

Partenariat 2012- Domaine : Ecotechnologie et Pollution
Action 50 : Performance des systèmes d'assainissement collectif
Sous-action 3 : Conception et exploitation des stations des petites et moyennes collectivités (EPNAC)

Association de disques biologiques et de lits de clarification-séchage plantés de roseaux

Procédé ECODISK®M Biodimac (Société MSE)



Claudia Gervasi, Pascal Molle – Irstea

Atelier de travail « Disques Biologiques et Lits de Clarification Séchage Plantés de Roseaux » du groupe de travail EPNAC (Evaluation des Procédés Nouveaux d'Assainissement des petites et moyennes Collectivités)

Contexte de programmation et de réalisation

Les associations de procédés conventionnels et extensifs apparaissent dans le contexte français de l'assainissement des communes rurales. Le procédé ECODISK®M Biodimac (société MSE, groupe Veolia Eau) est composé d'un prétraitement suivi de disques biologiques puis de lits de clarification-séchage plantés de roseaux (LCSPR). La relative compacité de cette filière vis à vis des filières extensives (filtres plantés de roseaux, lagunage) peut s'avérer un atout lorsque le foncier disponible pour l'installation de la station d'épuration est limitant. Par ailleurs, contrairement à la filière conventionnelle des Disques Biologiques composée d'un clarificateur lamellaire ou raclé en sortie des biodisques, la mise en place de lits plantés de roseaux permet aux collectivités de s'affranchir d'une gestion régulière de boues liquides. Les lits plantés présentent enfin d'excellentes capacités de filtration qui assurent une clarification efficace des eaux de sortie des Biodisques. Les LCSPR jouent en effet un rôle à la fois de séparation des effluents traités de la boue générée, et de stockage, de séchage et de traitement des boues.

Un seul constructeur propose aujourd'hui cette association de procédés : le constructeur MSE.

Pour améliorer les connaissances sur ce procédé relativement jeune (début des années 2000), le groupe de travail EPNAC (Evaluation des Procédés Nouveaux d'Assainissement des petites et moyennes Collectivités) a décidé d'encourager et de coordonner les retours d'expérience pour le suivi de ces installations.

Cette étude s'attache à l'analyse des performances de traitement de cette filière ainsi qu'à la qualité et la quantité des boues générées.

Les auteurs

Traitement des données et rédaction

Claudia Gervasi et Pascal Molle

Réalisation du protocole de mesures et relecture

Atelier thématique du groupe de travail EPNAC :

Organisme	Nom	Prénom	Courriel
Agence de l'eau AG	DI MARE	Jocelyne	jocelyne.di-mare@eau-adour-garonne.fr
Agence de l'eau AG	TROUCHE	Anne	anne.trouche@eau-adour-garonne.fr
Agence de l'eau RMC	LAGARRIGUE	Céline	celine.lagarrigue@eamrnc.fr
SATESE 06	JAUFFRED	Lucie	ljauffred@cg06.fr
SATESE 06	CHARTIER	Aurélien	achartier@cg06.fr
SATESE 07/26	PARMENTIER	Nicolas	nparmentier@ladrome.fr
SATESE 12	CONSCIENCE	Hélène	helene.conscience@cg12.fr
SATESE 48	BONNET	Christophe	chbonnet@cg48.fr
SATESE 63	FOURNERET	Guy	guy.fourneret@cg63.fr
SATESE 64	ALAPHILIPPE	Guy	guy.alaphilippe@cg64.fr
SATESE 71	PACOREL	Hervé	h.pacorel@cg71.fr
SATESE 89	MENET	Anthony	anthony.menet@idea89.fr
Irstea	GERVASI	Claudia	claudia.gervasi@irstea.fr
Irstea	MERCOIRET	Léa	lea.mercoiret@irstea.fr
Irstea	MOLLE	Pascal	pascal.molle@irstea.fr
Irstea	PROST-BOUCLE	Stéphanie	stephanie.prost-boucle@irstea.fr

Remerciements

Nous tenons à remercier Jean-Marie Brichard (SATESE 28), Frédéric Chatellier (SATESE 34), Jean Michel Monnet (SATESE 26), Laurent Bendèle (SATESE 67), Laurent Huriaux (SATESE 77) et Jérôme Roudière (SATESE 11), pour leur participation à la réalisation des mesures ainsi que pour le partage de leur retour d'expérience sur les stations de l'étude.

Les correspondants

Onema : Céline Lacour, Direction de l'Action Scientifique et Technique, celine.lacour@onema.fr

Irstea : Pascal Molle, Irstea Lyon, pascal.molle@irstea.fr

Droits d'usage :	Accès libre
Couverture géographique :	National
Niveau géographique :	National
Niveau de lecture :	Professionnels, experts, décideurs
Nature de la ressource :	Rapport Final

Association DB + LCSPR : procédé ECODISK®M Biodimac

Atelier thématique du Groupe de travail EPNAC

Table des Matières

1	Introduction et éléments de contexte	8
2	Présentation de la filière ECODISK®M Biodimac (MSE)	9
2.1	Synoptique et principe de fonctionnement	9
2.2	Dimensionnement et caractéristiques techniques	10
2.2.1	Disques biologiques.....	10
2.2.2	Lits de clarification-séchage plantés de roseaux.....	10
2.3	Emprise au sol.....	10
2.4	Parc français des stations Ecodisk M Biodimac	11
2.5	Performances annoncées pour la filière.....	11
3	Méthodologie.....	12
3.1	Sélection des stations étudiées	12
3.2	Collecte des données SATESE et Irstea	13
3.2.1	Collecte de données SATESE.....	13
3.2.2	Campagnes de suivi Irstea	13
4	Données de l'étude	14
4.1	Dimensionnement et niveaux de rejets des installations	14
4.2	Gestion de l'alimentation des LCSPR	16
4.3	Caractérisation des effluents d'entrée.....	16
5	Résultats de l'analyse de performance de la filière	17
5.1	Performances globales de la filière : association Disques Biologiques et LCSPR	17
5.2	Performances des Disques Biologiques	20
5.2.1	Rendements et concentration de sortie des biodisques.....	20
5.2.2	Facteur de variation des performances de traitement de la pollution carbonée par les DB	22
5.2.2.1	Effet des charges surfaciques journalières	22
5.2.2.2	Concentrations d'entrée.....	23
5.2.3	Facteurs de variation de la nitrification par les DB	24
5.2.3.1	Effet des charges surfaciques journalières	24
5.2.3.2	Effet des pointes journalières de charges	26
5.3	Performances des Lits Clarification Séchage Plantés de Roseaux	28
5.3.1	Rendements et concentrations de sortie des Lits Clarification Séchage Plantés de Roseaux.....	28

5.3.2	Facteurs de variation des performances de filtration de la pollution particulaire (MES, DCO)	29
5.3.2.1	Effet des charges journalières surfaciques	29
5.3.2.2	Concentrations d'entrée et stabilité des concentrations de sortie	30
5.3.2.1	Charges hydrauliques et stabilité des performances	31
5.3.3	Facteurs de variation des performances d'abattement de la pollution carbonée dissoute	31
5.3.4	Facteurs de variation des performances de traitement de l'azote réduit dissous	32
5.3.4.1	Durées d'alimentation / repos des lits	32
5.3.4.2	Concentrations d'entrée et stabilité des concentrations en sortie	34
5.3.4.3	Charges hydrauliques	34
6	Suivi poussé du fonctionnement des lits sur la station de Montségur sur Lauzon	35
6.1	Etude de l'hydrodynamique des lits	35
6.2	Dynamique d'oxygénation des boues	38
6.3	Minéralisation et qualité agronomique des boues	39
6.4	Vitesse d'accumulation des boues	42
7	La consommation énergétique	43
8	Les modalités d'exploitation	44
	CONCLUSIONS	45
	Annexe I : Taux de charge des stations	47
	Annexe II : Protocole de mesure et fiche de terrain de la collecte de donnée	48
	Annexe III : Jeu de données de l'étude	52
	Annexe IV : Hypothèses d'analyse des performances de la filière	56
	Annexe V : Surcharge hydraulique sur la station de Pouzolles	56

Association DB + LCSPR : procédé ECODISK®M Biodimac
Atelier thématique du Groupe de travail EPNAC

RESUME

Les associations de procédés conventionnels et extensifs apparaissent dans le contexte français de l'assainissement des communes rurales. Le procédé Ecodisk® M Biodimac associe un procédé de disque biologique avec un lit de clarification séchage planté de roseaux. Le groupe de travail EPNAC (www.epnac.irstea.fr), visant à mutualiser les retours d'expériences sur les procédés nouveaux d'assainissement, a identifié le procédé Ecodisk® M Biodimac comme suffisamment déployé sur le territoire français pour pouvoir acquérir un retour d'expérience sur son fonctionnement. Un suivi de 2 ans a ainsi été mené. L'évaluation du procédé s'est organisée en plusieurs étapes :

- échanges avec le constructeur sur les bases de dimensionnement et son retour d'expérience,
- sélection d'une liste de stations à charge convenable,
- rédaction d'un protocole commun de suivi expérimental,
- réalisation des campagnes de terrain (SATESE et Irstea), et collecte de données passées,
- traitement des données et synthèse,
- échange avec le constructeur autour des résultats de l'étude.

Les performances globales de la filière ont pu être évaluées sur la base d'un jeu de données de 57 bilans 24h, sur 11 stations différentes, réparties sur 6 départements. De plus, une analyse des performances respectives des disques biologiques (DB) et lits de clarification séchage plantés de roseaux (LCSPR) a été menée à partir de 22 bilans avec mesures intermédiaires, sur 5 stations. L'accumulation et la qualité des boues ont été analysées en s'appuyant sur 8 mesures de hauteurs et de siccité, réalisées sur 4 stations.

Dans les conditions de faibles charges des stations étudiées (de 4 g DBO₅ /m² DB /j en moyenne), les performances globales de la filière sont très bonnes sur la pollution carbonée. Les rendements sur les paramètres DCO et DBO sont respectivement supérieurs à 85 et 90 %, et les concentrations de sortie inférieures à 90 mg DCO /l et 25 mg DBO₅ /l. La fraction particulaire est efficacement filtrée par les lits. Quant à la fraction dissoute, les DB assurent un abattement stable d'environ 70 % de la DCO_f. Les LCSPR réalisent un traitement complémentaire peu poussé, autour de 5 à 10 % de la DCO_f d'entrée de station.

Enfin, le traitement de la pollution azotée réduite de la filière peut permettre d'atteindre des niveaux de rejets inférieurs à 10 mg NK /l, sous réserve d'un dimensionnement adapté des DB, et d'une maîtrise de la nitrification des LCSPR par le maintien d'une bonne oxygénation (maîtrise de la charge hydraulique et des durées d'alimentation et de repos).

L'étude des LCSPR a permis de mettre en avant leur sensibilité aux surcharges hydrauliques et les conséquences possibles sur les performances de nitrification.

Ce document présente un premier retour d'expérience, sur une filière encore relativement jeune, et sera donc amené à évoluer dans le temps suivant les connaissances ultérieures.

MOTS CLES

Disques biologiques, lits de clarification séchage planté de roseaux, procédé intensif, procédé biologique, assainissement, groupe de travail EPNAC.

**Rotary biological contactors + constructed wetland association: ECODISK®M
Biodimac process**

Thematic workgroup from EPNAC

SUMMARY

The number of conventional and extensive system associations for waste water treatment of rural municipalities is increasing. Ecodisk® M Biodimac associates a rotating biological contactors (RBC) process together with a sludge drying bed. EPNAC (www.epnac.irstea.fr) national group identified this system as developed enough in France to carry out an evaluation based on the first feedbacks. The assessment has been lead over 2 years and organized as follow :

- feedback and dimension, from the MSE company,
- plants selection based on a sufficient organic and hydraulic loads,
- common experimental measurement protocol redaction,
- measurement acquisition on the selected plants (SATESE and Irstea),
- data's analysis and summary,
- discussion of the results with MSE company.

Global results are assessed trough 53 measures on 11 different sites, over 6 departments. Moreover, respective performance of rotating biological contactors and sludge reed beds are analyzed thanks to 22 measures at each treatment step, on 5 different sites. 8 sludge accumulation measurements and dryness measurements done in 4 sites, give a feedback on sludge accumulation and quality.

At low organic load condition (mean of the studied plants: < 4 g BOD /m² /d), RBC perform good COD and BOD performances allowing total removal rate of 80 and 90 % respectively, and outlet concentrations below 125 mg COD /l and 25 mg BOD /l. Suspended solids are well filtrated by reed beds. 70 % of the dissolved COD is treated by the RBC. Moreover, reed beds are responsible for a low reduction around 5 to 10 % of the inlet dissolved DCO.

Finally, nitrification can lead to output concentrations below 10 mg N-Nk/l, if RBC design is adapted and constructed wetland nitrification is well mastered to maintain sufficient oxygen rate (hydraulic load management, feeding and rest periods).

Constructed wetland study shows their sensitivity to high hydraulic load and possible consequences on nitrification performances.

This study provides a feedback on a quite new waste water treatment processes association and is set to evolve with time according to future knowledge.

KEY WORDS

Rotating biological contactors, constructed wetlands, waste water treatment, EPNAC group

1 Introduction et éléments de contexte

Les disques biologiques (DB) sont classiquement suivis d'un clarificateur assurant la séparation de l'effluent traité des boues produites sur les disques. L'association innovante de disques biologiques et de lits plantés de roseaux laisse entrevoir plusieurs avantages :

- Les disques biologiques sont intéressants pour leur compacité, en comparaison à une filière extensive (de filtres plantés de roseaux classiques par exemple). Dans les cas où le foncier La relative compacité de cette filière vis à vis des filières extensives (filtres plantés de roseaux, lagunage) peut s'avérer un atout lorsque le foncier disponible pour l'installation de la station d'épuration est limitant.
- Les lits plantés de roseaux apportent une facilité de gestion des boues, par rapport à la filière conventionnelle des Disques Biologiques composée d'un clarificateur lamellaire ou raclé en sortie des biodisques. Ils présentent d'excellentes capacités de filtration qui assurent une clarification efficace des eaux de sortie des Biodisques. Ils réalisent également un stockage de longue durée (10^{aine} d'années), le séchage et la minéralisation des boues produites. Aussi, ils sont nommés lits de clarification-séchage plantés de roseaux (LCSRP) lorsqu'ils sont associés avec des filières conventionnelles de type disques biologiques ou lits bactériens. Ce type d'ouvrage a d'ores et déjà fait ses preuves dans des applications pour le traitement des eaux usées (FPR) ou des boues (LSPR).

Cette application nécessite cependant un cadrage en termes de dimensionnement et de gestion dans la mesure où les charges hydrauliques et organiques du LCSRP diffèrent grandement de celles admises par les filières FPR ou LSPR.

