



**HAL**  
open science

# Analyse des dysfonctionnements des LSPR de la station d'Esternay

Pascal Molle

► **To cite this version:**

Pascal Molle. Analyse des dysfonctionnements des LSPR de la station d'Esternay. irstea. 2013, pp.18.  
hal-02599140

**HAL Id: hal-02599140**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02599140>**

Submitted on 16 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Analyse des dysfonctionnements des LSPR de la station d'Esternay

Irstea – centre de Lyon  
UR MALY

[www.irstea.fr](http://www.irstea.fr)

AOUT 2013

PASCAL MOLLE





## Sommaire :

<b>1. Préambule .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Note sur la conception.....</b>	<b>6</b>
2.1. Dimensionnement de base .....	6
2.1.1. Dimensionnement des lits.....	6
2.1.2. Drainage des lits .....	7
<b>3. Note sur l'historique de fonctionnement .....</b>	<b>9</b>
3.1. Historique des lits .....	9
3.2. Analyse des charges reçues par les lits .....	11
3.3. Alternance des alimentations .....	12
3.4. Vitesse d'accumulation des boues. ....	13
<b>4. Conclusions .....</b>	<b>15</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>16</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>17</b>



## **1. Préambule**

La présente note se rattache à la station d'épuration de la commune d'Esternay, dotée d'un système de lits de séchage de boues plantés de roseaux (LSPR) pour le traitement des boues issues d'une filière boues activées. Cette expertise fait suite à une demande de la communauté de communes Portes de Champagne (CCPC) suite à des difficultés de performances des lits en terme de siccité. Rénovée en 2005, la station d'épuration de la commune d'Esternay traite les boues par un système de LSPR qui n'ont jamais permis d'obtenir un fonctionnement satisfaisant conduisant à l'obtention d'une siccité des boues au curage très basse nuisant à la gestion de l'ouvrage ainsi qu'à leur valorisation. L'objectif de l'expertise est par conséquent de déterminer les causes (conception, gestion...) responsables de ces dysfonctionnements ainsi que les recommandations envisagées pour y remédier. Cette note est une conclusion d'une analyse des documents de conception et de gestion fournis par les différents acteurs (maitre d'ouvrage, constructeur, maitre d'œuvre, exploitant) avec qui une réunion a été réalisée le 5 Juin 2013 à Esternay.

## 2. Note sur la conception

### 2.1. Dimensionnement de base

La station est dimensionnée pour traiter une charge de 2650 EH de 140 kgDBO<sub>5</sub>/j. Le ratio DBO<sub>5</sub>/EH n'est pas cohérent avec la définition de l'équivalent habitant (60g de DBO<sub>5</sub>/j/EH). On peut imaginer que le caractère rural de la collectivité ait conduit le concepteur à adapter ce ratio.

La masse de boue totale à traiter, calculé par le concepteur (mémoire technique initial) est de 113.8 kg/j. Le calcul grossier par la formule du « binôme » (Équation 1) conduit à une masse de boues à traiter au maximum de 121kg de MS/j en prenant des rendements épuratoire de 90 % sur la DBO<sub>5</sub> et les MES.

$$MS(kg / jour) = 0.84 \times \left( \frac{DBO + MES}{2} \right) \quad \text{Équation 1}$$

#### 2.1.1. Dimensionnement des lits

##### 2.1.1.1. Surface et nombre de lit

Les lits ont une surface unitaire de 207 m<sup>2</sup> (mémoire technique initial). Au nombre de 4 cela revient à une charge annuelle de 50,17 kg MS/m<sup>2</sup>/an sur la base d'une production de 113,8 kg/j, ce qui est en accord avec les recommandations de l'époque (Liénard, 1999) pour un nombre de 4 lits. Avec l'évolution des connaissances, les recommandations ont évolué vers une charge de dimensionnement de 30 kg MS/m<sup>2</sup>/an pour l'obtention d'une siccité supérieure à 25 % au curage. Si le dimensionnement actuel ne peut prétendre à de tels niveaux de performances, une siccité de 15 % doit pouvoir être atteinte sur ces bases de dimensionnement (Liénard, 1999), ce qui n'est pas le cas actuellement (cf. paragraphe 3.1).

Si le choix de mettre en place 4 lits en parallèles est en accord avec le minimum des recommandations de l'époque, on notera, à ces charges de fonctionnement, qu'un nombre plus important de lits (6 à 8) permettrait une gestion plus aisée du traitement des boues et l'obtention de meilleures siccités finales.

