



CONSEIL
GENERAL
DU BAS-RHIN

TRAITEMENT DES BOUES D'EPURATION SUR LITS PLANTES DE ROSEAUX



DISPOSITIF DE SUIVI DE 3
INSTALLATIONS DANS
LE BAS-RHIN

BILAN 2009

Sommaire du document

1. LE CONTEXTE ET LA PROBLEMATIQUE	4
1.1. QU'APPELLE-T-ON LITS PLANTES DE ROSEAUX ?	4
1.2. QUELLES SONT LES INSTALLATIONS DU BAS-RHIN ?	4
1.3. QUELS SONT LES OBJECTIFS DE SUIVI VISES ?	6
2. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS SUIVIES	7
3. LES PROTOCOLES DE SUIVI MIS EN ŒUVRE	9
3.1. CARACTERISATION DES BOUES D'ALIMENTATION.....	9
3.2. SUIVI DES HAUTEURS DE BOUES DANS LES LITS	9
3.3. QUANTITES DE BOUES APORTEES	9
3.4. CARACTERISATION DES BOUES STOCKEES DANS LES LITS	9
3.5. CARACTERISATION DES LIXIVIATS	9
3.6. SUIVI GENERAL DES INSTALLATIONS.....	10
4. LES RESULTATS ACQUIS EN 2009	11
4.1. GESTION DE L'ALIMENTATION DES LITS	11
4.2. CARACTERISATION DES BOUES D'ALIMENTATION.....	12
4.2.1. Valeur agronomique.....	12
4.2.2. Présence d'indésirables	12
4.3. CARACTERISATION DES BOUES STOCKEES DANS LES LITS	14
4.3.1. Surbourg.....	14
4.3.2. Buhl.....	15
4.3.3. Ingolsheim	15
4.4. DESHYDRATATION ET STOCKAGE DES BOUES DANS LES LITS	17
4.4.1. Station de Surbourg.....	17
4.4.2. Station de Buhl	18
4.4.3. Station de Ingolsheim	19
4.5. COMPOSITION DES LIXIVIATS.....	22
Ingolsheim.....	22
4.6. LA VEGETATION.....	24
Surbourg	24
Buhl.....	24
Ingolsheim.....	25

Introduction

Face aux contraintes que connaît la filière épandage agricole de boues d'épuration (périodes d'interdiction définies par la directive « Nitrates », diminution des surfaces mises à disposition...etc.), le recours à des lits plantés de roseaux constitue un mode de traitement des boues intéressant pour les petites stations d'épuration.

En effet, cette technique présente plusieurs avantages :

- grande autonomie de stockage (plusieurs années)
- déshydratation des boues
- stabilisation des boues.

Depuis 1999, plusieurs stations du Bas-Rhin ont ainsi progressivement eu recours à cette technique (4 stations équipées de lits plantés de roseaux fin 2008) pour le traitement de leurs boues.

Afin d'acquérir des références sur cette technique assez nouvelle dans le contexte bas-rhinois, le Conseil Général du Bas-Rhin a mis en œuvre un programme de suivi de ces installations.

Le présent document présente le programme de suivi mis en place ainsi que les principaux enseignements retirés.

1. LE CONTEXTE ET LA PROBLEMATIQUE

1.1. Qu'appelle-t-on lits plantés de roseaux ?

Les lits plantés de roseaux sont utilisés pour traiter et stocker les boues issues du traitement des eaux usées pendant plusieurs années. Le développement d'un important réseau de tiges, rhizomes et racines de roseaux permet à différents processus de se mettre en place pour minéraliser les boues et éliminer l'eau interstitielle (renvoyée en tête de station).

Après plusieurs années de fonctionnement et lorsque les lits arrivent à saturation, ils doivent être vidangés : les boues peuvent être épandues en agriculture, généralement après une phase de compostage qui permet de limiter la reprise des roseaux.

La technique des lits plantés de roseaux nécessite une surface au sol relativement importante (environ 4 EH/ m²)

1.2. Quelles sont les installations du Bas-Rhin ?

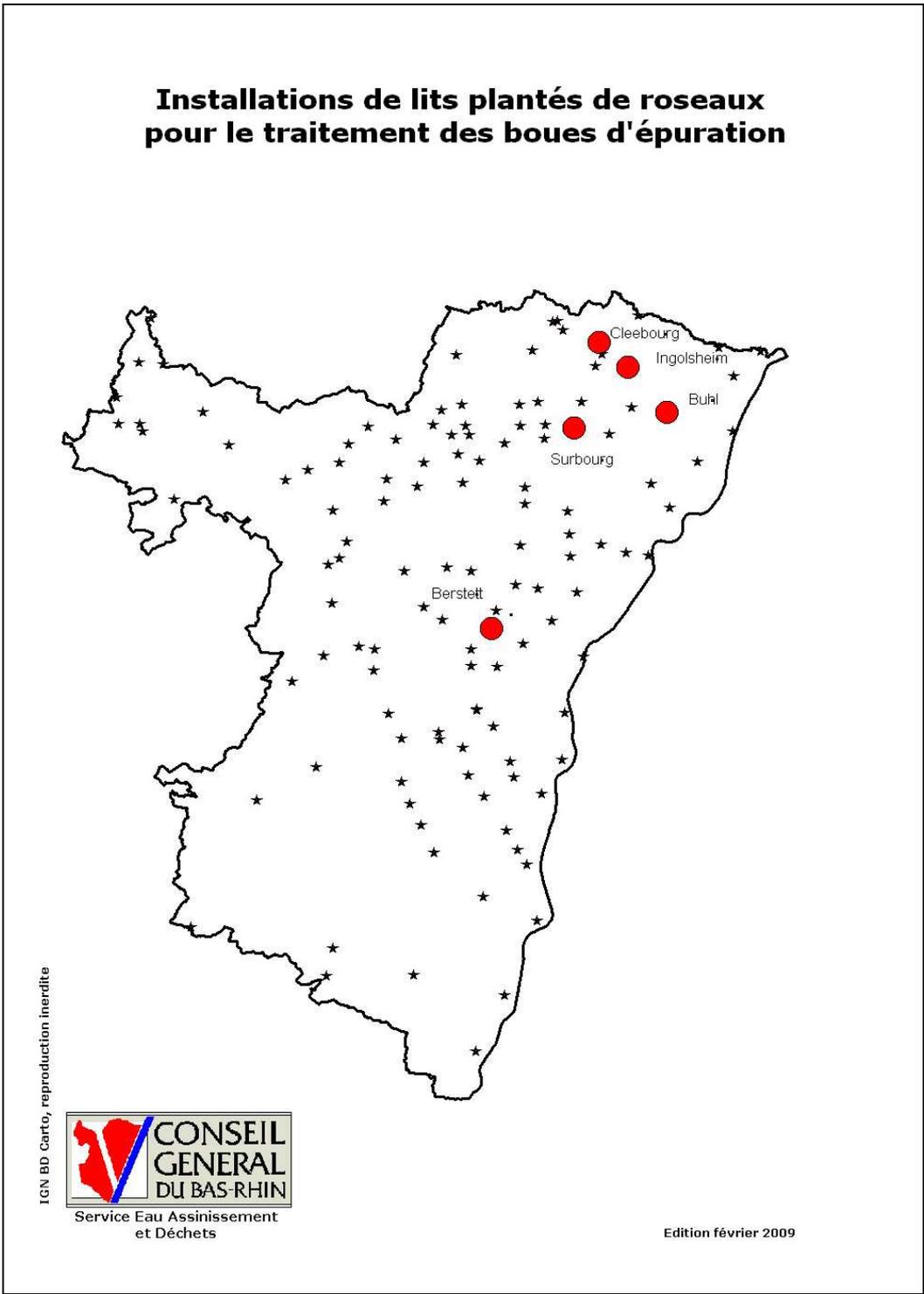
Au cours des dernières années, 5 stations d'épuration se sont orientées vers l'implantation de lits plantés de roseaux pour le traitement de leurs boues d'épuration : Berstett (1999), Buhl (2004), Ingolsheim et Cleebourg (2004) ainsi que Surbourg (2005).

