boues (introduit en France depuis 2002) qui est présenté comme une technique rustique et s'inscrivant dans une politique de développement durable. Une étude a donc été demandée par l'agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse afin de réaliser un état de l'art ainsi qu'un retour d'expériences sur le séchage solaire en France.

La première partie de ce document (chapitres I et II) est générale. Elle est consacrée à la description d'une serre de séchage solaire, l'explication de son fonctionnement, sa conception et son dimensionnement. Le chapitre III suivant introduit les différents constructeurs de ce procédé et fait le bilan de l'implantation du séchage solaire en France : nombre de serres installées par constructeur, répartition géographique, évolution du nombre d'installations au cours du temps... Le chapitre IV comprend l'état de l'art du séchage solaire en France proprement dit avec la présentation et la comparaison des procédés de tous les constructeurs. Une approche économique de cette technologie se trouve au chapitre V et les retours d'expériences sont répertoriés au chapitre VI avec un bilan de l'enquête effectuée auprès de tous les exploitants de stations d'épuration munies de serres de séchage solaire. Cette étude se termine par les critères à prendre en compte et les questions principales à se poser avant de s'équiper d'un système de séchage solaire.

Mots clés : séchage solaire, serre, boues, déshydratation