##### 2.1.1.2. Matériaux filtrant

Les matériaux filtrant qui garnissent les lits ont, du haut vers le bas, les caractéristiques suivantes (analyses réalisées par Laboroute Lorraine, sur matériaux prélevés par la SADE en Novembre 2012) :

- Gravier 2-6 mm sur 15 cm
- Gravier 11-20 mm sur 15 cm
- Gravier 10-40 mm sur 30 cm
- Hourdis de 13 cm de hauteur

On notera l'absence d'une fine couche de sable en surface des lits alors que recommandée depuis 1999 (Liénard, 1999). Cette couche de sable est fondamentale pour retenir les boues en surface des lits lors des premières alimentations. En son absence, de la boue est piégée plus en profondeur dans le gravier de surface et peut conduire à minimiser les transferts d'oxygène par le fond du filtre. L'oxygénation du

massif par le fond du filtre est pourtant un paramètre clef du système dans la mesure où ; pendant les phases d'alimentation, l'oxygénation est fortement limitée par la surface compte tenu de la saturation du dépôt de boue. A la vue des siccités obtenues sur les lits d'Esternay, on réalise l'intérêt d'optimiser l'oxygénation par le fond même lors des périodes de repos.

La visite sur le site réalisée le 05 juin 2013 a permis d'observer le gravier de surface du lit 2 dont le curage a été réalisé (cf. Tableau 1). On observe bien de la matière organique dans la couche supérieure du gravier (cf. Photo 1).



Photo 1 : Couche de surface du lit 2 le 05/06/2013

Les mesures de perméabilité réalisées par la SADE sur ce même lit le 6 novembre 2012 (méthode de LEFRANC) déterminent une perméabilité de  $8,64 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ . La perméabilité d'un gravier vierge de taille similaire est largement supérieure. Cela confirme bien un impact de cette matière organique sur la perméabilité du milieu, sans que l'on puisse dire à l'heure actuelle si cet état est rédhibitoire au fonctionnement du système ou non. Cette valeur reste en théorie suffisante pour drainer les lames d'eau journalières amenées en période d'alimentation.

#### 2.1.1.3. Dispositif d'alimentation

Les lits sont alimentés par une pompe située dans le bassin d'aération. Le débit de  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  est suffisant pour assurer une bonne distribution des boues à la surface des lits. Le débit surfacique d'alimentation de  $0,29 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  est en effet supérieur à la valeur limite de  $0,25 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  préconisée. On notera, de plus, que les lits disposent de 4 points d'alimentation soit un point pour  $50 \text{ m}^2$ , ce qui est largement suffisant.

#### 2.1.2. Drainage des lits

On notera dès le début de vie du système, qu'il a été observé une mise en charge des canalisations de drainage des lits. Cette mise en charge est fortement préjudiciable au fonctionnement du système car nuisant à l'aération des lits par le fond. La première modification a été d'abaisser le niveau du canal venturi de la mesure de débit de drainage des lits, suspecté d'être à l'origine de cette mise en charge (23/01/2006). La mise en charge des hourdis des lits est toujours constatée par la SADE le 12 Mai 2006. La pose d'un clapet anti retour est suggérée mais installé seulement le 25 Mars 2010 ! La pose de ce clapet permet d'éviter à ce que les eaux d'entrée station puissent remonter dans les lits lors de périodes

de fort débit. En revanche cela ne permet pas aux lits de se drainer correctement lors de ces périodes de fort débit et une mise en charge est donc toujours possible et nuit à l'oxygénation par le fond des lits.

Lors de la visite un contrôle visuel du poste d'alimentation a permis de confirmer cette possibilité (cf. Photo 2 ). Le problème est d'autant plus important que le drainage des lits étant interconnecté, le drainage du lit en alimentation peut nuire à l'oxygénation de l'ensemble des lits.



Photo 2 : poste de relèvement



Photo 3 : interconnexion du drainage des lits

### 3. Note sur l'historique de fonctionnement

L'analyse de l'historique des charges reçues par les lits a été réalisée sur la base des documents fournis par l'exploitant. Après assemblage des différentes données, l'exploitant nous a fourni, pour chaque jour depuis la mise en route des lits ; le lit alimenté, les alimentations réalisées (fractionnement et temps de pompage) et, en moyenne une fois par semaine, la concentration en MES du bassin d'aération par une sonde spécifique. De même l'exploitant mesure chaque trimestre, pour chaque lit, la hauteur de boue accumulée dans les lits.

#### 3.1. Historique des lits

Avant de présenter l'analyse de ces données il convient de présenter un historique succinct des opérations réalisées sur les LSPR. Cet historique est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 1 : historique de la vie des lits de séchage plantés de roseaux.