La nature des installations mises en œuvre varie d'un site à l'autre :

Stations	Capacité nominale	Nb de lits	Type installation	Alimentation	Epandage	Silo de stockage
Berstett ¹	2 900 EH	2	Bâche	Silo ou puits de recirculation	x	160 m ³
Surbourg	1 600 EH	8	Béton surcreusé	Bassin d'aération		-
Buhl	4 650 EH	6	Béton surcreusé	Bassin d'aération	x	300 m ³
Ingolsheim	3 400 EH	3	Bâche	Silo		150 m ³
Cleebourg	650 EH	3	Bâche	Silo		50 m ³

¹ L'installation de Berstett n'a pas été remise en état après le curage des lits en 2004

La localisation des installations de lits plantés de roseaux est représentée ci-dessous :



1.3. Quels sont les objectifs de suivi visés ?

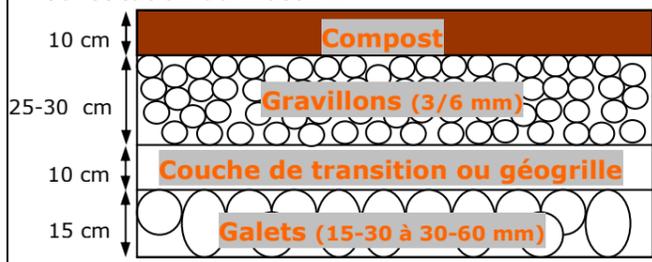
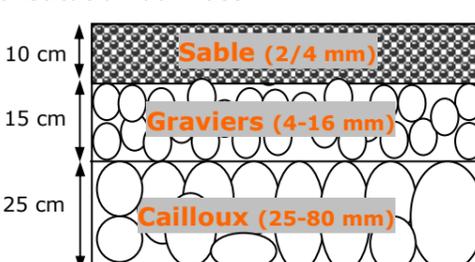
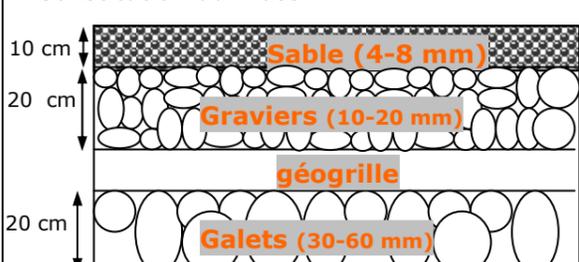
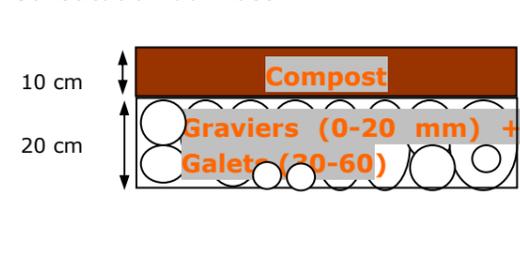
Afin de disposer d'une connaissance plus fine des performances et des limites des installations de lits plantés de roseaux, le Département du Bas-Rhin a mis en place un dispositif d'acquisition de références sur les stations de Berstett (1999-2004), Buhl (en cours depuis 2005), Ingolsheim (en cours depuis 2007) et Surbourg (en cours depuis 2007).

Les suivis d'installation visent à acquérir des références sur :

- les quantités de boues susceptibles d'être traitées (annuellement et sur toute la durée d'exploitation des lits)
- la qualité des lixiviats renvoyés en tête de station et leur impact sur le fonctionnement de celle-ci
- le développement des roseaux et leurs effets sur le fonctionnement du lit
- les contraintes d'exploitation - les temps de rotation sur les lits
- la qualité des boues stockées dans les lits
- les modalités de curage et d'épandage des boues issues des vidanges de lits.

2. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS SUIVIES

Les 3 installations ayant fait l'objet d'un suivi en 2008 sont décrites et comparées aux prescriptions du CEMAGREF² dans le tableau ci-dessous :

	Préconisations CEMAGREF	SURBOURG	BUHL	INGOLSHEIM
Surface	Production Boues Charge surfacique (max 50 Kg MES/m ² /an)	300 m ² nécessaires pour 15 t MS 664 m ² disponibles (8 x 10m x 8.3m)	600 m ² nécessaires pour 30 t MS 400 m ² disponibles (6 x 11m x 6m)	1200 m ² nécessaires pour 60 t MS (avec Bremmelbach) Environ 1960 m ² disponibles - en bas : 38.5m x 13.5m - au sommet : 43.6m x 18m
Nombre de lits	- Step > 3 000 EH : ≥ 8 lits - Step > 2 000 EH : ≥ 4 lits	- Capacité nominale : 1 600 EH - Nombre de lits : 8 lits	- Capacité nominale : 4 650 EH - Nombre de lits : 6 lits	- Capacité nominale : 3 555 EH (avec Bremmelbach) - Nombre de lits : 3 lits
Massif filtrant	- Constitution du massif :  - Pente : 0.5 % - Cheminée d'aération en bout de drains	- Constitution du massif :  - Pente : 0.5 % - cheminée d'aération en bout de drains	- Constitution du massif :  - Pente : 1 % - cheminée d'aération en bout de drains (3/lit)	- Constitution du massif :  - Pente : aucune, surface horizontale - cheminée d'aération en bout de drains (6/lit)
Dispositif alimentation	- Présence de plaques déflectrices - Alimentation tous les 5 à 6 m - Débit des pompes ≥ 0.25 m ³ /m ² /h soit 4.2 L/m ² /min	- Présence de plaques déflectrices - 4 points d'alimentation sur 10 m - débit de la pompe : 0.24 m ³ /m ² /h	- pas de plaques déflectrices - 3 points d'alimentation sur 11 m - Débit pompe : 1,06 m ³ /m ² /h pour 1 lit et 0,53 pour 2 lits alimentés simultanément. (70 m ³ /h soit 17,6 L/m ² /min)	- pas de plaques déflectrices - 3 points d'alimentation sur 40 m - Débit pompe : 0.1 m ³ /m ² /h pour 1 lit (40 m ³ /h)
Végétation	- Densité : 4 pieds / m ² - Variété : Phragmite Communis ou australis - Implantation : avril-août	- Densité : 4 pieds / m ² - Variété : Phragmite Communis - Implantation : 3 lits en nov-déc 2004 et 5 lits en mai-juin 2005	- Densité : 4 pieds / m ² - Variété : Phragmite Communis - Implantation : octobre 2004 puis avril 2006	- Densité : pieds 2-3 / m ² - Variétés : phragmite communis et Giants - Implantation : octobre 2004 puis juillet 2006

² D'après « Traitement et valorisation des boues par lit plantés de roseaux : rappels des points clefs de cette technique, caractéristiques rhéologiques des boues et bilans des curages – épandages sur quelques stations françaises »

- Alain Liennars, Pascal Molle, CEMAGREF
- Dirck Esser, Stéphane Troesch (SINT)
- François Thirion, Jean Christophe Baudez (CEMAGREF)

Surbourg :

Le nombre de lits est largement supérieur aux préconisations du CEMAGEREF. Toutefois, la station n'ayant pas de silo de stockage ni de filière épandage en secours, ce « surdimensionnement » permet de disposer d'une marge de sécurité en cas de problème.

Buhl :

La surface de lit disponible n'est pas tout à fait suffisante pour traiter la moitié de la production de boues comme cela était initialement prévu. Cela dit, la station évacue 82 % des boues en épandage. Les lits sont donc suffisamment dimensionnés en regard des quantités de boues réellement traitées.

Le débit de la pompe d'alimentation des lits est bien supérieur au minimum recommandé par le CEMAGEREF, ce qui génère une arrivée massive de boues sur un temps d'alimentation très court. Néanmoins, l'installation a été modifiée en 2009 afin d'alimenter les lits en boues en provenance du bassin d'aération et non plus du clarificateur, sauf pour les lits 4 et 6 : le lit n°4 a été alimenté uniquement en début d'année avant la modification et le lit n°6 reste utilisé en complément du silo de stockage et n'est pas planté.

Ingolsheim:

Cette installation est un peu différente des deux autres car il ne s'agit pas de plusieurs petits lits en béton surcreusé mais de 3 grands lits équipés d'un géotextile.

Ce type d'installation est plus « rustique » et facile d'exploitation. Toutefois, en cas de dysfonctionnement, tout le lit en est impacté. Par ailleurs, le géotextile peut être endommagé lors du passage de la pelle mécanique utilisée pour la vidange des lits (exemple de Berstett).

On notera également que le débit de la pompe ($0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$) est particulièrement faible et que le massif est totalement horizontal, ce qui peut gêner l'écoulement des lixiviats.

Cette description technique des installations met en évidence plusieurs « écarts » par rapport aux préconisations du CEMAGEREF, notamment sur les stations de Buhl et Ingolsheim : origine des boues, débit des pompes, absence de plaques déflectrice...etc. L'impact de ces paramètres sur le bon fonctionnement des lits reste à préciser en fonction des données acquises dans le cadre du dispositif de suivi mis en œuvre (temps d'alimentation, accumulation des boues dans les lits, développement des roseaux,...etc).

3. LES PROTOCOLES DE SUIVI MIS EN ŒUVRE

3.1. Caractérisation des boues d'alimentation

En complément des analyses réglementaires effectuées par l'exploitant ainsi que celles de validation effectuées par le SATESA, 3 à 4 analyses de boues sont réalisées sur les boues d'alimentation de chacune des 3 installations.

Les prélèvements sont effectués directement au niveau des bouches d'alimentation des lits, quelques minutes après la mise en route des pompes.

Paramètres analysés : MS, MO, pH, Corg, N-NH₄, Ntk, C/N, CaO, MgO, P₂O₅, K₂O, N-NO₃, N-NO₂, Ntotal

3.2. Suivi des hauteurs de boues dans les lits

Des réglettes sont installées dans chacun des lits de Buhl et de Surbourg ; les hauteurs de boues dans les lits sont ainsi relevées par les préposés des stations, avant et après les alimentations pour apprécier les cinétiques d'accumulation des boues.

À Ingolsheim, les réglettes mises en place en 2004 se sont très rapidement détériorées ; il n'est plus possible de mesurer avec précision la hauteur de boues dans les lits.