Aussi, cette association a suscité l'intérêt du groupe de travail EPNAC (<http://epnac.irstea.fr>), visant à mutualiser les retours d'expériences sur les procédés nouveaux d'assainissement. Le procédé Ecodisk M Biodimac a été identifié comme suffisamment déployé pour qu'un retour d'expérience soit possible. Un atelier de travail, composé de 15 personnes membres du groupe EPNAC a donc été initié en 2010. Les objectifs visés étaient de :

- Préciser les performances atteignables par ces filières notamment en terme de filtration des MES, et de traitement de l'azote;
- Evaluer la vitesse d'accumulation des boues et l'évolution au cours du temps de leur qualité,
- Discuter les règles de dimensionnement et de gestion appliquées par les constructeurs.

Le travail d'évaluation s'est ainsi organisé en plusieurs étapes :

- Discussion avec le constructeur des bases de dimensionnement et de son retour d'expérience,
- Sélection d'une liste de stations à charge convenable pour réaliser un suivi,
- Collecte des données de dimensionnement et retour terrain des SATESE (exploitation et dysfonctionnement),
- Rédaction d'un protocole commun de suivi expérimental,
- Collecte et réalisation des bilans 24 h sur les stations sélectionnées (SATESE et Irstea), et réalisation d'un suivi plus approfondi par Irstea sur une station,
- Exploitation et synthèse des données récoltées,
- Discussion des résultats avec le constructeur.

Ce document présente un premier retour d'expérience, sur une filière encore relativement jeune, et sera donc amené à évoluer dans le temps suivant les connaissances ultérieures.

2 Présentation de la filière ECODISK®M Biodimac (MSE)

2.1 Synoptique et principe de fonctionnement

La filière Ecodisk® existe sous plusieurs configurations possibles, qui diffèrent par le procédé de pré-traitement et celui de clarification (Figure 1).

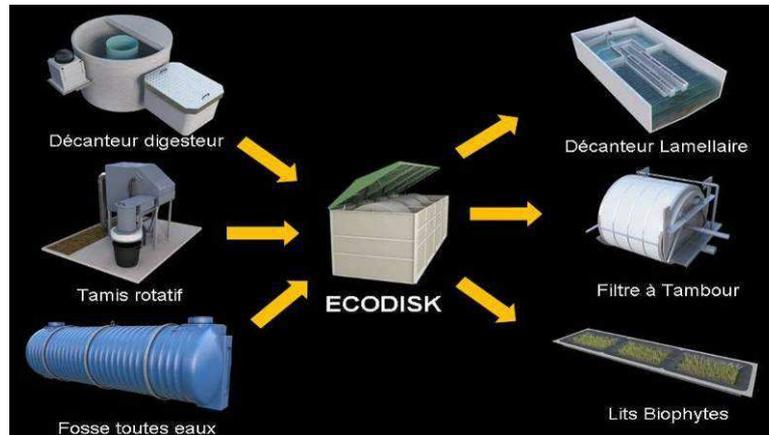


Figure 1 – Les différentes configurations possibles de la filière ECODISK® (Source : MSE)

Le système de prétraitement : décanteur digesteur, tamis rotatif ou fosse toutes eaux a pour rôle de retenir les matières non biodégradables (plastique) et/ou risquant d'endommager la filière en aval.

L'eau passe ensuite dans les files de Disques Biologiques. La biomasse fixée sur la surface des disques (Figure 2) est alimentée en oxygène grâce à l'alternance, liée à la rotation des disques, des phases d'aération à l'air libre et d'immersion dans l'effluent. Cette rotation permet aussi que la biomasse en excès, qui formera les boues, se décroche et soit transportée par l'effluent.

La séparation de phases (eau traitée, boues) a ensuite lieu dans un décanteur lamellaire, un clarificateur, un filtre à tambour ou des LCSPR, aussi appelés « Lits Biophytes » par le constructeur (Figure 2).

Cette étude s'intéresse à la filière ECODISK® M BIODIMAC, associant le procédé de disques biologiques à des LCSPR (Figure 3).



Figure 2 – Vue des files de disques et LCSPR de la station de Montségur sur Lauzon (26) (Photos IRSTEA)

Les lits assurent à la fois une séparation des phases, un stockage et une minéralisation des boues en surface des lits ainsi qu'un complément de traitement des effluents. Le prétraitement mis en œuvre est un dégrillage fin ou tamisage.

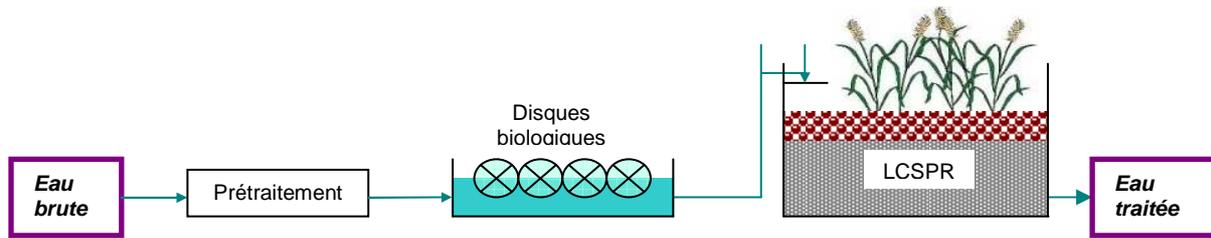


Figure 3 – Synoptique simplifié de la filière Ecodisk® M BIODIMAC

2.2 Dimensionnement et caractéristiques techniques

2.2.1 Disques biologiques

Les règles de dimensionnement du constructeur MSE s'expriment en charge de DBO₅ appliquée sur la surface des disques. Cette charge est réduite lorsque des objectifs de nitrification sont visés (Tableau 1).

	Charge totale (g DBO ₅ /m ² /j)	Charge max. 1ère batterie (g DBO ₅ /m ² /j)	Temps de séjour (h)
Sans Nitrification	6 – 10 *	< 30	1 h
Avec Nitrification	4 - 6	< 30	1 h 30

* La gamme entre 8 et 10 g DBO₅ /m² /j est principalement destinée aux climats chauds des DOM

Tableau 1 – Bases de dimensionnement des disques biologiques (Source : MSE, octobre 2013)

2.2.2 Lits de clarification-séchage plantés de roseaux

Le constructeur MSE dimensionne la surface des LCSPR sur la base d'une charge journalière applicable sur l'ensemble des lits de 100 g de matière sèche /m² /j ou de 0.6 m² /EH (pour une estimation de la production de boues fixée à 60 g de matière sèche /EH /j) (entretien MSE du 06/04/2010).

Les couches successives de matériaux de la station de Montségur sur Lauzon sont présentées ci-après à titre d'exemple :

- 20 cm de sable 0/5,
- 20 cm de sable 2/6
- 5 cm de gravier 10/20,
- 15 cm de galet 30/60.

2.3 Emprise au sol

Le procédé conventionnel de **DB est compact**. La surface au sol mesurée des files de DB des stations de Montségur et Barbières est de **0.085 m² /EH**. Chaque module de DB occupe environ 5.3 m².

L'emprise au sol des LCSPR dimensionnés par MSE est de **0.6 m² /EH**.

La surface au sol de l'association des procédés DB et LCSPR est d'environ **0.7 m² /EH**. Comme pour toute filière, s'y ajoutent les surfaces d'accès aux ouvrages.

2.4 Parc français des stations Ecodisk M Biodimac

Lors d'un entretien des membres de l'atelier de travail EPNAC avec le constructeur MSE, le 6 avril 2010, 14 stations ont été identifiées (Tableau 2).

La capacité moyenne de ces stations est de 1 050 EH avec un minimum de 400 EH et un maximum de 1 700 EH. La première réalisation date de 2001.

Nom station	Département	Mise en service	Capacité (EH)
Villesequelande	Aude (11)	01/11/2007	1000
Barbières	Drôme (26)	24/09/2009	900
Montségur sur Lauzon	Drôme (26)	01/07/2004	1 000
Authon de Perche	Eure et Loir (28)	17/11/2008	1 700
Bercheres sur Vesgres	Eure et Loir (28)	01/04/2009	1 100
Broue	Eure et Loir (28)	31/05/2007	1 200
Roinville sous Auneau	Eure et Loir (28)	31/12/2003	400
Nizas	Hérault (34)	10/10/2007	1 000
Pouzolles	Hérault (34)	01/08/2008	1 500
Climbach	Bas Rhin (67)	28/11/2007	650
Saint Bourg	Seine et Marne (77)	08/2008	900
Chasteuil	Alpes de Hautes Provence (04)	2006	1000
Ouarville	Eure et Loire (28)	2007	600
Chambost Allières	Rhône (69)	2006	1 000

Tableau 2 – Références MSE pour la filière ECODISK® M BIODIMAC

2.5 Performances annoncées pour la filière

Le Tableau 3 indique les performances maximales garanties par le constructeur pour la filière étudiée.

	Performances maximales de la filière
Matière organique	[DCO] : 90 mg/l [DBO ₅] : 20 mg/l
Nitrification	[NTK] : 10mg/l, si dimensionnement adapté pour la nitrification
Boues	Stockage des boues dans les LCSPR : 5 ans minimum

Tableau 3 – Performances maximales pour la filière DB+LCSPR (Source MSE)

3 Méthodologie

3.1 Sélection des stations étudiées

Les stations de la filière Ecodisk® M Biodimac, construites en métropole, sont récentes et à ce titre peu chargées. Or, les stations en sous charge présentent en général de bonnes performances, sans que cela ne puisse présager de leurs résultats, et notamment de la garantie des niveaux de rejets réglementaires, à charge nominale. Aussi, cette étude évalue les performances de la filière pour des charges entrantes s'approchant, dans la mesure du possible, des capacités de traitement de la station.

Il a donc été décidé d'exclure de l'étude les stations aux taux de charges organique et hydraulique inférieurs à 40 % : les stations de Chambost Allières et Ouarvilles ont ainsi été écartées en raison de leurs trop faibles charges, proches de 30 % en hydraulique et 15 % en organique.

D'autre part, la station de Chasteuil traite des eaux de camping. Les variations de charges saisonnières ont des conséquences sur le fonctionnement et les performances des procédés et un seul site aurait été insuffisant pour étudier l'adaptation de la filière à ces conditions particulières de charge.

11 stations réparties sur 6 départements ont ainsi été retenues pour cette étude (Tableau 4).

Commune	Département	Mise en service	Capacité nominale (EH)	Taux de charge Organique (% du nominal)	Débit nominal de temps sec (m3/j)	Taux de charge Hydraulique (% du nominal)
Villesequelande	Aude (11)	2007	1000	59%	150	80%
Barbières	Drôme (26)	2009	900	57%	135	60%
Montsegur sur Lauzon	Drôme (26)	2004	1000	49%	150	84%
Authon du Perches	Eure et Loir (28)	2008	1700	54%	265	88%
Berchères sur Vesgres	Eure et Loir (28)	2009	1100	30%	175	41%
Broué	Eure et Loir (28)	2007	1200	43%	180	45%
Roinvilles sous Auneau	Eure et Loir (28)	2003	400	49%	60	59%
Nizas	Hérault (34)	2007	1000	31%	180	40%
Pouzolles	Hérault (34)	2008	1500	58%	225	55%
Climbach	Bas Rhin (67)	2007	650	32%	135	93%
Saint_Bourg	Seine et Marne (77)	2008	900	46%	180	52%

Tableau 4 Localisation, âge, capacité nominale, et taux de charge des stations de l'étude

3.2 Collecte des données SATESE et Irstea

3.2.1 Collecte de données SATESE

L'ensemble des mesures d'autosurveillance réalisées avant le lancement de cette étude, depuis la mise en service des stations retenues, a été collecté auprès des SATESE.

De plus, afin d'homogénéiser l'acquisition de nouvelles données par les SATESE, entre 2011 et 2012, dans le cadre de cette étude, un protocole de mesures ainsi qu'une fiche terrain descriptive (Annexe II) ont été construits par l'atelier EPNAC. Ils précisent les informations nécessaires à l'analyse des performances de la filière (Tableau 5).

Fiche descriptive	Date de mise en œuvre de la station
	Données de dimensionnement
	Exploitation, dont calendrier de rotation de l'alimentation / repos des lits
	Eventuels dysfonctionnements
	Conditions météorologiques des campagnes de mesure
Protocole de mesure	Liste des paramètres physico-chimiques à analyser
	Réalisation d'un bilan 24 h à chaque étape de traitement, entrée DB, sortie de DB et LCSPR
	Consommation énergétique le jour du bilan
	Masse de refus de tamisage
	Mesure des hauteurs des boues dans les lits
	Mesure de siccité des boues

Tableau 5 Outils de suivi : fiches de terrain et protocole de mesure

3.2.2 Campagnes de suivi Irstea

Irstea a par ailleurs réalisé plusieurs campagnes sur la station de Montségur sur Lauzon (26) : 11 bilans 24 h en trois points de mesures, accompagnés d'un suivi poussé des LCSPR. Ces mesures complémentaires visent à préciser le fonctionnement et les performances de la filière :

- En disposant d'un jeu de bilans plus important sur une même station. Cela permet de fixer des facteurs variant d'un site sur l'autre : dimensionnement et gestion, caractéristiques des effluents d'entrée,
- En réalisant des bilans à plusieurs saisons, pour évaluer les variations saisonnières des performances de la filière (campagnes en mars, mai, août, novembre et décembre),
- Par une métrologie adaptée pour un suivi dynamique des lits (Tableau 6), notamment des problématiques d'oxygénation et de colmatage biologique des lits. Nous ne disposons aujourd'hui que de très peu de recul sur les lits plantés de roseaux acceptant des effluents de DB, leur fonctionnement, leurs performances de traitement et les dimensionnements retenus pour cette filière.