Date	Lit 1	Lit 2	Lit 3	Lit 4
07/07/2005	Extraction de boues par le constructeur pour vérifier le bon fonctionnement des lits			
13/07/2005	Début des alimentations sur les lits (un lit à la fois)			
Fin septembre/début octobre	Premiers signes de faiblesse des roseaux sur lits 1 et 3			
04/10/2005	Arrêt lit 1			
10/10/2005			Arrêt lit 3	
Début décembre	Problèmes de développement des roseaux			
05/12/2005		Arrêt lit 2		
09/12/2005				Arrêt lit 4
23/01/2006	Modification du niveau du canal débitmétrique de drainage des LSPR pour éviter la mise en charge des drains.			
12/05/2006	Observation de la mise en charge du fond des lits lors d'évènements pluvieux (sur 40 cm)			
08/06/2006	Reprise des alimentations sur lits 1, 2, 3 et 4 en alternance			
25/03/2010	Pose d'un clapet anti retour sur le retour de la canalisation de drainage des lits au niveau du poste d'entrée, pour éviter la mise en charge des lits par le fond (40 cm)			
12/04/2010	Arrêt du lit 1 avant curage			
Été 2011	Curage du lit 1			

27/03/2012	Reprise du lit 1			
27/04/2012		Arrêt du lit 2		
Aout 2012		Curage du lit 2		
06/11/2012		Test de perméabilité sur matériau filtrant		

Le fonctionnement non satisfaisant des lits a conduit à l'arrêt régulier des alimentations pour cause de mauvais drainage. Outre les arrêts de longues périodes, des arrêts fréquents ont été réalisés en période hivernale (1<sup>er</sup> au 11 Février 2008 ; 31 décembre 2008 au 13 janvier 2009 ; 30 janvier au 2 février 2009 ; 21 au 23 décembre 2009 ; 6 au 13 janvier 2012) pour cause de gel. En cas de mauvaise infiltration, et suivant la hauteur des boues accumulées, l'exploitant a utilisé régulièrement le silo à boues comme solution alternative (à partir de Mars 2006).

Le résultat de ces dysfonctionnements est un développement déficient des roseaux sur les lits ainsi que l'obtention de faibles siccités. Le suivi régulier de la siccité du lit 1, pendant sa phase de repos prolongé avant curage, est présenté sur la figure suivante.

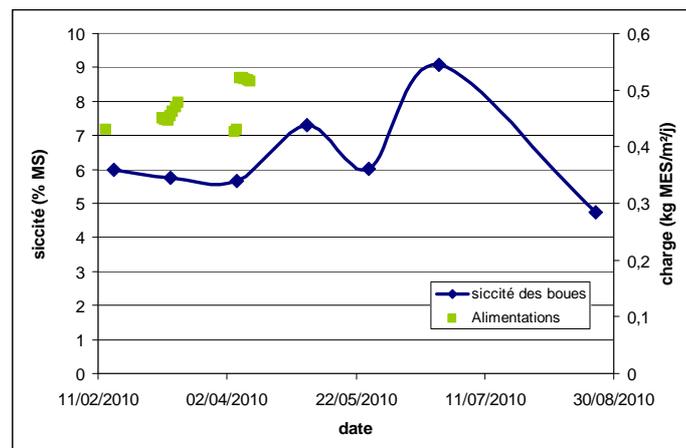


Figure 1 : Evolution de la siccité du lit 1 lors de sa période de repos prolongée avant curage

On observe de faibles siccités, en périodes classique d'alimentation, qui peinent à remonter pendant la période de repos prolongée voir baisse à nouveau, certainement en fonction de la pluviométrie. A ces niveaux de siccité, la boue est saturée en eau (Vincent et al., 2012) ne permettant pas à l'oxygène d'entrer dans le dépôt organique. Cela affecte la minéralisation de la boue, et donc sa perméabilité. Les mesures de matière volatile du dépôt de boues, lors de ces prélèvements, présentent des valeurs hautes de 80 % jusque fin Mai soit un mois et demi après la dernière alimentation. Ce taux de MV est du même ordre de grandeur que les boues d'un bassin d'aération. On réalise bien les problèmes d'infiltration que peut générer un tel dépôt, ce qui est en accord avec les problèmes rencontrés par l'exploitant, aussi bien en termes d'infiltration que de développement des roseaux. En effet, les conditions anoxiques qui doivent régner dans la boue est néfaste au développement des roseaux, qui du coup, n'assurent plus leur rôle mécanique sur l'infiltration.