3.3. Quantités de boues apportées

Les quantités de boues apportées dans les lits peuvent être évaluées par deux méthodes :

- soit à partir des temps d'alimentation et du débit des pompes (Surbourg, Ingolsheim et Buhl pour les lits 1 et 3)
- soit en mesurant les hauteurs de boues avant et après alimentation, lorsque la pompe n'est pas équipée de débitmètre (Buhl).

Les données sur les quantités de boues apportées peuvent ainsi être mises en perspective des hauteurs de boues dans les lits, afin de mettre en évidence certains dysfonctionnements.

3.4. Caractérisation des boues stockées dans les lits

Des analyses de boues contenues dans les lits sont réalisées afin de déterminer l'évolution de la siccité et des différentes formes d'azote au cours du stockage.

Paramètres analysés : MS, MO, pH, Corg, N-NH₄, Ntk, C/N, CaO, MgO, P₂O₅, K₂O

3.5. Caractérisation des lixiviats

Des analyses de lixiviats sont effectuées après l'alimentation des lits, afin de caractériser cet effluent qui retourne en tête de station.

Les prélèvements sont effectués pendant 24 heures à l'aide d'une pompe péristaltique mis à disposition par le SATESA.

Paramètres analysés : DBO₅ - DCO - MES - NTK - NH₄ - NO₃ - NO₂ -Pt - pH - conductivité - MS - MVS.

A noter qu'il n'est pas possible d'avoir une approche quantitative des volumes de lixiviats renvoyés en tête de station. En effet, l'écoulement est gravitaire et les stations ne sont pas équipées de débitmètre à ce niveau.

3.6. Suivi général des installations

La tenue d'un cahier d'enregistrement par les préposés des stations permet de connaître le détail des alimentations effectuées, les hauteurs de boues et les difficultés rencontrées dans l'exploitation des installations.

Environ 3 à 4 visites annuelles sont réalisées par le Conseil Général afin de faire le point avec les préposés sur les situations rencontrées.

Synthèse du suivi réalisé en 2009 :

	Boues d'alimentation	Boues stockées	Lixiviats	Réunions de suivi
BUHL	3 Valeur Agro 3 type « eau usée »	2 Valeur Agro 2 type « eau usée »	3	3
SURBOURG	3 Valeur Agro 3 type « eau usée »	2 Valeur Agro 2 type « eau usée » (lit 1)	3	3
INGOLSHEIM	4 Valeur Agro 3 type « eau usée »	2 Valeur Agro 2 type « eau usée » (lit 2)	3	3

4. LES RESULTATS ACQUIS EN 2009

4.1. Gestion de l'alimentation des lits

Le premier paramètre à relever au niveau des modalités d'alimentation des lits est **l'origine de la boue**. En effet, la typologie des boues n'est pas la même selon qu'il s'agisse de boues du bassin d'aération (« fraîches » et riches en matière organique), du clarificateur ou du silo (azote en cours de minéralisation). C'est pourquoi le Cemagref recommande une alimentation à partir des boues du bassin d'aération.

Par ailleurs, l'utilisation de boues du silo à Ingolsheim peut poser des difficultés de pompage en saison estivale lorsque la siccité des boues est plus importante.

L'autre élément à relever est **la gestion des cycles d'alimentation** :

- A Surbourg, les cycles d'alimentation et de repos sont très réguliers (1/2 journée toutes les 4 semaines). Les quantités apportées par m² sont certes faibles, mais les temps de repos plus courts. Ce mode de fonctionnement semble adapté à la production de boues de Surbourg et au dimensionnement des installations.
- A Buhl et Ingolsheim, les cycles sont très aléatoires au cours d'une année mais également d'une année à l'autre.
- A Ingolsheim, les quantités apportées par m² sont très faibles sur l'année mais importantes par période d'alimentation et les temps de repos très fluctuants d'une alimentation à l'autre.

Préconisations sur la gestion des alimentations :

→ Les observations réalisées à Surbourg semblent confirmer qu'il est préférable d'utiliser **des boues du bassin d'aération** (homogènes et faciles à pomper). Cette observation a conduit à une modification de l'installation de Buhl dont l'origine des boues était auparavant le clarificateur.

→ Le Cemagref propose des rythmes d'alimentation et de repos en fonction de l'âge des lits. L'expérience de Surbourg indique que ces préconisations peuvent être adaptées : **les cycles d'alimentation sont à redéfinir chaque année**, en fonction de la quantité de boues déjà présente dans les lits.

Plus la hauteur de boues devient importante, plus le temps de ressuyage pendant lequel l'eau interstitielle percole vers les drains est long. Cette étape permet également à l'oxygène de pénétrer dans le massif. **Les temps de repos doivent donc globalement s'allonger après plusieurs années** de fonctionnement mais cela n'est pas systématique au cours des premières années.

→ Lorsque le débit de la pompe est trop élevé ($> 1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$), les lits sont à alimenter par paire. Cela permet d'éviter de saturer le massif et favorise une meilleure répartition de la boue à la surface du lit.

4.2. Caractérisation des boues d'alimentation

4.2.1. Valeur agronomique

Le tableau suivant présente les moyennes 2009 des principaux paramètres agronomiques des boues d'alimentation des lits (g/Kg MS) :

Step	Nb analyses	MS	MO	pH	NTK	NH₄	C/N	P₂O₅	K₂O	CaO	MgO
Surbourg	2	0.3	647	7.4	54.6	0.1	6	11.6	6.3	28.0	5.1
Buhl	3	0.5	616	7.2	62.1	1.3	5.0	13.8	6.9	28	4.0
Ingolsheim	4	3.6	413	6.6	32.3	5.9	6.5	9.5	7.4	17.3	6.6

La siccité des boues varie d'une installation à l'autre, selon l'origine de la boue (bassin d'aération ou silo).

Les valeurs très faibles relevées pour l'azote ammoniacal (NH₄) et l'azote sous ses formes oxydées (NO₃ et NO₂) montrent que l'azote est effectivement sous sa forme organique au moment de l'alimentation des lits (Surbourg et Buhl). Pour Ingolsheim, les boues d'alimentation provenant du silo de stockage, le processus de minéralisation de l'azote est plus marqué, mais la forme organique reste néanmoins prépondérante.