Objectif de suivi	Matériel de mesure	Protocole de mesure
Variation journalière des performances de LCSPR : filtration et nitrification	Sondes de mesures en continu des MES et NH4	Suivi en continu en entrée et sortie de filtre
Dynamique du taux d'oxygénation des lits	Cannes de mesures et analyseur de gaz <i>Dräger Xam7000</i>	Mesures ponctuelles d'oxygène dans les filtres à différentes profondeurs de boues, et après une durée variable de repos / alimentation des lits
Vitesses d'infiltration de l'effluent dans les lits	Sondes ultra sons	Acquisition de données en continu sur les lits alimentés
Valeur agronomique des boues des lits	Tarière, seau et flacons	Prélèvement et échantillonnage : protocole EPNAC. Analyse des paramètres de valeur agronomique (arrêté du 8 janvier 1998) : laboratoire d'analyses du Cemagref de Lyon et LDA de la Drôme (accréditations Cofrac)

Tableau 6 Suivis dynamiques Irstea, en complément de bilans 24h

4 Données de l'étude

4.1 Dimensionnement et niveaux de rejets des installations

Dimensionnement des disques biologiques

Commune	Charge Nominale			Rejet	Dimensionnement des disques				
	Capacité nominale	Débit nominal tps sec *	Charge nominale organique *	Niveau réglementaire N-Nk	Files de DB en parallèle	Batteries DB en série/file	Surface totale	Charge surfacique nominale **	Charge surfacique nominale ^{1eres} batteries **
	EH	m3/j	kg DBO5/j	mg N-Nk/l	nb	nb	m ²	g DBO/m ² /j	g DBO/m ² /j
Villesequelande	1000	150	60	-	3	4	7500	7.6	36.5
Barbières	900	135	54	10	3	5	9180	5.6	32.8
Montségur sur Lauzon	1000	150	60	-	4	4	9240	5.8	26.0
Authon du Perches	1700	265	105	-	4	5	11700	8.5	24.0***
Berchères sur Vesgre	1100	175	66	30	4	4	8320	7.5	30.0
Broué	1200	180	72	-	4	4	8320	8.2	32.9
Roinville sous Auneau	400	60	24	-	2	3	2700	8.0	20.8
Nizas	1000	180	60	30	2	5	6480	8.8	27.4***
Pouzolles	1500	225	90	10 (N-NH4)	5	5	16000	5.1	31.2
Climbach	650	135	31	10	3	4	5160	5.4	17.9
Saint Bourg	900	180	54	10	3	5	8970	5.4	31.2

* données constructeur

** hypothèse de dimensionnement constructeur : taux d'abattement du prétraitement de 5% (dégrilleur) ou 10% (tamis)

***répartition des effluents d'entrée sur le 1^{er} et le 2^e module pour diviser par 2 la charge de la 1^{ère} batterie (la sortie du 1^{er} est redirigée vers le 3^e module)

Tableau 7 Charge nominales, niveaux de rejet et dimensionnements des DB des stations suivies

Le nombre de files de disques fonctionnant en parallèle et le nombre de batteries en série de chacune des files est variable. Le choix de configuration s'appuie sur les deux contraintes de dimensionnement : la charge totale reçue (nombre total de batteries) et la charge reçue sur les premières batteries (nombre de files de DB).

En cas d'objectif de nitrification (Nk < 10 mg/l), le dimensionnement des stations étudiées est assez homogène : il varie entre **5.1 à 5.6 g DBO₅/m²/j**. Il se situe dans la moitié haute de la plage de dimensionnement du constructeur (Tableau 3).

En l'absence d'objectifs de nitrification, il varie entre **5.8 à 8.8 g DBO₅/m²/j**. 4 stations dépassent un dimensionnement de 8 g DBO₅/m²/j.

Les charges de dimensionnement des premières batteries varient entre 18 et 37 g DBO₅/m²/j. 5 stations dépassent la charge de dimensionnement de 30 g DBO₅/m²/j, sur les premières batteries.

Dimensionnement des LCSPR

Commune	Charge Nominale			Dimensionnement des LCSPR		
	Capacité nominale	Débit nominal tps sec *	Charge nominale organique*	Nombre de lits	Surface totale	Ratio surfacique de dimensionnement
	EH	m ³ /j	kg DBO ₅ /j	nb	m ²	m ² /EH
Villesequelande	1000	150	60	5	266	0,27
Barbières	900	135	54	8	540	0,60
Montségur sur Lauzon	1000	150	60	4	600	0,60
Authon du Perches	1700	265	105	6	846	0,50
Berchères sur Vesgre	1100	175	66	6	648	0,59
Broué	1200	180	72	5	500	0,42
Roinville sous Auneau	400	60	24	6	360	0,90
Nizas	1000	180	60	4	600	0,60
Pouzolles	1500	225	90	4	560	0,37
Climbach	650	135	31	4	302	0,46
Saint Bourg	900	180	54	8	400	0,44

* données constructeur

Tableau 8 Charge nominales et dimensionnements des LCSPR des stations suivies

Les stations de l'étude possèdent de 4 à 8 lits.

Le ratio surfacique de 0,6 m² /EH annoncé par MSE (paragraphe 2.2.2) est appliqué sur 4 stations. Un dimensionnement plus compact, de 0.3 à 0.5 m² /EH, est retenu pour 6 stations. Et enfin, 1 station présente un dimensionnement de 0.9 m² /EH, soit près de 2 fois moins compact que celui annoncé.

Le dimensionnement a une influence directe sur les charges surfaciques reçues par les stations.

Niveaux de rejets

Les niveaux de rejets réglementaires de chacune des stations sont précisés dans le Tableau 9 :

Commune	Niveaux de rejet réglementaires							
	DBO ₅	DBO ₅	DCO	DCO	MES	MES	Nk	Nk
	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)
Villesequelande	35	60		60		60		
Barbières	25	70	125	75	35	90	10	80
Montségur sur Lauzon	35	60		60		50		
Authon du Perches	25		125		30			60
Berchères sur Vesgre	25		125		35		30	
Broué	25		125			50		60
Roinville sous Auneau	25		125			50		60
Nizas	25	70	125	75	35	90	30	
Pouzolles	35	60		60		50	(N-NH ₄) 10	
Climbach	25	90	125	75	35	90	10	75
Saint Bourg	25	60	90	60	30	50	10	

Tableau 9 Niveaux de rejets réglementaires des stations étudiées

4.2 Gestion de l'alimentation des LCSPR

La gestion de l'alimentation des LCSPR observée sur les différents sites (Tableau 10) diffère par :

- Le ratio de la durée de mise au repos sur celle d'alimentation, assujéti au choix du nombre de lits alimentés simultanément sur le total du nombre de lits de la station,
- Les durées respectives d'alimentation et de repos des lits.

Commune	Nb de lits	Ratio nb de lits alimentés / nb total	Ratio durées repos / alimentation	Durée alimentation (jours)	Durée de repos (jours)
Villesequelande	5	1**	alimentation continue**	365	0
Barbières	8	1/2*	1*	14*	14*
Montségur sur Lauzon	4	1/4	3	3,5	10,5
Authon du Perches	6	1/3	2	7	14
Berchères sur Vesgre	6	1/3	2	7	14
Broué	5	1/5	4	7	28
Roinville sous Auneau	6	1/3	2	7	14
Nizas	4	1**	alimentation continue**	365	0
Pouzolles	4	1/2	1	7	7
Climbach	4	1/4	3	7	21
Saint Bourg	8	1/4	3	7	21

* Alimentation prévue sur 2 lits pendant 7 jours, et suivie de 21 jours de repos. La station est composée de 2 cellules de chacune 4 lits. La séparation assurée par de simples batardeaux est insuffisante. Les lits d'une même cellule sont hydrauliquement connectés et ainsi alimentés pendant 14 j, avant 14j de repos (SATESE 26).

** Défaut d'exploitation de ces stations.

Tableau 10 Gestion de l'alternance des périodes d'alimentation et de repos des LCSPR

4.3 Caractérisation des effluents d'entrée

	DCO p / MES	DCO / DBO5
Moyenne	1,5	2,7
Ecart type	0,4	0,7
Maximum	2,1	5,3
Minimum	0,7	1,8
Nombre de mesures	13	47

Tableau 11 Ratios de caractérisation de la qualité des effluents d'entrée

Les eaux usées domestiques sont généralement caractérisées par un ratio DCO particulière / MES de 1,1. Des effluents peu chargés en matières organiques, présentent des ratios < 0.8, alors qu'un ratio > 2 correspond à un effluent gras, peu à très difficilement biodégradable (graisses pures : ratio > 2.2). L'ensemble des ratios calculés sur le jeu de données de cette étude, est compris entre 0.7 et 2.1. Aucune station ne présente des valeurs extrêmes sur l'ensemble de ses bilans 24h : les mesures extrêmes sont ponctuelles.

Les eaux usées rurales présentent un ratio DCO / DBO₅ généralement compris entre 2 et 2.81. En deçà de 3, l'effluent est facilement biodégradable, et au-delà de 4, moyennement à peu biodégradable. 87% des ratios mesurés sont inférieurs à 3. Les deux seules valeurs anormalement hautes (4.3 et 5.3) correspondent à des effluents de temps de pluie, sur la station de Climbach. Des valeurs correctes ont été mesurées lors d'autres bilans de cette même station.

Les effluents d'entrée des différentes stations considérées dans cette étude sont caractéristiques d'eaux résiduaires domestiques. Les stations ne présentent pas d'effluent particulier.

La qualité des effluents est un facteur de variation des performances de traitement qui peut être écarté dans la suite de cette étude.

¹ Mercoiret, (2010), Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités, 55 p.

5 Résultats de l'analyse de performance de la filière

5.1 Performances globales de la filière : association Disques Biologiques et LCSPR

Les performances globales de la filière sont évaluées sur la base des rendements et des concentrations de sortie de 57 bilans 24h réalisés sur les 11 stations de l'étude. Les rendements sont calculés entre la sortie du prétraitement, entrée des disques biologiques, et la sortie de la station.

Les mesures réalisées sur la station Montségur sur Lauzon représentent la moitié du jeu de données. Or, les performances globales observées sur cette station sont comparables à celles des différentes stations de l'étude et peuvent ainsi être intégrées dans une analyse statistique commune.

	MES	DBO5 *	DCO *	DCOf *	N-NH ₄	NK	Nk (charge < 4g DBO ₅ /m ² DB /j)	Nk (charge 4 à 6 g DBO ₅ /m ² DB /j)	Nk (charge 6 à 8.5 g DBO ₅ /m ² DB /j)
MOYENNE	95.1	96.4	90.3	75.3	87.8	87.2	89.9	83,2	78.7
ECART TYPE	4.5	2.6	5.1	11.2	14.2	10.8	8.53	9.6	17.3
MAX	100.0	98.9	99.4	87.4	100.0	99.5	98,2	99,5	89.4
MIN	74.7	88.3	83.9	73.7	31.6	46.2	71,6	69,5	46.2
Nombre de valeurs	55	52	56	18	46	54	39	9	6
Nombre de stations	11	11	11	3	8	11	10	6	4

*hors rendements calculés pour de très faibles concentrations d'entrée (forte dilution) : sur Climbach les 20/12/12, 01/12/08 et 11/02/09 et Montségur sur Lauzon le 23/03/2011

Tableau 12 Statistiques des rendements de la filière DB et LCSPR

	MES *	DBO5 *	DCO *	DCOf *	N-NH ₄	NK	Nk (charge < 4g DBO ₅ /m ² DB /j)	Nk (charge 4 à 6 g DBO ₅ /m ² DB /j)	Nk (charge 6 à 8.5 g DBO ₅ /m ² DB /j)
MOYENNE	13.3	8.3	56.8	43.3	6.3	9.8	7.2	13.8	18.0
ECART TYPE	12.4	5.1	23.5	9.9	7.9	9.7	7.8	8.0	15.1
MAX	76.0	24.0	118.	68.0	39.4	45.3	33.3	28.1	45.3
MIN	0.0	3.0	0	30.0	0.0	0.5	1.2	0,5	5.3
Nombres de valeurs	55	52	56	18	51	54	39	9	6
Nombre de stations	11	11	11	4	9	11	10	6	4

*hors mesures sur Pouzolles le 14/04/2011 à : 79 mg MES/l, 31 mg DBO₅/l, 165 mg DCO/l, et 86 mg DCOf/l

Tableau 13 Statistiques des concentrations de sortie de la filière DB et LCSPR

Pollution particulaire

Les performances d'abattement de la filière en **pollution particulaire (MES)** sont très bonnes. Les rendements sont supérieurs à 90 % et les concentrations mesurées en sortie de filière sont inférieures à **30 mg MES /l**.

Les plus faibles performances sont enregistrées sur la station de Berchères sur Vesgres avec des rendements de 75 et 85 % sur 2 bilans. Dans une moindre mesure, les performances de la station d'Authon du Perches sont parmi les plus basses, avec des rendements autour de 90 % sur 3 bilans.

L'abattement du particulaire est assuré par les LCSPR. Aussi, les facteurs de variation des performances de filtration sur les stations de Berchères et d'Authon du Perches sont étudiés lors de l'analyse des performances des LCSPR dans la suite de cette étude.

Enfin, 2 mesures sur les stations de Broué et Pouzolles présentent ponctuellement de moins bons résultats, qui s'expliquent sans que la filière ne soit remise en question :

- Le niveau de concentration particulièrement élevé, mesuré le 02/07/2008 en sortie de filière (76 mg MES/l) sur la station de Broué, est ponctuel (< 30 mg MES/l sur 4 autres bilans). Il s'explique par la présence d'algues dans la canalisation de sortie (observations SATESE) et par une concentration d'entrée exceptionnellement élevée (650 mg MES/l).
- De même, l'effluent d'entrée est particulièrement concentré lors de la mesure réalisée le **14/04/2011** sur la station de **Pouzolles**, avec 450 mg /l de DBO₅ et 1190 mg /l de DCO. De plus, le rendement en MES est inhabituellement bas (rendement de 73% des lits). La concentration de sortie atteint les 79 mg MES/l. Selon l'exploitant de la station, ces deux mêmes lits ont subi une surcharge hydraulique lors d'un fort épisode pluvieux, un mois avant la mesure (mars 2011). Le SATESE précise dans son rapport d'autosurveillance, que « l'excès d'eaux parasites d'origine pluviale a atteint 2.8 fois le débit nominal pendant une semaine et a multiplié les volumes journaliers par un facteur 6 certains jours (Annexe V), causant le dysfonctionnement des lits en alimentation ». Les rendements des lits étaient encore affectés un mois après. Les deux autres lits, qui n'étaient pas en service, n'ont pas subi de fortes surcharges hydrauliques et fonctionnent normalement.

Pollution carbonée

La filtration de la fraction particulaire de la pollution carbonée est efficace (voir paragraphe sur la pollution particulaire).

Les performances moyennes de la filière pour le traitement de la pollution carbonée dissoute sont **bonnes**. Les rendements en DCO filtrée (DCOf) sont supérieurs à **73%** et atteignent jusqu'à 90%. Les concentrations de sortie en DCOf mesurées sont relativement basses et stables : inférieures à **55 mg DCOf /l** (en dehors de la mesure du 14/04/2011 sur Pouzolles : voir paragraphe « pollution particulaire » ci-dessus).

Aussi, les rendements en DBO₅ et DCO de la filière sont bons, supérieurs à **85 % en DCO, et 90 % en DBO₅**. Les concentrations de sortie sont dans l'ensemble inférieures à **90 mg DCO /l** et à **25 mg DBO₅ /l**. L'ensemble des mesures réalisées respecte les **exigences réglementaires** sur les paramètres DBO₅ et DCO.

Deux mesures aux performances légèrement inférieures ont été enregistrées sur la station Villesequelande, les 19/01/11 et 02/11/10, avec 82 et 83 % d'abattement et 118 mg /l en DCO.

Par ailleurs, une majorité des résultats est supérieure à 90 % en DCO. Les rendements inférieurs à 90 % (de 84 à 88 %), sont observés sur les stations d'Authon du Perches (sur 3 bilans) de Berchères sur Vesgres (sur 2 bilans) et Broué (sur 1 bilan). Les concentrations dépassent légèrement 90 mg /l en DCO sur Authon et Broué, avec 93 mg /l en 05/2013 et 94 mg /l en 03/2013.