### 3.2. Analyse des charges reçues par les lits

L'analyse des données d'alimentation des lits, fournies par l'exploitant, est présentée ci-dessous (Figure 2). Dans la mesure où les concentrations en MES du bassin d'aération ne sont pas disponibles pour chaque jour d'alimentation (une fois par semaine en moyenne) une interpolation linéaire a été réalisée pour déterminer les valeurs entre chaque mesures réalisées. La Figure 2 présente les charges cumulées (kg MES/m<sup>2</sup>) et les charges reçues sur un trimestre de fonctionnement, ramenées à l'année pour les comparer aux recommandations en vigueur.

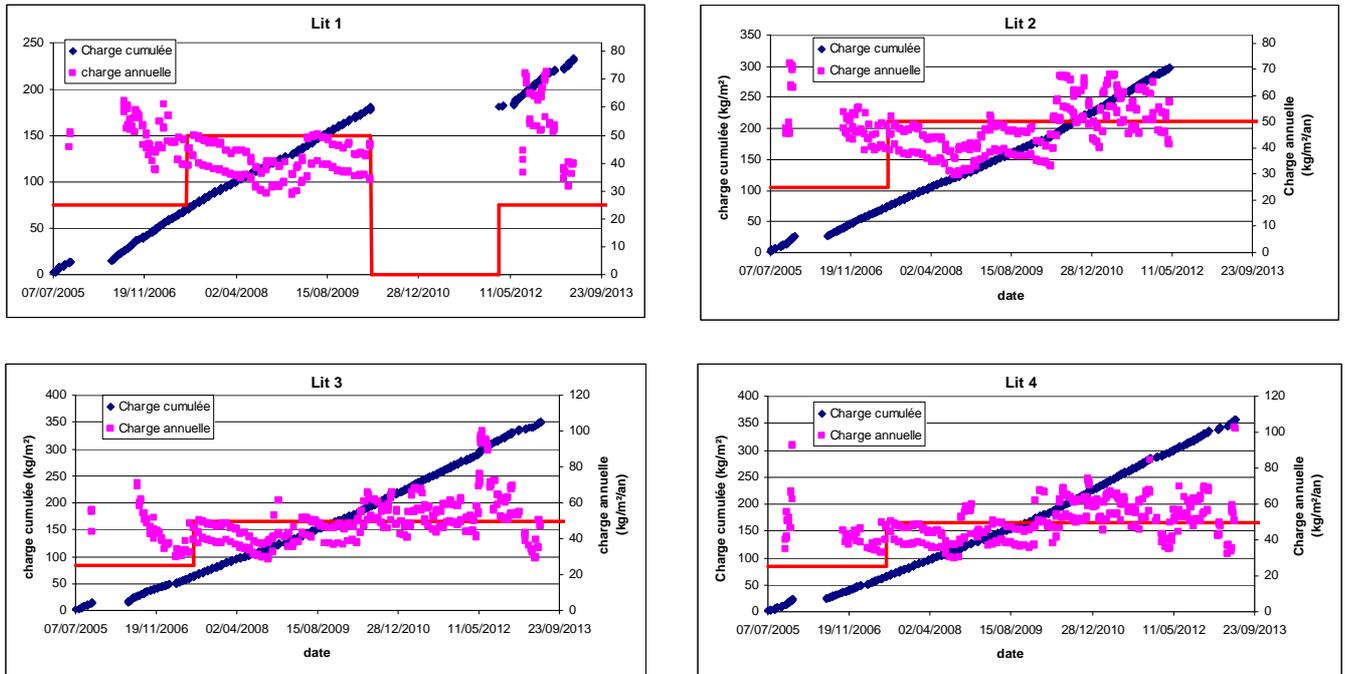


Figure 2 : Charges en MES/m<sup>2</sup> reçues par les lits au cours des 8 années de fonctionnement.

La ligne rouge sur chaque graphique présente les recommandations de charge annuelle en 1999 (Liénard, 1999).