4.2.2. Présence d'indésirables

Des analyses portant sur les teneurs en ETM et CTO ont été réalisées dans le cadre du suivi réglementaire des installations ainsi que de la validation réalisée par le SATESA.

Les résultats sont conformes aux seuils fixés dans la réglementation « boues ».

Le tableau suivant présente les valeurs moyennes en éléments traces métalliques (mg/Kg MS) :

	Buhl	Ingolsheim	Surbourg	Limite régl.
Cadmium	1.1	1.2	1.2	10
Chrome	25	34	41	1000
Cuivre	260	440	240	1000
Mercure	0.65	0.23	0.35	10
Nickel	18	24	31	200
Plomb	28	39	42	800
Zinc	960	810	990	3000
Cu+Cr+Ni+Zn	1292.75	1348.43	1345.55	4000
Nb analyses	1	1	1	

Le tableau suivant présente les valeurs moyennes en composés traces organiques (mg/Kg MS) :

	Buhl	Ingolsheim	Limite régl.
Total PCB	0.027	<0.07	0.8
Fluoranthène	0.5	0.45	5
Benzo(b)fluoranthène	0.39	0.29	2.5
Benzo(a)pyrène	0.35	0.3	2
Nombre d'analyses	1	1	

Remarque : aucune analyse de composés traces organiques n'a été réalisée en 2009 à Surbourg.

Conclusion sur la caractérisation des boues d'alimentation :

- **La siccité des boues utilisées pour alimenter les lits varie** en fonction de leur origine (bassin d'aération ou silo).
- **Les boues ne sont pas particulièrement minérales**, et ce, quelle que soit leur origine.
- **L'azote est présent sous forme organique** (MO > 400 g/Kg MS).

4.3. Caractérisation des boues stockées dans les lits

Le tableau suivant présente les moyennes 2009 des principaux paramètres agronomiques des boues des lits au repos (non alimentés) depuis début 2009 (g/Kg MS) :

Step	Nb analyses	MS	MO	pH	NTK	NH ₄	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Surbourg	2	53.4	381	7.4	26.1	1.1	6	12	7.2	29	7.2
Buhl	2	16.8	518	7.8	43	10.8	6	23.9	4.6	50	5.5
Ingolsheim	2	41	267	5.1	21.2	0.5	6.1	10.3	8.5	19.5	7.0

Le processus de minéralisation des boues est notable pour les stations de Surbourg et d'Ingolsheim avec l'obtention de siccités élevées ainsi qu'une baisse de leur teneur en matière organique, à l'inverse de la station de Buhl.

4.3.1. Surbourg

L'alimentation des lits 1 et 2 a été arrêtée à partir de mi-juin 2009. Les prélèvements ont été réalisés dans le lit n°1 à une trentaine de centimètres de la surface les 22/09 et 22/10. Les rhizomes sont développés en profondeur et forment un réseau relativement dense.



4.3.2. Buhl

Les prélèvements ont été réalisés dans le lit n°2, laissé au repos toute l'année, à une profondeur d'environ 30 cm. La différence de structure et de couleur des boues est flagrante avec celles de Surbourg et d'Ingolsheim : les boues, au-delà des 20 premiers centimètres, sont pâteuses et les rhizomes sont faiblement présents en profondeur. Le taux d'humidité marqué des boues lors des prélèvements se confirme avec les analyses avec l'obtention d'une siccité faible (19.1 % le 24/09 et 14.4 % le 20/10) à peine suffisante pour pelleter les boues.



4.3.3. Ingolsheim

Le lit n°2 est au repos depuis début janvier 2009. Le prélèvement a été réalisé à un peu plus de 30 cm de profondeur du lit n°2. L'aspect général des boues et des rhizomes est semblable à celui observé à Surbourg.



Conclusion sur la caractérisation des boues stockées :

→ **Le lit assure une fonction de déshydratation des boues**, plus ou moins performante en fonction des capacités de ressuyage du massif liées au développement des rhizomes.

→ **Les boues évoluent vers des formes d'azote plus minérales** au cours de leur stockage.

4.4. Déshydratation et stockage des boues dans les lits

Rappel des caractéristiques des boues :

Step	Nb analyses	MS	MO	pH	NTK	NH ₄	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Surbourg	2	53.4	381	7.4	26.1	1.1	6	12	7.2	29	7.2
Buhl	2	16.8	518	7.8	43	10.8	6	23.9	4.6	50	5.5
Ingolsheim	2	41	267	5.1	21.2	0.5	6.1	10.3	8.5	19.5	7.0

4.4.1. Station de Surbourg

Les quantités de boues envoyées sur les lits³ depuis 2006 ainsi que les hauteurs relevées sur les réglettes sont présentées dans les tableaux suivants :

	lit 1	lit 2	lit 3	lit 4	Lit 5	Lit 6	lit 7	Lit 8
volumes apportés en 2009 (m3)	579	579	752	752	797	797	862	862
Quantité apportées en 2009 (tMS)	2.26	2.26	2.93	2.93	3.11	3.11	3.36	3.36
Quantité totale apportées (t MS)	7.1	7.1	7.8	7.8	8.2	8.2	7.9	7.9
Hauteur (cm)	30.6	26.5	41	53	50.3	40.9	52	54
Rapport (quantité / hauteur)x100 (t MS/cm)	23.2	26.7	19.1	14.7	16.3	20.0	15.2	14.6

	quantités (t MS)
2006	8
2007	17
2008	14
2009	23
Total	62

Au total, 62 tonnes de matière sèche de boues ont été apportées sur les 8 lits de Surbourg, dont 23 pour l'année 2009. Les hauteurs ont sensiblement progressé par rapport aux années précédentes, ce qui est à mettre en rapport avec la progression de la quantité de boue d'alimentation, de plus répartie presque uniquement sur 6 lits (les lits 1 et 2 ayant été mis en repos à partir de mi-juin pour cette étude). A noter que la

³ En 2006 et 2007, le détail des quantités apportées par lit n'est pas connu. Les quantités ont été divisées par le nombre de lits. Il s'agit donc d'une approximation.

progression de la quantité de boue produite par la station est liée à une nette augmentation de la population raccordée à la station d'épuration à partir de décembre 2008. Les rapports entre la quantité de boues apportées et la hauteur relevée dans les lits sont globalement homogènes.