Dans la suite de cette étude, les facteurs de variation du traitement de la pollution carbonée dissoute sont analysés pour chacun des ouvrages (DB et LCSPR). Les paramètres de variation de la fraction particulaire sont étudiés au chapitre sur les LCSPR.

Enfin, deux mesures dépassent 90 mg DCO /l, sans toutefois remettre en cause l'efficacité de la filière :

- une concentration de 118 mg DCO /l est mesurée en sortie de la station de Broué le 02/07/2008 du fait d'une concentration d'entrée particulièrement élevée de 1100 mg DCO /l, malgré un rendement de 90 %.
- une mesure réalisée dans des conditions d'effluent d'entrée particulièrement concentré (600 mg MES /l) et de fonctionnement dégradé des lits (voir paragraphe sur la pollution particulaire ci-dessus), **le 14/04/2011** sur la station de **Pouzolles**, donne une concentration de sortie de 165 mg DCO /l. Le rendement en DCO est de 86 %

Pollution azotée

L'abattement de la pollution azotée est **en moyenne** quasi total (90 % en N-NH₄ et NK), mais **assez variable** : il s'échelonne entre 70 et 99 % sur les différentes mesures de l'étude.

La filtration de la fraction particulaire de la pollution azotée est efficace (voir paragraphe sur la pollution particulaire).

Ce sont les variations de rendements sur le **dissous** qui impactent les performances globales de la filière en azote.

Dans la suite de cette étude, les facteurs de variation du traitement de la pollution azotée réduite sont analysés pour chacun des ouvrages (DB et LCSPR).

Dénitrification et pollution phosphorée ?

La filière n'est pas conçue pour dénitrifier. En effet, les conditions aérobies mises en œuvre sur l'ensemble de la filière ne peuvent prétendre à une dénitrification poussée et maîtrisée.

De même, la filière ne vise pas un traitement du Phosphore. Les valeurs de rendement en Phosphore total sont très dispersées (de 0 à 95%) et un léger relargage de Phosphate est parfois même observé. Pour un traitement du Phosphore, une adaptation de la filière est nécessaire et possible (apport de chlorure de fer), mais elle n'est pas analysée dans cette étude.

Les rôles respectifs de chacun des deux ouvrages : DB et LCSPR, sont analysés dans la suite du document. Les facteurs sensibles de variation des performances seront recherchés (dimensionnement, charges organique et hydraulique, exploitation, calendrier d'alimentation, dysfonctionnement, caractéristiques des eaux, climat,...).

5.2 Performances des Disques Biologiques

5.2.1 Rendements et concentration de sortie des biodisques

Les disques biologiques assurent un traitement aérobie de la pollution carbonée, et selon leur dimensionnement, de la pollution azotée réduite. Les bactéries fixées sur les disques abattent la pollution carbonée dissoute (DCOf) pour la transformer sous forme particulaire, par absorption et intégration à la biomasse bactérienne. Une partie de la pollution carbonée particulaire de l'effluent d'entrée (DCO, DBO₅) est traitée par les DB, après hydrolyse en DCOf. Des bactéries autotrophes assurent par ailleurs une nitrification de l'ammonium (NH₄), mais cela qu'après traitement d'une partie suffisante de la pollution carbonée.

Les performances des DB sont donc évaluées au regard des paramètres: **DCO, DCOf et Nk, NH₄ (nitrification)**, et des conditions de charges appliquées.

22 des 57 campagnes de mesures comptent des mesures en sortie de DB et permettent d'isoler leurs performances. Les charges appliquées atteignent jusqu'à **6.5 g DBO₅ /m² DB /j**, et sont en moyenne de 3.7 g DBO₅ /m² DB /j. Ce jeu de données permet d'analyser le dimensionnement des DB pour un objectif de nitrification (4 à 6 g DBO₅ /m² DB /j) mais pas les limites de dimensionnement pour un objectif de traitement carboné seul (6 à 8 g DBO₅ /m² DB /j)

Par ailleurs, les charges reçues atteignent jusqu'à **8.5 g DBO₅ /m² DB /j** sur l'ensemble des **57 campagnes** d'entrée et de sortie de filière (Figure 5). Ces mesures permettent d'étudier les effets des charges des DB, à partir d'un plus grand nombre de données, sur la base des performances globales de la filière. Elles permettent une première évaluation du dimensionnement pour le traitement carboné.

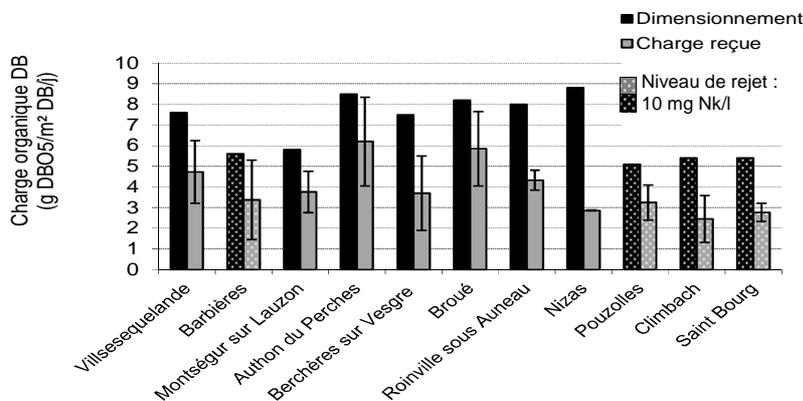


Figure 4 Charge organiques des DB des stations étudiées : dimensionnements et charges réelles

	DCOf **	N-NH ₄ **		
		total	(<4 g DBO ₅ /m ² DB/j)*	(4-6 g DBO ₅ /m ² DB/j)*
MOYENNE	76,9	90,2	93,0	82,5
ECART TYPE	5,5	6,3	3,9	5,4
MAX	88,3	97,5	97,5	89,3
MIN	65,8	77,6	84,7	77,6
Nombre de valeurs	16	19	14	5
Nombre de stations	4	5	5	2

* Charges reçues

** Hors mesures sur Montségur les 23 et 24/03/2011 (concentrations entrée basses) : 50 % DCOf et 60 % en NH₄

Tableau 14 Rendements des DB (%)

	DCOf	N-NH ₄		
		total	(< 4g DBO ₅ /m ² DB/j)*	(4 à 6 g DBO ₅ /m ² DB/j)*
MOYENNE	49,3	5,9	4,7	8,8
ECART TYPE	10,6	4,1	3,6	3,7
MAX	73,0	12,4	12,4	12,1
MIN	31,0	0,7	0,7	3,1
Nombres de valeurs	18	21	16	5
Nombre de stations	4	5	5	2

*Charges reçues

Tableau 15 Concentrations de sortie de DB

Pollution carbonée

Dans les conditions de charge des DB lors des 22 bilans 24 h exploités, de 3.7 g DBO₅ /m² DB /j en moyenne et **inférieures à 6.5 g DBO₅ /m² /j**, les **rendements** en DCOf sont bons et dépassent **70 %**.

De plus, les performances de traitement de la pollution carbonée par les DB sont sous-estimées par le calcul du rendement en DCOf. Ce calcul ne prend pas en compte la part de la pollution carbonée particulaire (DCOp) d'entrée traitée par les DB après hydrolyse (en DCOf).

Les **concentrations** en pollution carbonée dissoute mesurées en **sortie** des DB, dans des conditions de charge inférieures à 6.5 g DBO₅ /m² /j, sont relativement stables et inférieures à **65 mg DCOf /l**, pour des effluents d'entrée classiques inférieurs à 1300 mg DCO /l.

Toutefois, le dimensionnement constructeur des DB pour le traitement carboné est donné entre 6 et 8 g DBO₅ /m² DB /j et le jeu de données sur les performances des DB ne permet pas de le discuter.

Pollution azotée

Les rendements en N-NH₄ des DB sont supérieurs à **75 %**, pour des charges allant jusqu'à 6 g DBO₅ /m² DB /j.

De plus, le calcul des rendements en NH₄ des DB sous-estime les performances de traitement de la pollution azotée réduite des DB. Il n'intègre pas la part de la pollution azotée organique d'entrée (Norg) qui est nitrifiée par les DB après ammonification (NH₄).

Les concentrations de sortie de DB s'échelonnent entre **0.7 et 12 mg N-NH₄ /l**, pour des charges appliquées inférieures à 6 g DBO₅ /m² DB /j. Un traitement complémentaire du dissous par les LCSPR peut ainsi s'avérer nécessaire pour respecter un niveau de rejet en sortie de filière < 10 mg Nk /l.

Ci-après sont étudiés les facteurs de variation des performances des DB.

Les performances d'abattement de l'azote particulaire et les rendements en azote dissous des lits, sont analysés dans la suite de l'étude.

5.2.2 Facteur de variation des performances de traitement de la pollution carbonée par les DB

5.2.2.1 Effet des charges surfaciques journalières

Au vu des résultats des 22 bilans, les charges organiques surfaciques n'impactent pas les rendements en DCO_f, pour des charges inférieures à 6.5 g DBO₅/m²/j. De même, le jeu de données disponible pour de fortes charges hydrauliques surfaciques appliquées (4 mesures > 20 l/m² DBO₅/j et jusqu'à 28 l/m² DBO₅/j) ne démontre pas d'effet de la charge hydraulique sur les rendements journaliers en DCO_f.

Par ailleurs, les charges varient entre 2 et 8.5 g DBO₅/m² DB /j sur l'ensemble des 57 campagnes d'entrée et de sortie de filière.

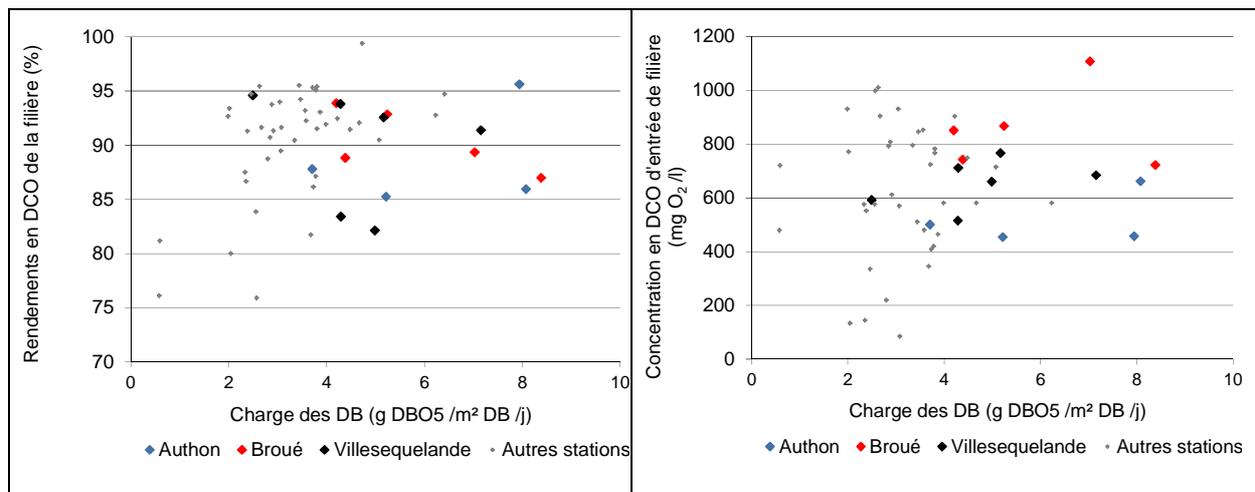


Figure 5 Effet des charges organiques surfaciques des DB sur les rendements en pollution carbonée de la filière

Aussi, les stations de Broué et de Villesequelande permettent une première analyse des limites du dimensionnement de traitement de la pollution carbonée (6 à 8 g DBO₅ /m² DB /j), sur la base des performances globales de la filière. Sur l'exemple des mesures réalisées sur ces stations, une diminution des rendements en DCO de la filière de 95 à 85 % est observée avec l'augmentation de la charge organique des DB de 4 à 8 g DBO₅/m²/j. (Figure 5).

Ces observations semblent indiquer qu'un niveau de rejet de 90 mg /l en DCO pourrait ne pas être respecté pour des charges surfaciques de 8 g DBO₅ /m² /j (dépassements dès 600 mg /l en entrée, pour un rendement de 85 %). Un jeu de données plus important à ce niveau de charge serait toutefois nécessaire pour valider ces valeurs de rendements.

Par ailleurs, bien que la charge organique soit le principal facteur de variation des performances des DB, ce n'est pas le seul paramètre impactant. Un temps de séjour plus important pourrait limiter, voire compenser, la diminution des rendements observée aux fortes charges organiques (pour les mêmes charges, à de plus fortes concentrations en entrée).

Ces aspects mériteraient d'être suivis dans le futur pour préciser les limites de dimensionnement des DB pour un traitement de la pollution carbonée.

Nous noterons, que des facteurs complémentaires semblent influencer les performances des stations de Villesequelande, et d'Authon du Perches, avec des rendements proches de 85 % pour des charges de DB inférieures à 5 g DBO₅/m²/j. Ils seront discutés au chapitre sur les LCSPR.

Le reste des rendements inférieurs à 85 % sont le résultat d'un calcul des rendements pour des concentrations d'entrée particulièrement faibles, lors d'importantes dilutions des effluents, sur la station de Climbach. Les concentrations de sortie sont très basses.

5.2.2.2 Concentrations d'entrée

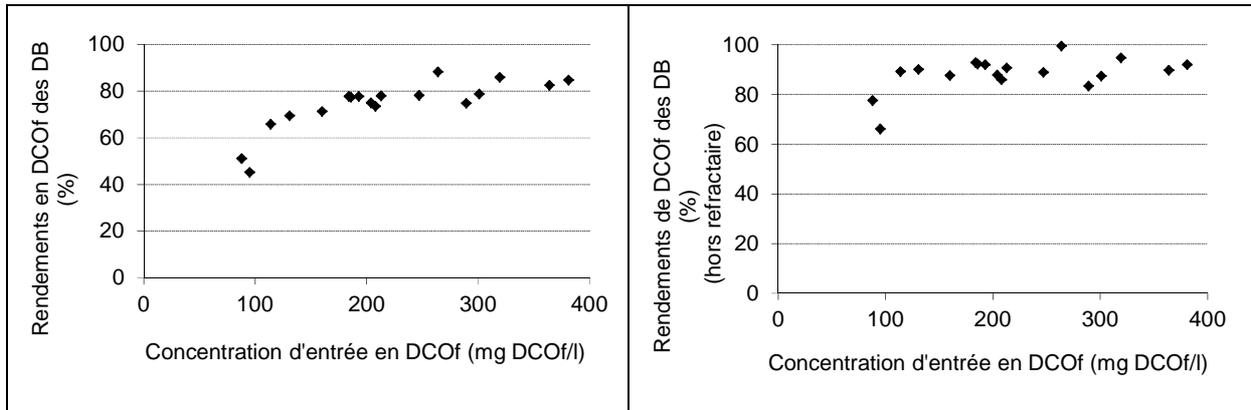


Figure 6 Rendement en DCO_f des DB et impact du talon réfractaire de la DCO_f sur le calcul de rendement

Dans les conditions de charges des 22 bilans d'entrée-sortie de DB, < 6.5 g DBO₅ /m² DB /j, les rendements en **DCOf** des DB sont **stables, autour de 80%**, pour des concentrations d'entrée > 160 mg /l de DCO_f (Figure 6). Une baisse des rendements est observée pour des concentrations d'entrée plus faibles. Elle s'explique mathématiquement du fait du talon réfractaire, sans que la qualité de traitement ne soit remise en cause. Les rendements sur la fraction non réfractaire sont stables quelle que soit la concentration d'entrée, **sans effet dilution** (Figure 6).