Si la répartition des charges entre les différents lits est correcte on peut observer :

- Une charge trop importante (2 à 3 fois supérieure par rapport aux recommandations de l'époque et actuelle), au démarrage des lits, jusqu'à 92 kg MES/m<sup>2</sup>/an pour le premier trimestre sur le lit n° 4 ! Cette surcharge a sûrement été fortement pénalisante pour le développement des roseaux. Les problèmes de développement observés dès le départ (cf. Tableau 1) ne sont donc pas surprenants.
- Une période de fonctionnement sur l'ensemble des lits, où la charge appliquée est proche du nominal de l'époque. La charge recommandée à l'époque était de 50 kg MS/m<sup>2</sup>/an. Si de nos jours, pour une configuration à 4 lits en casier béton, la charge recommandée est de 30 kg MS/m<sup>2</sup>/an, on ne pourra vraisemblablement pas obtenir des siccités de 25 % au curage sur cette installation. En revanche des siccités de 15 % devraient pouvoir être obtenues pour une conception correcte et une gestion optimale.
- Lors de l'arrêt d'un lit (lit 1, puis lit 2) on observe des périodes (à partir de mai 2010) où la charge appliquée sur les lits en fonctionnement dépassent la valeur limite de 60 kg MS /m<sup>2</sup>/an

recommandé dès 2008 (Liénard et al., 2008). Dans la mesure où les périodes de repos prolongées ont été très longues (supérieures au 3 mois préconisés – Liénard et al., 2008), la surcharge produite sur les lits en fonctionnement est d'autant plus problématique. Une période de repos plus courte auraient été préférable pour ne pas pénaliser l'ensemble des lits.

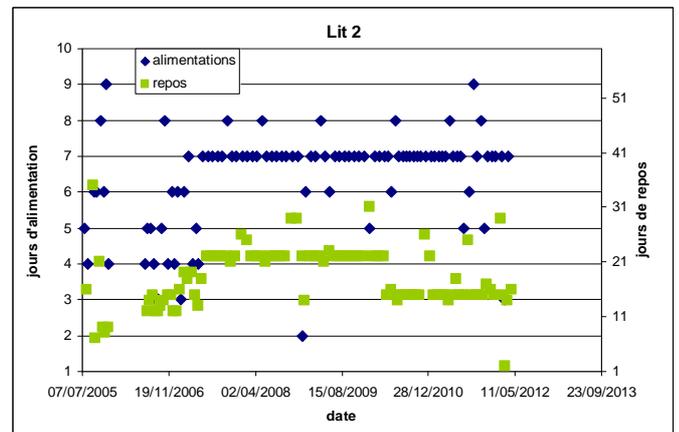
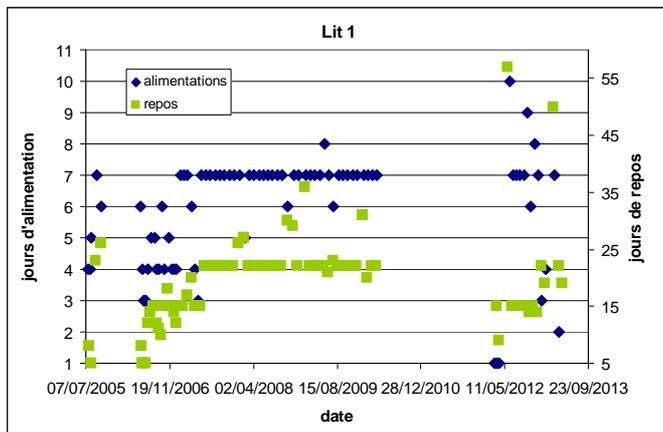
### 3.3. Alternance des alimentations

En 1999 (Liénard, 1999) les recommandations pour 4 lits étaient d'une semaine d'alimentation pour 3 semaine de repos. Ces recommandations ont évolué par la suite, sur la base des recommandations Danoises (Nielsen, 2003) et diffusées en Français en 2008 (Liénard et al., 2008) suivant le Tableau 2 :

Tableau 2 : Durées respectives d'alimentation et de repos de chaque lit et doses de boues apportées sur le lit à chaque période d'alimentation (Nielsen, 2003).

Années de service	Nombre de jours d'alimentation par lit	Nombre de jours de repos par lit	Apport de MES recommandé à chaque période d'alimentation (kg MES.m <sup>-2</sup> )
1	1-4 (acclim.dev.)	10-20	1-3
2	4-5	30-40	3-6
3	5-6	50-55	6-7
4	7-8	55-65	7-9
8	14*	100-120*	10-12 voire 15

Les périodes d'alimentation repos sur les lits d'Esternay sont présentés sur la figure suivante :