→ **A Surbourg, les boues s'accumulent normalement dans les lits.** L'installation étant largement dimensionnée pour la production de boues actuelle. Il n'est donc pas nécessaire d'allonger les temps de repos entre les alimentations. La capacité de ressuyage des lits n'a pas beaucoup varié depuis leur mise en service.

4.4.2. Station de Buhl

Les quantités de boues envoyées sur les lits depuis 2005 ainsi que les hauteurs relevées sur les réglettes sont présentées dans les tableaux suivants :

	lit 1	lit 2	lit 3	lit 4	Lit 5	Lit 6
quantité de boues apportées en 2009 (t MS)	0.08	0	0.16	0.14	0.47	2.94
Quantité totale de boues apportées (tMS)	6.60	9.48	7.78	6.45	7.79	15.39
Hauteurs (cm)	absence de donnée	absence de donnée	absence de donnée	200	25	110
Rapport (quantité / hauteur)x100 (t MS/cm)	ND	ND	ND	3.2	29.2	14

Nota : dès 2005 le lit 6 a été utilisé pour assurer une fonction de stockage des boues en complément du silo ; il a été vidangé à plusieurs reprises. Fin 2008, le lit 5 a lui aussi été vidé. De plus, l'absence de valeurs sur les lits 1, 2 et 3 n'ont pas permis d'exploiter ces résultats. Les hauteurs de boues de ces lits ne peuvent donc pas être mises en relation avec les quantités apportées.

	quantités (t MS)
2005	0.014
2006	10.37
2007	16.32
2008	22.51
2009	4.1
Total	53

Au total, 53 t MS de boues ont été apportées sur les lits de Buhl depuis leur mise en service.

L'alimentation des lits a été nettement plus faible que les trois années précédentes, l'essentiel de la production de boues de la station ayant été destinée à l'épandage agricole.

Les hauteurs de boues sont anormalement élevées au regard des quantités apportées. L'hypothèse d'un colmatage des drains a été écartée dans le cadre de l'étude de 2008 (test de vidange du lit 5) et a conclu au mauvais fonctionnement du massif et à la modification de l'alimentation à partir de boues du bassin d'aération (au lieu du clarificateur).

Les résultats et observations sur les boues du lit n°2 en 2009 (prélèvements après 9 et 10 mois de repos du lit) ont conclu à la persistance du problème.

Hypothèse sur l'origine du mauvais fonctionnement des lits

L'alimentation des boues se fait à partir d'une pompe d'un débit nettement supérieur à celui de Surbourg, même si ce dernier est dans la limite basse au regard des préconisations du CEMAGREF.

L'absence de déflecteur au débouché des conduites d'alimentation des boues conduit à une mauvaise répartition des flux sur les lits : au lieu de se répandre en surface, il a pu y avoir une tendance, dès le départ, à un creusement des lits au droit des conduites d'alimentation, une partie des boues s'immiscant en dessous du système racinaire des roseaux. Ainsi, au lieu de se développer au fur et à mesure des alimentations en boues fraîches, les roseaux sont soulevés par des couches de boues, sans y développer de rhizomes.

→ La filtration et l'aération des lits par mouvements des roseaux et la minéralisation par leur développement ne sont ainsi pas opérantes.

4.4.3. Station de Ingolsheim

Les volumes et quantités de boues envoyés sur les lits sont présentés dans les tableaux suivants :

	Volumes de boues apportées (m ³)	Quantité de boues apportées (tMS)
2004	367	21
2005	1660	53
2006	1928	50
2007	1678	56
2008	1348	64
2009	1528	53
	Total	297

Lits	Quantités de boues totales apportées (tMS)
Lit 1	113
Lit 2	93
Lit 3	91
Total	297

Au total 297 t MS de boues, dont environ 4,6 t MS/an issues de la station de Bremmelbach, ont été envoyées sur les lits d'Ingolsheim depuis la mise en service de la station.

Le lit 2 n'a pas été alimenté en boues en 2009. Les lits 1 et 3 ont été alimentés à parts égales.

Ressuyage et dysfonctionnement des drains :

L'étude de 2008 a exposé le dysfonctionnement des lits liés à la déformation des lits et des drains par la présence de masses d'eau (ressuyage probable du bassin versant). Un fossé de drainage a donc été creusé en amont des lits par le maître d'œuvre de la station (EMch Berger).

Cet aménagement n'a pas eu l'impact escompté : le fossé est resté à sec quasiment toute l'année 2009 et aucune modification du fonctionnement des drains n'a été observée.



Répartition de la boue dans le lit :

Le faible débit de la pompe d'alimentation en boues du silo n'évite pas le phénomène déjà observé en 2008 sur le lit 2, à savoir le passage de boues fraîches sous la couche de boues déshydratées par endroits, au lieu de se répandre en surface.



Passage **sur** la couche de boues séchées

Passage **sous** la couche de boues séchées

Ici comme à Buhl, on note l'absence de déflecteur au débouché des conduites d'alimentation. Il est possible que, compte tenu de la configuration de l'installation, ce phénomène serait nettement amoindri avec la présence de roseaux en forte densité au droit des conduites.

La répartition des flux serait également meilleure avec un nombre plus important de points d'alimentation, qui seraient de ce fait moins espacés (3 points d'alimentation sur 40 m).

Conclusion sur la déshydratation et le stockage des boues :

Le suivi réalisé sur les différentes installations permet de mettre en évidence **l'importance de l'évacuation de l'eau interstitielle des boues pour garantir le bon fonctionnement des dispositifs**. Plusieurs éléments peuvent être à l'origine d'une mauvaise évacuation de l'eau des boues :

- le colmatage des drains (non observée ici)
- la présence d'eau sous le massif filtrant : la déformation de celui-ci empêche l'écoulement gravitaire des lixiviats
- le développement insuffisant de la population de roseaux : autour de chaque tige de roseaux, il doit exister en permanence un anneau libre pour le passage de l'eau interstitielle et de l'oxygène.
- Le passage de boues fraîches sous la couche de boues déshydratées et sous la zone rhizomaire.