Nota : En effet, en deçà de 160 mg /l de DCO_f en entrée, les rendements calculés ne peuvent dépasser 75 %, étant donné le talon réfractaire non biodégradable de 20 à 35 mg /l de DCO_f (laboratoire Irstea et P. Duchène²), et la fraction dissoute biodégradable résiduelle d'environ 10 mg /l en DCO_f en sortie de filière (d'environ 2.5 fois la DBO₅ dissoute²).

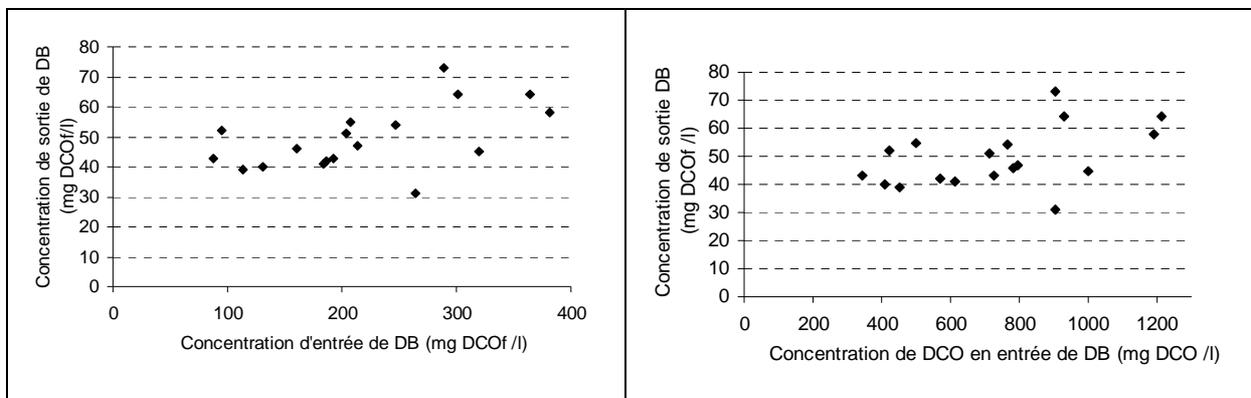


Figure 7 Effet des concentrations d'entrée sur les concentrations de sortie de DB en pollution carbonée

Etant donné la stabilité des rendements en DCO_f, autour de 80 %, pour des charges appliquées < 6.5 g DBO₅ /m² DB /j, les concentrations de sortie augmentent avec celles d'entrée (Figure 7). Elles se situent entre **40 et 55 mg /l de DCO_f**, pour des concentrations d'entrée < 275 mg /l de DCO_f (900 mg /l de DCO). Deux mesures s'élevaient à 64 mg /l de DCO_f et une à 73 mg /l, pour des effluents d'entrée plus concentrés, mais inférieurs à 1300 mg /l de DCO.

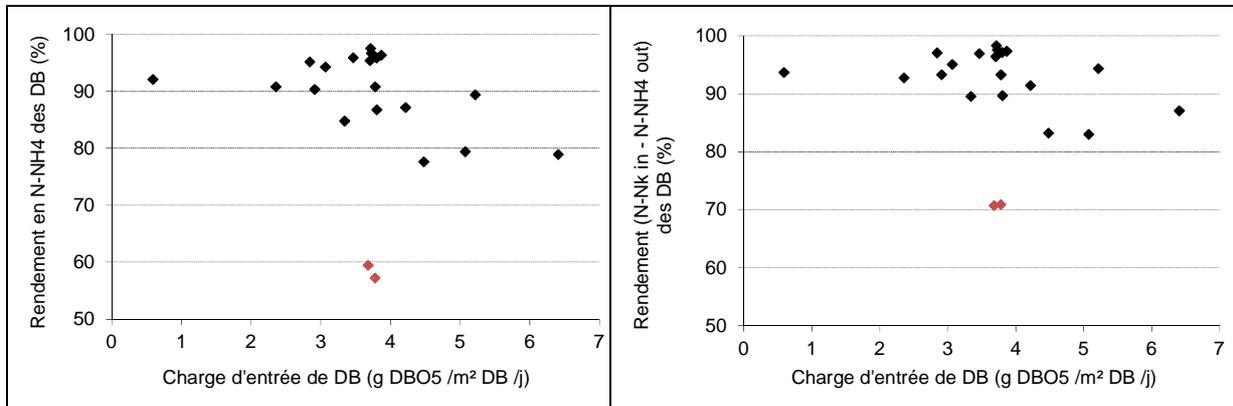
Si l'on considère un rendement à 80%, les concentrations en sortie de DB ne dépassent pas **70 mg /l de DCO_f** pour des **effluents classiques** (< 350 mg /l DCO_f, < 1200 mg /l DCO).

Pour les charges appliquées < 6.5 g DBO₅ /m² DB /j, les DB abattent **efficacement** la pollution **carbonée** dissoute et devraient permettre de respecter un niveau de 90 mg DCO /l en sortie de filière, sous réserve d'une filtration efficace de la fraction particulière en sortie de DB. Les performances de filtration des lits sont analysées dans la suite du rapport.

² P. Duchène (mars 2002), Réflexion sur les paramètres de qualité exigés pour les rejets de stations d'épuration, Ingénieries n°29

5.2.3 Facteurs de variation de la nitrification par les DB

5.2.3.1 Effet des charges surfaciques journalières



En rouge : Montségur 23 et 24/03/11 (rendements bas calculés du fait des faibles concentrations d'entrée)

Figure 8 Effet des charges surfaciques sur les rendements de nitrification des DB

Les performances de nitrification des DB diminuent avec l'augmentation de la charge appliquée (

Figure 8).

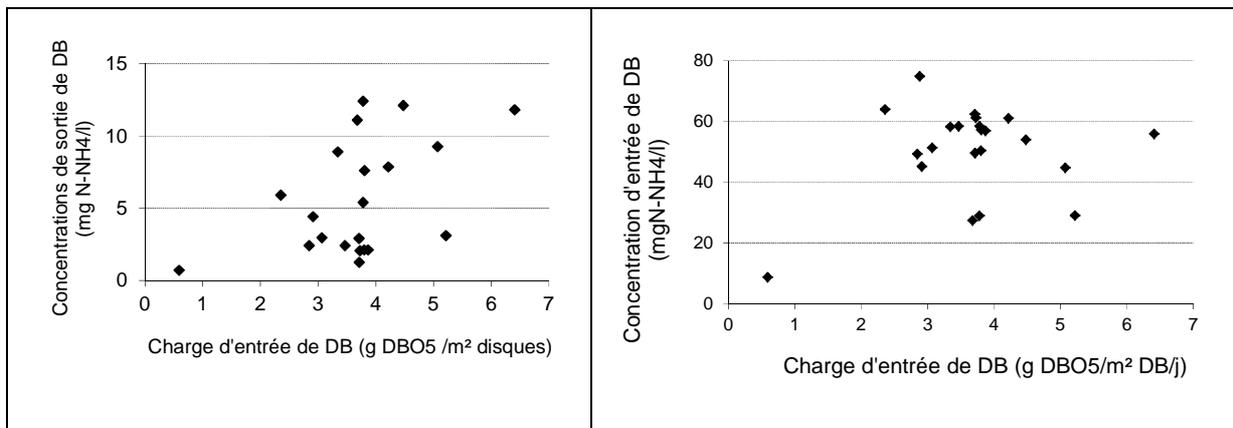


Figure 9 Effet des charges surfaciques sur les concentrations de sortie de DB en N-NH₄. (A droite : répartition des concentrations d'entrée de l'étude)

De même, l'étude des concentrations en NH₄ mesurées en sortie de DB montre que (Figure 9) :

- les concentrations sont < 6 mg N-NH₄/l, en dessous de 3 g DBO₅/m² DB /j reçu,
- 3 concentrations dépassent 9 mg N-NH₄ /l, pour des charges entre 3 et 4 g DBO₅/m² DB /j,
- les 4 mesures dépassent 9 mg NH₄ /l en sortie de DB, entre 4 et 6 g DBO₅ /m² DB /j (concentrations d'entrée entre 40 et 50 mg NH₄/l).

	Rendements minimum des DB en NH ₄ observés (%)	Estimations de concentrations maximum de sortie DB (mg N-NH ₄ /l)		
		Concentration d'entrée (mg N-NH ₄ /l)		
		55	98	
Charge organique des DB (g DBO ₅ /m ² DB/j)	< 3	90	6	10
	3 à 4	85	8	15
	4 à 6	75	14	25

Tableau 16 Estimations de concentrations de sortie en NH₄ en fonction des charges organiques

Le Tableau 16 donne une estimation des concentrations maximales de sortie de DB en NH₄, pour 3 gammes de charges reçues : < 3, de 3 à 4 et de 4 à 6 g DBO₅/m² DB /j. Les calculs de concentrations de sortie s'appuient sur les rendements minimums observés pour ces charges (Figure 8). La concentration d'entrée est prise égale aux concentrations d'entrée moyenne et maximum d'un effluent classique. La concentration en ammonium d'un effluent classique varie entre 12 et 98 mg N-NH₄ /l, pour une moyenne de 55 mg NH₄/l³.

Une filtration efficace permet théoriquement d'atteindre une fraction résiduaire d'azote organique particulaire de 1 mg N /l en sortie de filière.

Ainsi, pour une charge appliquée < 3 g DBO₅/m² DB /j, le traitement du dissous réalisé par les DB permettrait à lui seul de respecter un seuil de rejet de 10 mg Nk /l, sous réserve d'une filtration efficace des LCSRP. Pour une charge comprise entre 3 et 4 g DBO₅ /m² DB /j, un traitement **complémentaire du dissous** semblerait nécessaire pour des effluents d'entrée de concentration supérieure à 55 mg NH₄ /l. Enfin ces estimations semblent indiquer qu'un traitement complémentaire du NH₄ par les lits est nécessaire au-dessus d'une charge de 4 g DBO₅/m² DB /j.

Or, le dimensionnement du constructeur pour un objectif de nitrification est de 4 à 6 g DBO₅ / m² DB /j.

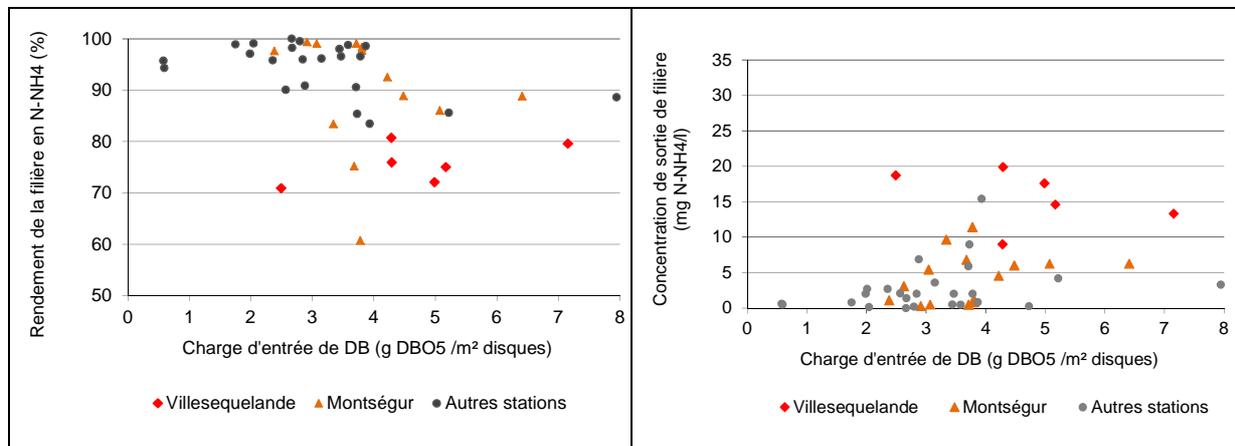


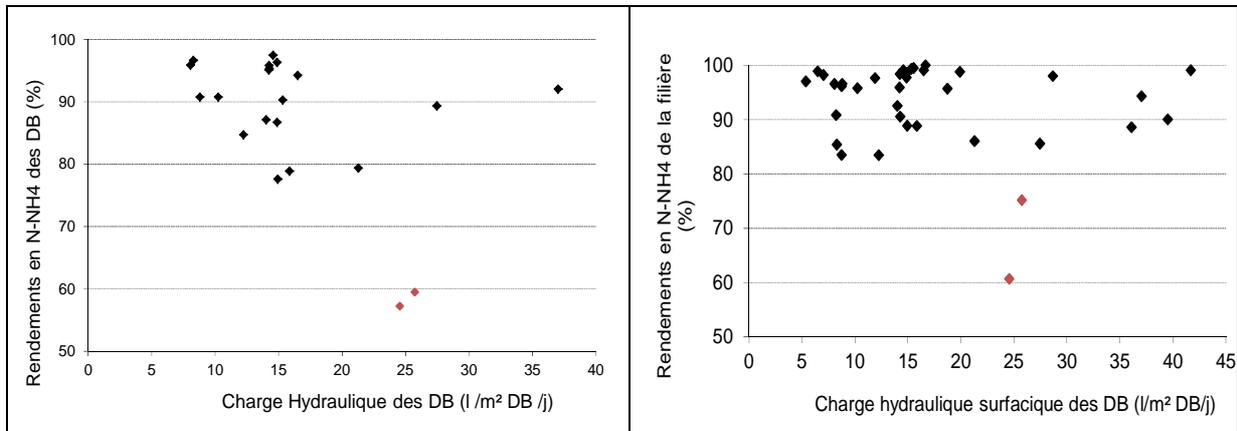
Figure 10 Effet des charges organiques surfaciques des DB sur les rendements et concentrations de sortie de filière en NH₄

Enfin, les mesures des 57 campagnes permettent d'étudier l'effet des charges organiques des DB à partir d'un plus grand nombre de mesures, mais sur la base des performances azotées de la filière globale. Les rendements de la filière en NH₄ et NK diminuent dès 3-4 g DBO₅ /m² DB /j (Figure 10). 11 des 49 mesures de charges < 6 g DBO₅ / m² DB /j, présentent des concentrations de sortie de filière en NK supérieures à 10 mg Nk /l (hors mesures sur la station de Villesequelande).

Ainsi, afin de respecter un seuil de rejet de 10 mg NK /l, un **traitement complémentaire** de l'azote réduit dissous par les LCSRP peut s'avérer nécessaire, malgré des charges appliquées inférieures à 6 g DBO₅ /m² DB /j. Par ailleurs, les lits doivent assurer une **filtration efficace** de l'azote particulaire. Les performances des LCSRP sont analysées dans la suite de cette étude.