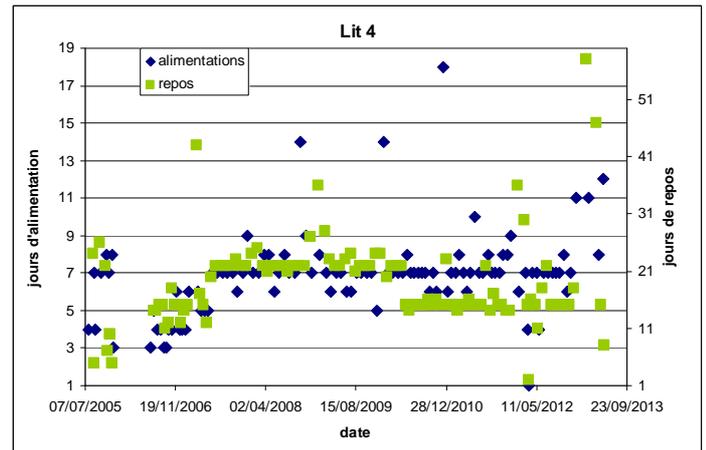
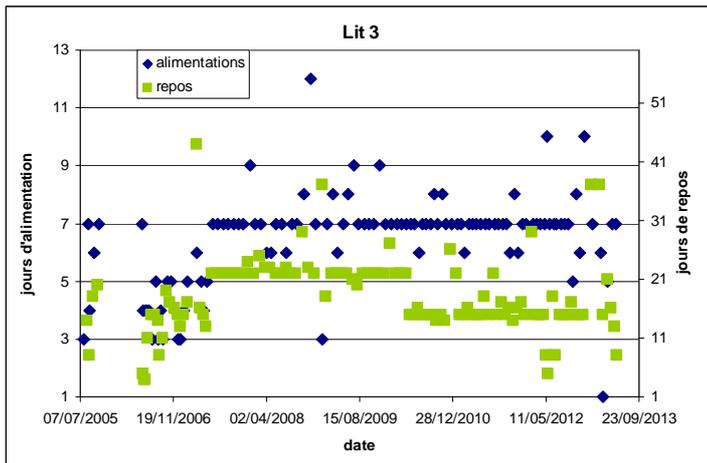


Figure 3 : Evolution du nombre de jours d'alimentation et de repos des LSPR

On note que le choix, a été de se fixer sur un cycle de 7 jours d'alimentation pour 21 jours de repos en fonctionnement classique. Le rythme a été plus variable en début de vie des lits et globalement plus fréquent. Lors de l'arrêt d'un lit, le nombre de jours de repos descend logiquement à 15 jours. Si cela est acceptable pour une période estivale relativement courte, les périodes d'arrêt prolongé supérieures à un an n'ont vraisemblablement pas aidé à la minéralisation des dépôts de boues.

Le mode de fonctionnement des alimentations n'apparaît pas adapté non plus pour optimiser la vitesse d'infiltration des lames de boues. Les doses journalières étant amenées en 3 ou 4 fois, ce fractionnement réduit la hauteur de pression de l'eau en surface des dépôts et donc réduit la vitesse d'infiltration. Les lames de boues étant en moyenne de 12 cm/j il est préférable de les alimenter en une seule fois afin de favoriser l'infiltration et avoir plus de temps de drainage entre deux alimentations. L'optimum, sur un système fonctionnant normalement étant de faire des lames de boues de l'ordre de 25 cm/j. Au-delà de cette valeur, le drainage se fera difficilement en 24 h.

### 3.4. Vitesse d'accumulation des boues.

Les hauteurs de boues mesurées chaque trimestre par l'exploitant sont représentées sur la figure suivante.