Plusieurs dispositions peuvent être prises pour prévenir ces phénomènes :

→ **Alimenter les boues en plusieurs fois et par paire**, afin de ne pas saturer le massif (ex : plusieurs séquences de quelques minutes, sur une demi journée ou une journée)

→ Utiliser des **boues issues du bassin d'aération** pour limiter le risque de colmatage

→ **S'assurer du bon développement des roseaux**, repeupler les zones devenues vierges ou colonisées par d'autres espèces végétales.

→ **Assurer une bonne répartition des flux de boues fraîches** (conception : déflecteurs, nombre de points d'alimentation ; exploitation : maintien de zones plantées aux points d'alimentation)

4.5. Composition des lixiviats

Les résultats des analyses des lixiviats sont présentés dans le tableau ci-dessous (mg/L). A noter qu'il n'est pas possible de quantifier les charges représentées par les lixiviats en raison de l'impossibilité de réaliser des mesures de débit sur ces effluents.

Implantation	Date	pH	MEST	DCO eb	DCO ad2	DBO ₅ eb	DBO ₅ ad2	N- NTK	N- NH4	N nitrique	N nitreux	N Global	P Total	DCO/ DBO ₅
Surbourg	11/06/2009	7.35	11	49	45.0	< 3	< 3	18	17	50	22	90	14	17
	22/09/2009	7.45	8.6	54	49.0	4.0	4	10	9.9	66.4	0.56	76.96	13	14
	22/10/2009	7.65	3.5	21	20.0	< 3	< 3	7.1	5.1	52.8	2.2	62.1	16	7
Ingolsheim	30/06/2009	7.15	200	540	510.0	100.0	82	350	320	< 0.1	< 0.02	350	61	5
	11/09/2009	7.3	210	500	485.0	68.0	65	290	290	6.3	1.8	298.1	62	7
	14/10/2009	7.45	270	640	635.0	120.0	110	260	240	5.8	0.56	266.36	68	5
Buhl	20/05/2009	6.8	17	89	76.0	4.0	< 3	20	14	182	8	210	49	22
	24/09/2009	7.1	93	185	165.0	22.0	21	150	150	< 0.1	< 0.02	150	110	8
	20/10/2009	7.2	33	90	90.0	11.0	11	120	110	11.8	0.18	131.98	59	8

A titre de comparaison, les concentrations moyennes des eaux brutes en entrée de station sont présentées dans le tableau ci-dessous (données d'autosurveillance 2009 pour Ingolsheim et Buhl, données SATESA 2008 et 2009 pour Surbourg) :

Implantation	MEST mg/L	DCO eb	DCO ad2	DBO ₅ eb	DBO ₅ ad2	N- NTK	N- NH4	N nitrique	N nitreux	N Total	P Total	DCO/ DBO ₅
Surbourg	62	127		41		18.8					2.3	3.1
Ingolsheim	263	364		164		40.5					6.4	2.2
Buhl	251	379		124		41.5					5.9	3

Surbourg et Buhl :

Les résultats obtenus sur ces deux installations sont comparables bien que les lixiviats de Buhl soient dans l'ensemble plus concentrés. Les ratios DCO/DBO₅ sont élevés et les teneurs en MES sont faibles : les matières organiques sont bien retenues par les lits.

Les teneurs en nitrates et phosphore sont très élevées, ce qui, pour le premier paramètre, peut être traité par les stations d'épuration avec une bonne gestion des cycles d'aération. L'azote est essentiellement présent sous forme soluble (ammonium et nitrates)

Ingolsheim : les lixiviats de cette installation sont les plus concentrés des trois installations suivies, sur l'ensemble des paramètres analysés, formes oxydées de l'azote exceptées (nitrites et nitrates). C'est aussi la seule dont les lits sont alimentés en boues du silo. Il semble que le procédé d'alimentation participe à ces résultats : les lits sont alimentés par paire par vidanges complète du silo de stockage (150 m³, soit 75 m³ par lit) sur une demi-journée. L'apport massif de boues concentrées doit contribuer à une

réétention moins efficace des matières organiques (c'est le rapport DCO/DBO₅ le plus faible des trois cas).

L'apport massif des lixiviats sur la station, notamment des charges en azote et en phosphore, n'a pas été étudié dans ce cas précis, par manque d'analyses sur les performances de la station à l'issue d'admission des lixiviats, mais il est probable qu'il soit analogue au phénomène observé sur certaines stations d'épuration qui réalisent des campagnes de déshydratation de boues par filtres-presses mobiles et dont les teneurs en azote et phosphore de l'eau traitée augmentent alors sensiblement.

Enfin, on notera que les lixiviats sont effectivement moins chargés que les eaux brutes entrantes, sauf à Ingolsheim.

Conclusion sur les lixiviats :

→ Quelles que soient la composition du massif filtrant et les conditions d'évacuation de l'eau interstitielle sur les 3 installations suivies : **la matière organique est retenue dans les lits.**

→ La qualité des lixiviats dépend de l'origine des boues (bassin d'aération ou silo) et de la gestion de l'alimentation des lits.

→ L'impact des lixiviats renvoyés en tête de station n'ont, a priori, **pas d'impact sur le fonctionnement de Surbourg et Buhl. Des réserves sont émises pour le cas d'Ingolsheim.**

4.6. La végétation

Surbourg : globalement, les roseaux sont très bien implantés dans les lits, les reprises de végétation ont lieu sans difficulté au printemps. Par ailleurs, l'alimentation en boues en hiver, alors qu'il n'y a plus d'activité végétative ne semble pas nuire au bon fonctionnement des lits.



Buhl : le lit 5 a été replanté au printemps. Leur développement est satisfaisant. Le lit 2 est colonisé en partie par d'autres espèces végétales et la croissance des roseaux est inégale.