3 Mercoiret, (2010), Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités, 55 p.

Enfin, la charge hydraulique ne semble pas impacter les performances moyennes journalières de traitement du N-NH₄ des DB, dans les gammes de charges étudiées, jusqu'à 41 l /m² DB /j.



En rouge : Montségur 23 et 24/03/11 (rendements bas calculés du fait des faibles concentrations d'entrée)

Figure 11 Charge hydraulique surfacique reçue par les DB et rendements en N-NH₄ des disques

Par ailleurs, des performances en NH₄ particulièrement basses ont été observées sur la station de **Villesequelande** ainsi que sur 3 bilans de **Montségur sur Lauzon**.

Les facteurs de ces variations seront discutés au chapitre sur les LCSPR.

5.2.3.2 Effet des pointes journalières de charges

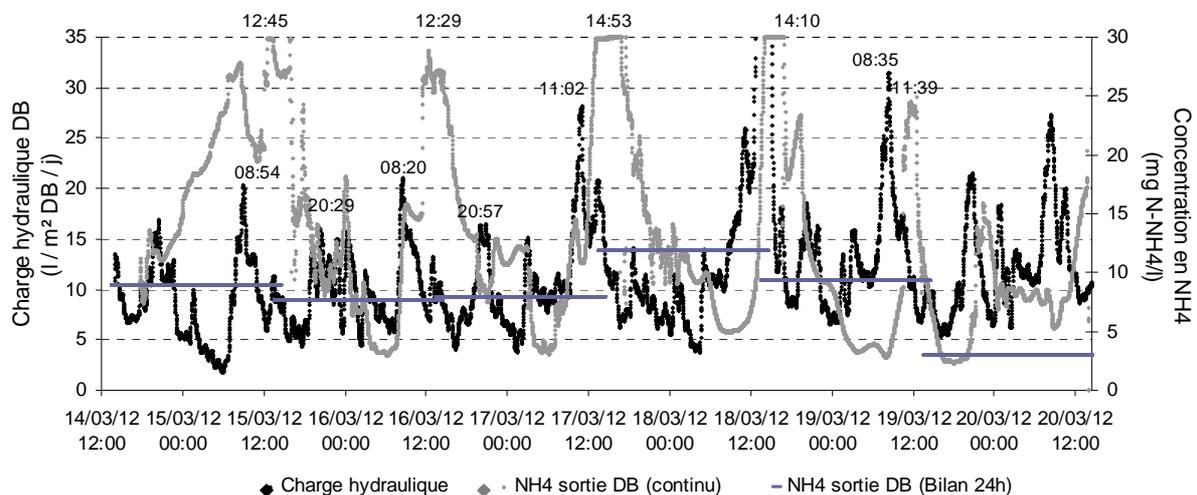


Figure 12 Evolution journalière des charges surfaciques et concentrations de N-NH₄ en sortie de DB

Les concentrations en NH₄ de sortie des DB ont également été suivies à l'échelle du pas de temps de la minute sur la station de Montségur sur Lauzon, du 14 au 21 mars 2012, parallèlement aux débits entrant (Figure 12).

Les pointes journalières, de débits et de charge organique (eaux usées domestiques non diluées), sont suivies d'une augmentation des concentrations en NH₄ en sortie de DB, dès 20 l /m² DB /j de charge hydraulique, et 5 g DBO₅ /m² /j de charge organique (estimation sur la base des concentrations moyennes en DBO₅ des effluents d'entrée de Montségur de 250 mg /l).

Des pics de concentration à 25 – 30 mg N-NH₄/l sont alors enregistrés en sortie de DB alors que les concentrations journalières moyennes plafonnent à 10-15 mg N-NH₄ /l, lissées par des creux de pollution le restant de la journée. Les **rendements** en N-NH₄ lors de ces pointes de charges sont d'environ **60%** (les concentrations d'entrée en NH₄ assez stables entre 50 et 65 mg N-NH₄/l).

Il n'est à priori pas possible d'identifier les effets respectifs de la charge hydraulique et organique. Toutefois, l'analyse à l'échelle de la journée a démontré une **baisse des rendements** avec la charge organique et des rendements inférieurs à 80 % au-delà de **4 g DBO₅ /m² /j**. L'augmentation de la **charge organique** lors de ces pointes journalières affecte certainement les rendements. Par ailleurs, les résultats à l'échelle de la journée n'ont pas montré d'impact des charges hydrauliques surfaciques sur les rendements de N-NH₄, jusqu'à 40 l /m² DB/j, mais l'augmentation des débits d'entrée réduit les temps de séjour dans les disques biologiques et, par la même, le temps de contact de l'effluent avec la biomasse épuratrice.

*Les concentrations moyennes journalières en N-NH₄ de sortie des DB dissimulent une variation des performances au cours de la journée. Les concentrations de sortie dépassent 25 – 30 mg N-NH₄/l sur plusieurs heures, aux heures de **pointes** des débits et de **charge organique d'entrée**.*

*Sans un **rôle de tampon des LCSPR**, les DB peuvent donc être à l'origine de pics ponctuels de pollution azotée. Les performances des LCSPR sont présentées dans la suite de cette étude.*

Concentrations d'entrée

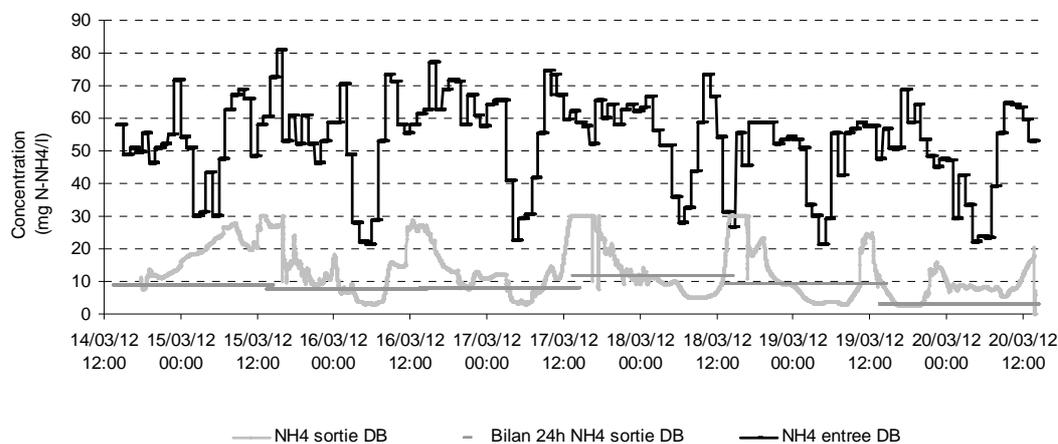


Figure 13 Evolution journalière des concentrations de N-NH₄ en entrée et sortie de DB

Les variations journalières des concentrations de sortie ne sont pas directement liées aux variations des concentrations d'entrée en N-NH₄ (Figure 13). Comme vu précédemment, les charges hydrauliques et organiques ont aussi un rôle.

5.3 Performances des Lits Clarification Séchage Plantés de Roseaux

5.3.1 Rendements et concentrations de sortie des Lits Clarification Séchage Plantés de Roseaux

Les résultats présentés ci-dessous sont issus des 22 campagnes avec mesures en entrée et sortie des LCSPR. Elles permettent d'isoler les performances des lits de celles des DB.

	MES	DBO	DCO	N-NK *	N-NH4	DCOf	N-Ngl
MOYENNE	95,4	92,5	86,2	74,5	39,9	8,4	29,8
ECART TYPE	5,3	4,5	6,6	17,2	45,0	37,9	44,4
MAX	99,5	98,5	94,8	96,0	93,6	51,9	78,0
MIN	74,1	81,6	65,1	32,7	-103,4	-119,4	-99,2
Nombre de valeurs	21	17	21	22	22	16	21
Nombre de stations	5	5	5	5	5	4	5

Hors mesures du 14/04/2011 sur Pouzolles

* Hors mesure à - 72 % en N-Nk le 02/10/2012 sur Pouzolles

Tableau 17 Rendements des LCSPR (% des flux d'entrée de LCSPR)

	MES	DBO	DCO	N-NK	N-NH4	DCOf	N-Ngl
MOYENNE	15.1	8.4	57.2	8.6	4.9	45.6	34,4
ECART TYPE	17.2	5.7	27.2	8.1	5.4	13.7	16,5
MAX	76.0	24.0	118.0	33.3	19.9	56.0	66,4
MIN	0.0	3.0	8.9	0.5	0.0	30.0	0,1
Nombres de valeurs	53	49	53	51	46	19	21
Nombre de stations	11	11	11	11	9	4	5

Hors mesures du 14/04/2011 sur Pouzolles : 79 mg MES/l, 31 mg DBO₅/l, 165 mg DCO/l, et 86 mg DCOf/l

Tableau 18 Concentrations de sortie de LCSPR

Pollution particulaire

Les LCSPR ont **une fonction principale de filtre de la pollution particulaire**.

Les LCSPR assurent une filtration très **efficace** de la pollution **particulaire** : les rendements sont **> 94%** en **MES** sur les 3 stations de Montségur, Nizas et Pouzolles (hors mesure du 14/04/2011 : voir chapitre sur les performances de la filière). Les performances enregistrées sur 2 mesures de la station d'Authon du Perches sont moindres (75 à 90 %).

Les **concentrations particulières résiduelles** sont inférieures à **25 mg MES /l, en dehors de mesures sur Authon du Perches et Berchères sur Vesgres** (voir chapitre sur les LCSPR) (et des bilans exceptionnels sur Pouzolles le 14/04/2011 et sur Broué le 02/07/2008 : voir chapitre sur la filière globale).

Pollution carbonée

Etant donné le niveau de performance du traitement de la pollution carbonée des DB (< 65 mg /l de DCOf), une **filtration efficace** de la fraction particulaire de la pollution **carbonée** par les LCSPR semble a priori suffisante pour respecter un niveau de rejet de 125 mg /l de DCO voire de 90 mg /l de DCO, sans qu'un traitement complémentaire du dissous par les lits ne soit nécessaire.

Le traitement de la pollution carbonée opéré par les **LCSPR** est **> 65% en DCO** sur les 21 bilans intermédiaires (hors bilan du 14/04/2011 sur Pouzolles).

La filtration de la **fraction particulaire** de la pollution carbonée est efficace.

En ce qui concerne la pollution carbonée **dissoute (DCOf)**, le traitement assuré par les LCSPR est **peu poussé**. Les concentrations de sortie de DB approchent du talon réfractaire (de 25 – 30 mg /l de DCOf) et il est donc normal d'enregistrer de faibles valeurs de rendements. Les rendements sont fortement variables (écart type), avec des rendements positifs autour de **20 %** et 5 mesures aux rendements de 0 à -15 %. Les rendements négatifs sont dus, soit à de faibles relargages, soit à des incertitudes de mesures (prélèvements) ou encore d'analyses (proches de la limite de quantification de la DCO : 30 mg /l de DCO). Etant donné le niveau de traitement sur le dissous effectué en amont

par les DB (concentrations d'entrée des lits entre 30 et 65 mg /l de DCO_f), les **concentrations** de sortie de lits sont stables et inférieures à **55 mg /l de DCO_f**.

Par ailleurs, un relargage a été mesuré le 14/04/2011 sur Pouzolles. Ce dernier s'explique par une forte surcharge hydraulique prolongée des lits (voir chapitre sur les performances de la filière). La concentration en sortie reste exceptionnelle (86 mg DCO_f /l).

Pollution azotée

Pour ce qui est du traitement de l'**azote**, malgré des charges organiques inférieures à 6 g DBO₅ / m² DB /j, l'analyse des performances des DB indique qu'une filtration efficace de la fraction particulaire de l'azote peut s'avérer insuffisante, pour respecter un seuil de rejet de 10 mg NK /l, et un traitement **complémentaire du dissous**, nécessaire.

Les rendements **en Nk des LCSPR** sont bons en moyenne (75%), mais variables du fait des performances sur le dissous. Les rendements en **N-NH₄** des LCSPR sont **très variables** et s'échelonnent entre 10 et 93 %. Des **relargages** de NH₄ sont également observés. Les rendements de filtration de la **fraction particulaire** de l'azote sont stables.

Les facteurs de variation des performances d'abattement de la pollution particulaire et des pollutions dissoutes carbonées et azotées sont présentés dans la suite.

5.3.2 Facteurs de variation des performances de filtration de la pollution particulaire (MES, DCO)

5.3.2.1 Effet des charges journalières surfaciques

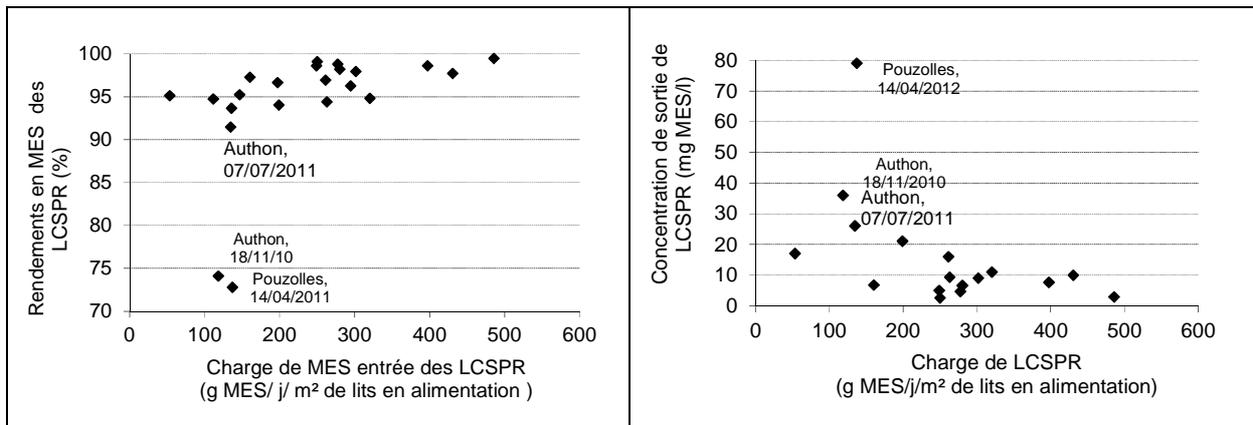


Figure 14 Effet des charges d'entrée sur les performances de filtration des LCSPR (MES)

Les performances de filtration des lits augmentent de **90 à 99 %** avec les **charges surfaciques journalières** appliquées en pollution particulaire (Figure 14). La distribution des effluents sur la surface des lits est améliorée à l'échelle de la journée avec les charges reçues et optimise les performances de filtration.