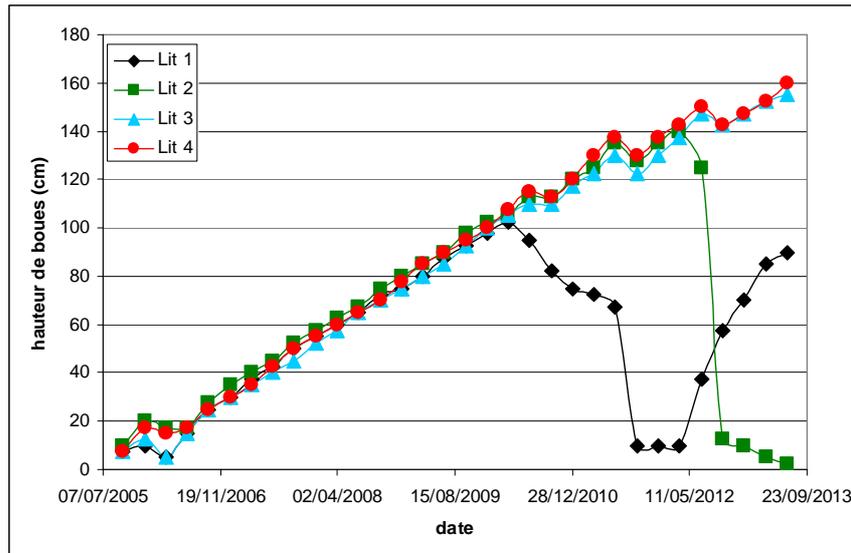


Figure 4 : vitesse d'accumulation des boues

L'accumulation est similaire sur l'ensemble des lits, confirmant la bonne répartition des charges entre les différents lits. Les vitesses d'accumulation sont de l'ordre de 22 cm/an, en période de routine (alimentation des 4 lits) synonyme d'une mauvaise déshydratation et minéralisation du dépôt. Ces vitesses d'accumulation montrent clairement un problème important de traitement. La reprise du lit 1 après curage, avec les fortes surcharges opérées (cf. Figure 2) produisent des vitesses d'accumulation encore bien supérieures (de l'ordre de 50 cm/an !) lié à des surcharges très importantes au redémarrage (jusqu'à 70 kgMES/m<sup>2</sup>/an). Des vitesses supérieures à 15 cm/an devraient être une alerte pour adapter la gestion des ouvrages.

L'analyse des dépôts réalisés le premier semestre 2010 ne montre pas de teneurs en éléments trace problématique pour la survie des roseaux. Il semble que le problème de développement observé provient d'un manque d'oxygène dans le milieu, induit par une déficience de l'aération par le fond et une surcharge organique au démarrage de l'installation.

## 4. Conclusions

L'analyse de conception et de fonctionnement des LSPR de la station d'Esternay permet de faire ressortir plusieurs éléments responsables des dysfonctionnements observés. Sans pouvoir hiérarchiser précisément l'impact des différents facteurs sur les performances on retiendra principalement les éléments suivant :

- Au niveau de la conception, l'absence de couche de sable superficielle a conduit à une migration plus importante de solides à l'intérieur du gravier, réduisant les transferts d'oxygène par le fond du filtre. De plus la mise en charge régulière du fond des filtres, nuit également à cette oxygénation. Cette oxygénation par le fond est pourtant une condition fondamentale au bon fonctionnement du système.
- Au niveau de la gestion, on retiendra principalement des charges non adaptées pour un développement optimum des roseaux et pour l'obtention de bonnes siccités. Les surcharges importantes opérées en début de vie des lits et pendant la reprise après curage, ainsi que les périodes de repos prolongées trop longues, ont conduit à des conditions de saturation des dépôts néfastes à une bonne minéralisation aérobie des boues. On notera également, un fractionnement des alimentations au sein d'une journée, ne permettant pas d'optimiser les vitesses d'infiltration et donc le drainage de l'eau libre.

Si, compte tenu des charges à traiter, il serait intéressant de fractionner le nombre de lit, ou d'ajouter un lit supplémentaire pour réduire la charge à 40 kgMES/m<sup>2</sup>/an, on peut également faire des propositions de manière à fonctionner sans de trop gros investissements. Cela ne permettra vraisemblablement pas l'obtention de siccités supérieures à 25 % mais pourrait permettre d'atteindre 15 %. Il s'agira de :

- Reprendre la cote des canalisations de drainage pour éviter toute obstruction des canalisations et donc toute obstruction à l'oxygénation par le fond des lits,
- Faire les alimentations en une bûchée par jour,
- De respecter les charges à appliquer en fonctionnement routinier et pendant les phases de reprise au regard du tableau présenté en annexe déjà fourni à l'exploitant pour la reprise du lit2. L'exploitant pourra utiliser la voie de secours (Silo) pour garantir le non dépassement des charges sur les lits.

Compte tenu de la présence de matière organique dans le gravier, il n'apparaît plus opportun de mettre en place une couche superficielle de sable en surface, la filtration sera effective en surface du gravier compte tenu du taux de matière organique présent dans ce dernier. Cependant, l'exploitant et la commune devra être vigilant à la bonne reprise des roseaux, de manière à savoir si cette présence de matière organique dans le gravier est incompatible avec le bon fonctionnement du système, où s'il est impératif de décaper la partie supérieure de ce gravier afin de repartir sur de bonnes bases. Compte tenu de l'enjeu financier d'une telle opération, il paraît intéressant de faire le test sur le lit 2.