Lit 2



Lits 1 et 4 en mai et septembre



Lit 5 en mai et septembre

Ingolsheim :

- lit 1 : la végétation est globalement bien implantée, mais parcimonieuse en bordure du lit. Le développement en hauteur des roseaux est inégal.
- lit 2 : (non alimenté en 2009) 1/3 du lit n'a plus de roseaux, ni aucune autre espèce végétale. Un désherbage du lit a été réalisé dans les zones non colonisées par les roseaux afin d'en retirer notamment les arbustes qui s'y développaient. Alors qu'une reprise du développement des roseaux avait été observée en 2008 sur le lit 3 (alors au repos), cela n'a pas été le cas pour le lit 2 en 2009. Par contre, les zones déjà colonisées ont connu un développement relativement dense.
- lit 3 : la population de roseaux a progressé pendant l'année de repos du lit (2008) mais un peu moins d'un quart de la surface reste non colonisée par les roseaux.



Lit 1



Lit 2



Lit 2



Lit 3

Des essais de réimplantation de roseaux avaient été effectués durant l'été 2008, selon 2 techniques :

- verticalement : il s'agit d'un déplacement avec une petite motte de terre autour des racines
- horizontalement : le roseau a été couché dans la boue afin que des tiges repartent perpendiculairement au roseau d'origine.

Ces essais ont été réalisés dans la zone sans végétation du lit 2 et n'ont finalement rien donné, aucun des roseaux n'a survécu. Cela semble être plus lié au lit qu'à la technique de plantation, aucun roseau ne s'étant développé dans cette zone depuis la création des lits.

Un autre essai de replantation de cette zone a été effectué en septembre 2009 mais n'a à nouveau rien donné. L'hypothèse explicative à ces échecs serait un manque de filtration du lit à cet endroit, lié au défaut de drainage, ce qui créerait une zone non oxygénée préjudiciable à la croissance des roseaux.

Conclusion sur la végétation :

→ **La présence d'une population homogène et dense de roseaux est un indicateur de bon fonctionnement des lits de boues.** Le réseau des tiges et rhizomes de roseaux dans les lits permettent la circulation de l'oxygène nécessaire à la minéralisation des boues et l'évacuation de l'eau interstitielle.

→ Bien qu'il s'agisse d'espèces robustes que l'on trouve naturellement près des cours d'eau, **le maintien d'une population de roseaux dans les lits de traitement des boues n'est pas chose aisée** et dépend d'autres paramètres d'exploitation (quantités de boues, temps d'alimentation et de repos, régularité des cycles, origine de la boue...etc.) et de la qualité du drainage.

Conclusion :

Le programme pluriannuel de suivi des installations de Surbourg, Buhl et Ingolsheim a permis de d'identifier différents paramètres influant sur le fonctionnement des massifs filtrant de roseaux pour le traitement des boues et de les confronter aux références du Cemagref. Les principaux enseignements acquis fin 2009 dans sont les suivants :

Gestion des alimentations :

- Utiliser préférentiellement des boues du bassin d'aération, homogène et facile à pomper.
- Adapter les cycles d'alimentation et de repos en fonction de la hauteur de boues : augmenter les temps de repos lorsque les boues ont atteint 30 à 40 cm de hauteur
- Si le débit de la pompe est supérieur à $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, augmenter la surface d'alimentation en ouvrant les vannes d'un lit supplémentaire
- Au moment de l'alimentation des lits, prévoir plusieurs courtes séquences plutôt qu'une alimentation continue (Ingolsheim).

Les boues stockées

- Les lits doivent pouvoir assurer une fonction de déshydratation de la boue. Le milieu doit rester aérobie afin de favoriser la minéralisation de l'azote.
- Une hauteur de boues trop importante en regard des quantités apportées (ex : Buhl) est révélatrice d'un mauvais ressuyage du massif.
- Lorsque la taille des installations le permet et que la hauteur de boues est suffisante (50 cm), la mise « au repos » d'un lit pendant plusieurs mois voire 1 an n'est pas néfaste pour le massif et la population de roseaux. Au contraire, cela permet de bien évacuer l'eau excédentaire.
- La conception des installations (absence de déflecteur, nombre de conduites d'alimentation, débit et durée d'alimentation) à une incidence directe sur la minéralisation des boues et le développement des roseaux.

La population de roseaux

- Le développement des roseaux dans les lits est un indicateur du bon fonctionnement des installations.
- Une alimentation régulière des lits est nécessaire, au moins au début, pour éviter toute carence hydrique de la végétation.
- L'absence de roseaux empêche l'écoulement de l'eau interstitielle vers les drains et l'oxygène de pénétrer dans le massif. Les mécanismes de déshydratation et de minéralisation de la boue sont ainsi perturbés. Il est donc indispensable de veiller au maintien de la population de roseaux et au besoin d'en replanter.

Quantités de boues traitées

- Les quantités de boues totales apportées sur les 3 installations varient selon l'âge des lits, la taille de la station et le fonctionnement de celles-ci :
 - Surbourg (1 600 EH) : 62 t MS en 3 ans soit 20 t/an
 - Buhl (4 650 EH) : 53 t MS en 5 ans soit 11 t/an
 - Ingolsheim (3 400 EH) : 297 t MS en 5 ans soit 59 t/an
- Lorsque cela est possible, le maintien d'une filière épandage permet de disposer d'une solution de secours en cas de dysfonctionnements temporaires ou permanents des dispositifs de lits plantés de roseaux.

Lixiviats

- La qualité des lixiviats ne semble pas être un point critique de l'exploitation des lits : les analyses réalisées dans le Bas-Rhin ont montré que la matière organique est retenue puis dégradée dans les lits. Leur qualité est variable suivant le type de boues d'alimentation.

La technique des lits plantés de roseaux apparait intéressante pour gérer les boues des petites stations. Il s'avère toutefois que la conduite d'une telle filière est plus délicate qu'il n'y parait au premier abord. Les difficultés qui ont été observées peuvent être liées à la conception car la bonne évacuation de l'eau excédentaire est essentielle et pose problèmes sur plusieurs sites, soit de drainage de l'installation, soit d'extraction, ce qui pénalise le développement des roseaux. L'exploitation est tout aussi sensible et nécessite une bonne gestion des alimentations, l'implantation des roseaux étant une priorité.

Annexe : résultats d'analyses 2009