Les lits de la station d'Authon du Perches reçoivent de faibles charges (< 150 g MES /m² lit alimenté / j). Les faibles charges reçues sur les 2 bilans peuvent être responsables d'une moins bonne distribution et d'un accroissement des passages préférentiels, et expliquer l'augmentation des concentrations de sortie (> 25 mg MES /l). De plus, le calcul d'un rendement exceptionnellement bas (75 %) de 11/2010 s'explique par la très faible valeur de concentration d'entrée de lits (139 mg MES/l).

La station de Berchères sur Vesgres présente également des concentrations de sorties supérieures à 25 mg MES /l sur 2 bilans. Une non-conformité réglementaire est enregistrée sur Berchères sur Vesgres le 15/03/12 avec 75 % de rendement de la filière globale, et 45 mg MES /l en sortie de filière. Un autre bilan, du 02/03/2010, donne une concentration de sortie de 27 mg MES /l avec 86 % de rendement de la filière globale. Les charges reçues par les lits de la station de Berchères sur Vesgres n'ont pas été mesurées. Toutefois, le taux de charge organique de cette station varie entre 22 et 40 % et est inférieur à 25 % lors de ces 2 bilans. Les concentrations d'entrée de station sont également particulièrement faibles lors de ces bilans (< 200 mg MES /l). Comme sur la station

d'Authon du Perches, les plus faibles performances de filtration de la station de Berchères semblent liées aux faibles charges et concentrations particulières appliquées sur les lits,

Enfin, la forte surcharge hydraulique des lits de la station de Pouzolles explique les faibles rendements enregistrés le 14/04/2011 (voir chapitre sur les performances globales de la filière).

Le constructeur MSE **dimensionne** les LCSPR à hauteur de **100 g MS /j /m²** de surface totale de lits. Pour un tel dimensionnement, couplé à une rotation de l'alimentation sur 3 ou 4 lits, les charges journalières apportées sont supérieures à 300 g MES /m² lits en alimentation/j et les performances de filtration excellentes.

5.3.2.2 Concentrations d'entrée et stabilité des concentrations de sortie

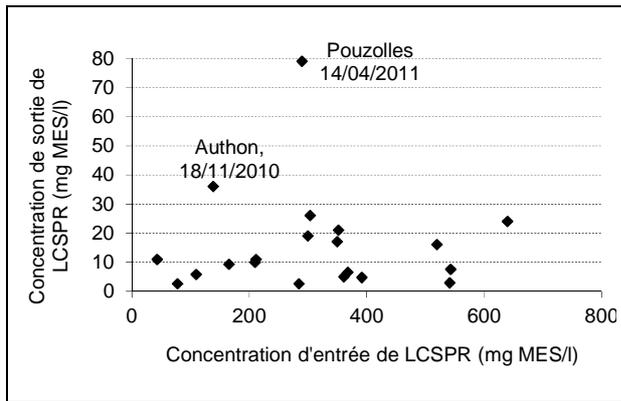


Figure 15 Concentrations en MES d'entrée et de sortie des LCSPR

La Figure 15 indique que les concentrations de sortie ne dépendent pas directement des concentrations d'entrée de lits.

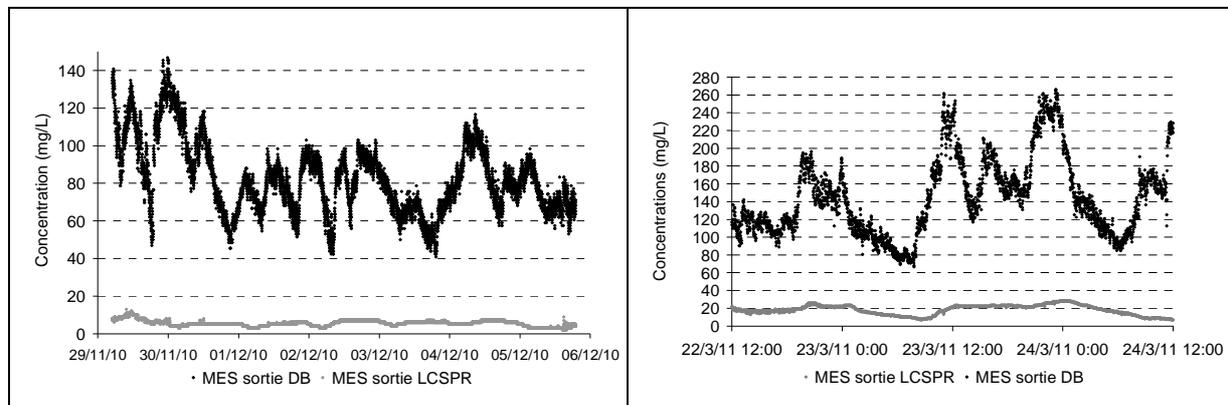


Figure 16 – Suivis en continu des concentrations en MES d'entrée et sortie de LCSPR de Montségur, du 29 novembre au 6 décembre 2010 (gauche) et du 22 au 24 mars 2011 (droite)

Un suivi au pas de temps minute des concentrations en MES, d'entrée et de sortie de LCSPR (Figure 16), montre la stabilité des concentrations de sortie (entre 3 et 30 mg /l), indépendamment des concentrations d'entrée sur la station de Montségur. La filtration de la pollution particulaire assurée par les LCSPR est très efficace sur toute la journée.

5.3.2.1 Charges hydrauliques et stabilité des performances

Dans les conditions de charges étudiées, jusqu'à 2.5 m sur lit alimenté /j, les performances de filtration de la pollution particulaire (MES) des LCSPR ne sont pas impactées par la charge hydraulique.

L'absence de risque de départ de boues lors d'épisodes de fortes charges hydrauliques, est l'un des points fort du procédé de filtration de boues par LCSPR.

*Toutefois, rappelons le cas d'un **lessivage** des lits consécutif à une forte surcharge hydraulique d'une semaine sur la station de Pouzolles (voir chapitre sur les performances de la filière globale). Les rendements sur le particulaire ont alors été réduit à 75 – 80 %. Ce retour d'expérience nous apprend qu'il est primordial que les lits soient protégés contre des surcharges hydrauliques prolongées (dimensionnement, déversoirs, by pass).*

5.3.3 Facteurs de variation des performances d'abattement de la pollution carbonée dissoute

Les deux plus basses mesures de performance de la filière sur la pollution carbonée sont enregistrées sur la station Villesequelande, les 19/01/11 et 02/11/10, avec 82 et 83 % d'abattement et 118 mg /l en DCO ; et 93 % et 17 et 24 mg /l en DBO₅,

Ces performances peuvent en partie s'expliquer par une efficacité d'abattement des MES dans la gamme basse de cette filière (92 %).

Toutefois, à même niveau d'abattement en MES, les rendements en DBO₅ et DCO de ces bilans sont inférieurs à d'autres bilans. L'alimentation en continu des lits, est vraisemblablement responsable d'une baisse de l'oxygénation des boues et des performances de traitement aérobie des lits. De plus, en hiver, la minéralisation des boues est moins efficace. Une faible minéralisation, diminue l'infiltration des effluents et l'oxygénation des boues. Le traitement aérobie peut être impacté. Or, ces 2 bilans ont été réalisés en novembre et janvier. La DCO_f et le NH₄ n'ont cependant pas été mesurés sur cette station et des mesures complémentaires seraient nécessaires pour valider un lien de cause à effet entre l'absence de périodes de repos et la baisse des rendements carbonés en hiver.

5.3.4 Facteurs de variation des performances de traitement de l'azote réduit dissous

5.3.4.1 Durées d'alimentation / repos des lits

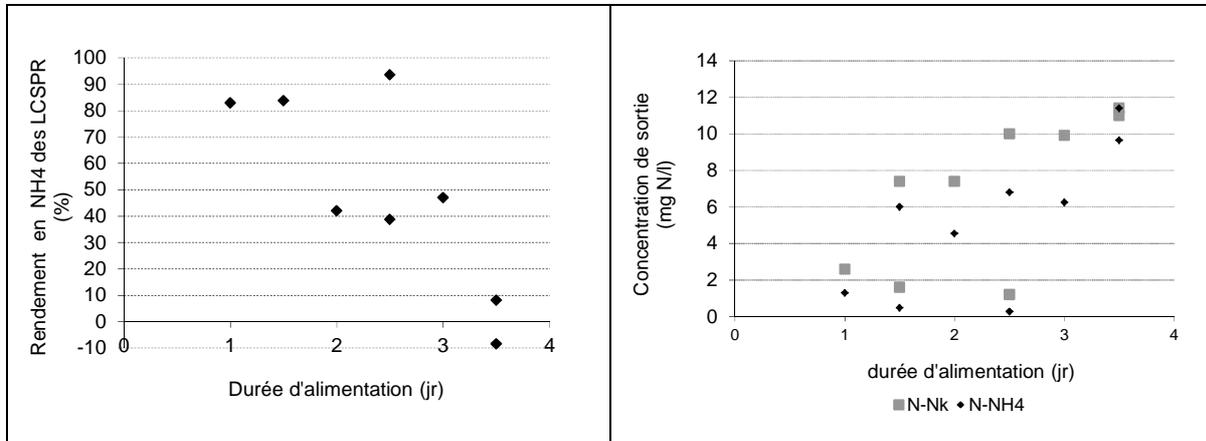


Figure 17 Effet des durées d'alimentation sur les performances en N-NH₄ des LCSPR (23, 24/03/2011 et du 14 au 21/03/2012, sur Montségur sur Lauzon)

Sur l'exemple de la station de Montségur sur Lauzon, une chute importante des rendements est mesurée avec le nombre de jour d'alimentation du lit en fonctionnement (Figure 17). En fin de période d'alimentation, les rendements en N-NH₄ sont inférieurs à 10%, et des cas de relargages d'azote sont même observés. Aussi, alors que les niveaux de NK sont inférieurs à 4 mg NK /l le 1^{er} jour d'alimentation, ils dépassent le seuil de 10 mg NK /l au cours de la période d'alimentation, malgré une filtration efficace du particulaire. Cette chute de performance est liée à la diminution du **taux d'oxygène** dans les boues des lits au cours de l'alimentation (*voir suivi au chapitre 6.2*). Le traitement aérobie, et en particulier la nitrification, est sensible au taux d'**oxygénation** dans les lits.

La **charge hydraulique** reçue et le **ratio des durées d'alimentation / repos** gouvernent l'évolution de l'oxygène des lits durant la phase d'alimentation. La **charge hydraulique** appliquée sur l'exemple de Montségur (de l'ordre de 0.8 m /j) est proche de la **capacité d'infiltration** des lits (*estimée à 0.9 m/j au chapitre 6.1*), expliquant une chute rapide de l'oxygène dans les boues.

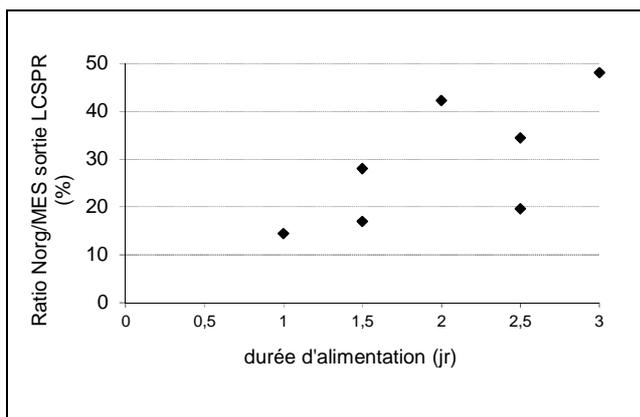


Figure 18 Effet des durées d'alimentation sur le rapport Norg / MES en sortie des LCSPR (23, 24/03/2011 et du 14 au 21/03/2012, sur Montségur sur Lauzon)

NOTA : Dans des conditions défavorables à la nitrification, le relargage de NH₄ est vraisemblablement accompagné d'un relargage d'**azote organique dissous**. Il provient de la matière organique particulaire hydrolysée dans les lits qui n'est pas oxydée. L'étude du rapport Norg / MES renseigne sur la fraction dissoute de l'azote organique. La grande majorité de l'azote organique est sous forme particulaire, et ce rapport est stable, autour de 6 à 8 %, en sortie de DB. En sortie de LCSPR, il est plus élevé et augmente (de 10 à 50 %) avec le nombre de jours d'alimentation, ce qui illustre l'existence d'un relargage d'azote organique dissous.

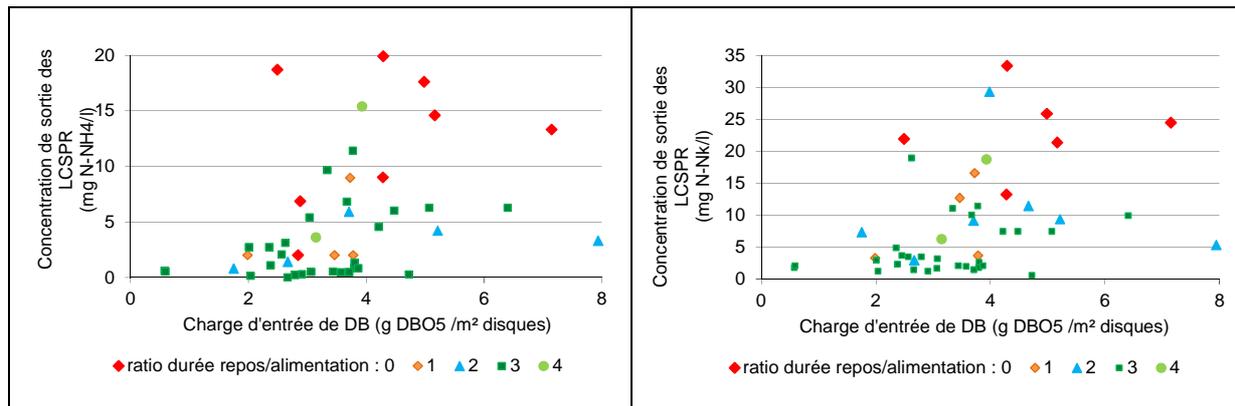


Figure 19 Effet du cycle d'alimentation/repos sur les concentrations en N-NH₄ de sortie des LCSPR

De même, des relargages importants de NH₄ (-35 et -103%) sont mesurés sur les lits de la station d'Authon du Perches, après 5 jours d'alimentation (les 18/11/2010 et 07/07/2011). Les conditions de charges de cette station sont de l'ordre de 0.4-0.8 m /j. La durée de repos des lits de cette station est égale à deux fois celle d'alimentation (14 jours pour 7 jours).

Enfin, l'importance des périodes de repos est clairement illustrée par le cas de la station de Villesequelande dont les lits sont alimentés en continu. Cette station comporte les concentrations de sortie en NH₄ les plus élevées (Figure 19).

Par ailleurs, lors du bilan réalisé sur Pouzolles le 14/04/2011 (voir chapitre sur les performances globales de la filière), un lessivage des lits explique un important relargage d'azote réduit dissous ainsi qu'une filtration moins efficace. Il explique une concentration de sortie de filière élevée (17 mg Nk /l), malgré une concentration de sortie de DB de 2 mg N-NH₄/l. Cet exemple permet de se rendre compte de l'importance de la maîtrise des charges hydrauliques sur les lits pour garantir des niveaux de traitement poussés de nitrification sur l'ensemble de la filière.