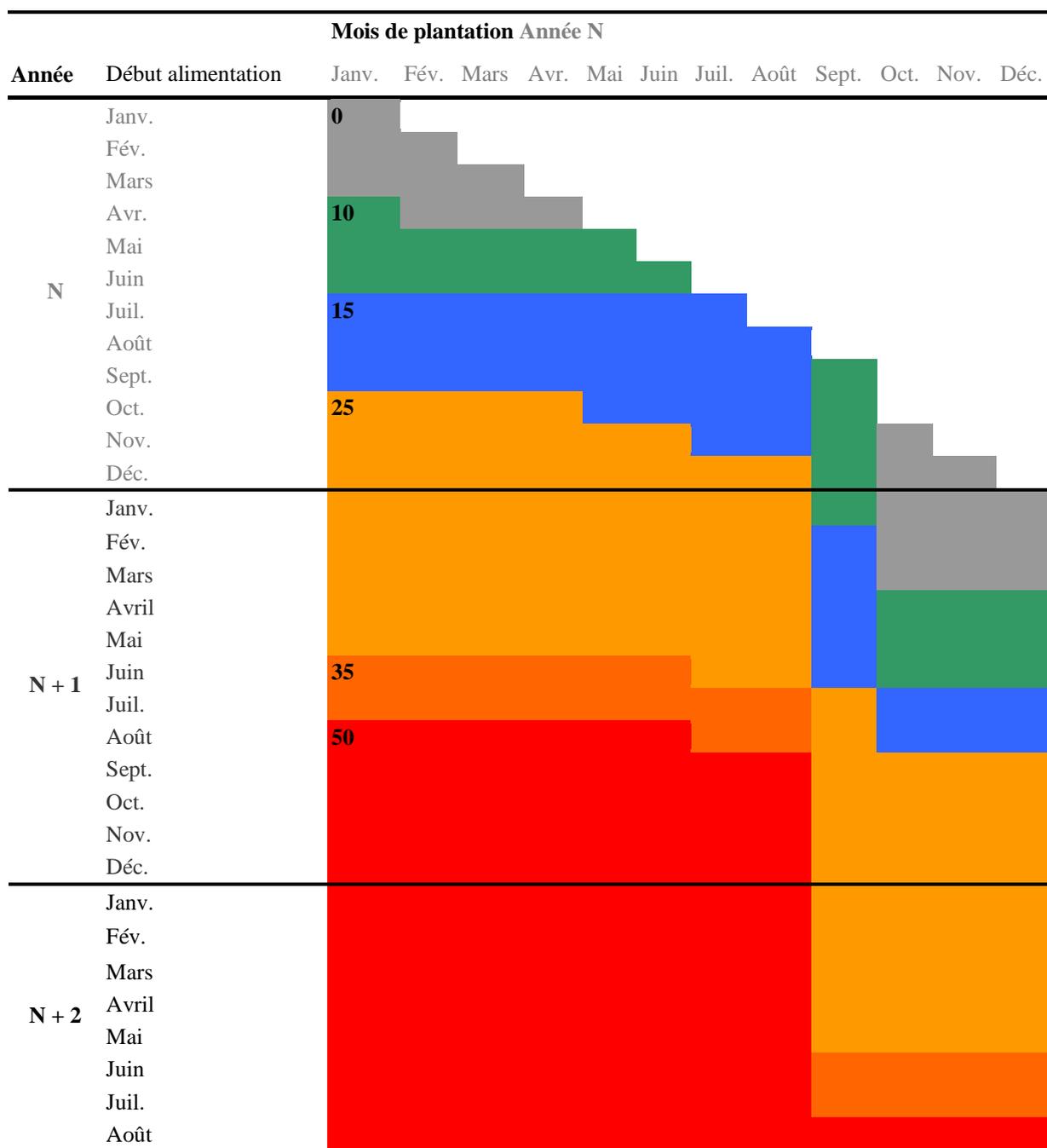
## **Bibliographie**

**Vincent, J., Forquet, N., Molle, P., Wisniewski, C.** (2012). Mechanical and hydraulic properties of sludge deposit on sludge drying reed beds (SDRBs): Influence of sludge characteristics and loading rates. *Bioresource Technology* 116 , pp. 161-169.

**Liénard A.** (1999). Déshydratation des boues par lits de séchage plantés de roseaux. *Ingénierie EAT*, n°17, pp 33-45.

**Liénard A., Troesch S., Molle, P., Esser D.** (2008). Traitement des boues par lits plantés de roseaux : rappel des points clefs de cette technique. *Ingénierie EAT*, N° spécial pp 41-49.

## Annexe : tableau des charges d'alimentation des lits



Légende : Surface Grise/Verte/Bleu/Orange1/Orange2/Rouge correspondent au temps d'attente avant les premières alimentations/Acclimatation1 10 kg MS.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>/Acclimatation2 15 kg MS.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>/Charge de démarrage 25 kg MS.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>/Transition 35 kg MS.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>/Charge de dimensionnement 50 kg MS.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>