Aussi, la filière ne peut compter sur un traitement complémentaire fiable de l'azote par les LCSPR, sans une maîtrise des charges hydrauliques appliquées et de la rotation de l'alimentation :

La nitrification de l'azote réduit par les LCSPR a lieu en grande partie lors de la mise au repos des lits et les premiers jours d'alimentation, d'où l'importance du respect de l'alternance des phases d'alimentation et de repos.

De même, pour assurer le maintien d'une bonne oxygénation des boues durant toute la durée de l'alimentation et ainsi une nitrification suffisante pour le respect d'un seuil de 10 mg Nk /l, plusieurs conditions sont nécessaires :

- *Les charges hydrauliques appliquées doivent être suffisamment inférieures à la capacité d'infiltration des boues, pour un ressuyage correct des boues. Le bon dimensionnement hydraulique des lits est ainsi essentiel. Il doit mettre en regard les capacités d'infiltration des boues et les charges hydrauliques de la station. Le choix de la filière devra notamment être guidé par une étude des débits de temps de pluie, afin de s'assurer que le dimensionnement permet de respecter les charges hydrauliques préconisées. Par ailleurs, l'augmentation du nombre de lits alimentés simultanément ne doit pas être une solution pour limiter la charge hydraulique surfacique, car cette manœuvre a pour effet de raccourcir la durée de repos et met en péril l'oxygénation des lits et ainsi la nitrification et la minéralisation des boues.*
- *La durée d'alimentation ne doit pas être trop longue au regard de celle de repos. L'étude montre qu'une durée de repos de 3 fois la durée d'alimentation permet une dynamique efficace de réoxygénation des boues, et au regard du retour d'expérience de l'Irstea sur les LSPR, cette durée semble sécuritaire. Toutefois, le jeu de données de cette étude ne permet pas d'évaluer si une durée de repos de 2 fois la durée d'alimentation pourrait suffire et des mesures complémentaires sont nécessaires pour tester cette hypothèse.*

Ainsi, lorsqu'un seuil de rejet de 10 mg NK /l est visé, l'étude préconise un dimensionnement hydraulique maximum de 0.7 m /j sur les lits alimentés, une durée d'alimentation des boues de 3.5 jours, suivie d'une mise au repos de 3 fois la durée d'alimentation.

5.3.4.2 Concentrations d'entrée et stabilité des concentrations en sortie

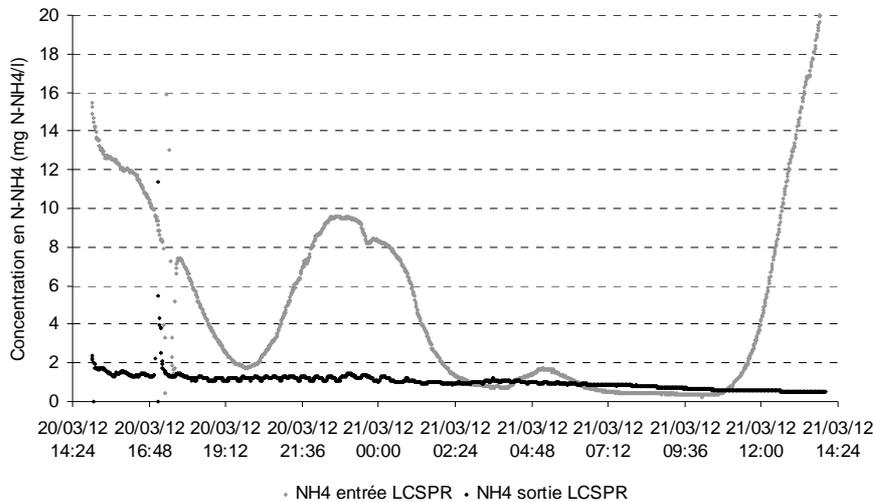


Figure 20 Suivi en continu sur 24h des concentrations en N-NH₄ en entrée et sortie des LCSPR, mars 2012

Un **suivi en continu** sur une période de 24h des concentrations en ammonium d'entrée et de sortie de LCSPR, sur un lit alimenté depuis **2.5 jours**, montre l'efficacité et la stabilité du traitement, sous réserve de bonnes conditions d'oxygénation des lits (exemple de Montségur, Figure 20).

Les pointes de concentrations en sortie de DB peuvent être tamponnées par les lits, lorsque l'oxygénation des lits est correcte.

5.3.4.3 Charges hydrauliques

Dans les conditions de charges étudiées, jusqu'à 2.5 m sur lit alimenté /j, les performances de traitement de l'azote réduit dissous par les LCSPR ne sont pas impactées par la charge hydraulique.

Toutefois, notons le cas d'un lessivage des lits consécutif à une forte surcharge hydraulique d'une semaine sur la station de Pouzolles (voir chapitre sur les performances de la filière). Un important relargage de NH₄ est mesuré. Ce retour d'expérience nous rappelle qu'il est primordial que les lits soient protégés contre des surcharges hydrauliques prolongées (dimensionnement, déversoirs, by pass).

6 Suivi poussé du fonctionnement des lits sur la station de Montségur sur Lauzon

6.1 Etude de l'hydrodynamique des lits

Nous rappelons que les analyses de dynamique d'infiltration de cette étude sont valables pour les hauteurs de boues au moment du suivi, soit environ **25 cm** en novembre 2010, et **40 cm** en mars 2012. Pour cela plusieurs sondes ultra son (US) ont permis de mesurer les variations de hauteur d'eau sur les lits et donc les vitesses d'infiltration (Figure 21, Figure 22, Figure 23).

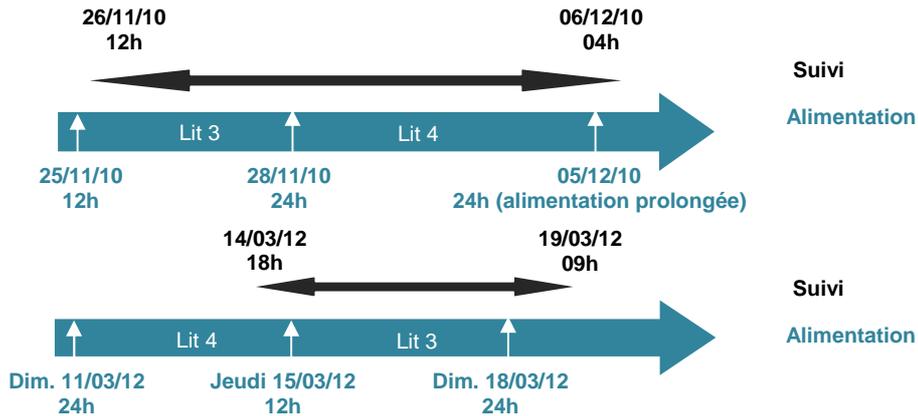


Figure 21 Rotation de l'alimentation des LCSPR entre le 8 et 22 mars 2012 sur Montségur sur Lauzon

Hauteurs d'eau

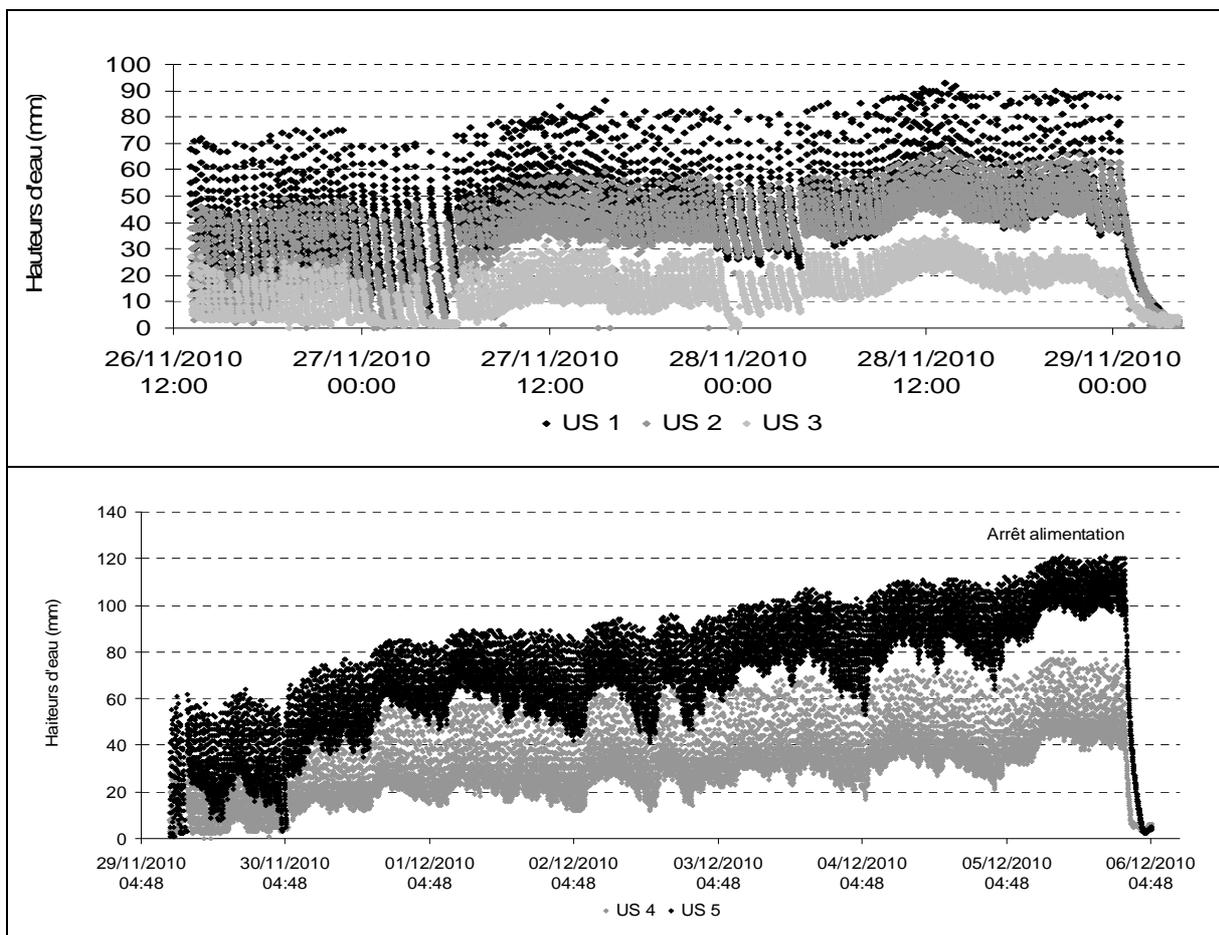


Figure 22 Mesures d'hauteurs d'eau sur les lits, novembre 2010

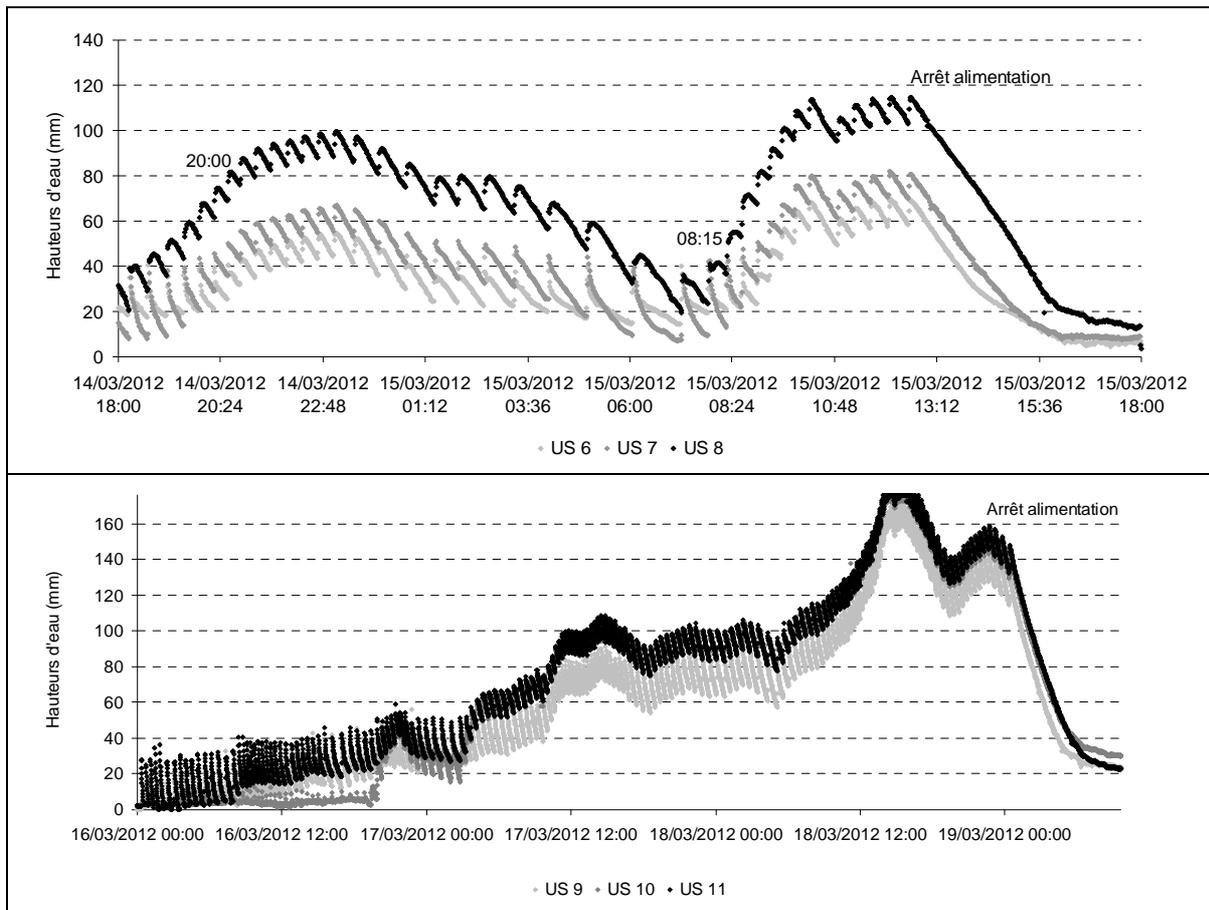


Figure 23 Mesures d'hauteurs d'eau sur les lits, mars 2012

Le suivi des hauteurs d'eau en novembre 2010 et en mars 2012 met en évidence la présence de **lames d'eau** par temps sec en surface des lits de la station (Figure 22 et Figure 23). Le volume d'eau sur les lits augmente sur la durée du cycle d'alimentation. Les vitesses d'infiltration sont insuffisantes pour une percolation de la totalité des volumes reçus à chaque bûchée. La pluie accentue ce phénomène les 18 et 19 mars 2012.

Vitesses d'infiltration et charges hydrauliques reçues

Vitesses d'infiltration

Les vitesses d'infiltrations sont stables sur toute la durée d'alimentation des lits. Par ailleurs, les vitesses sont plus élevées en novembre 2010. L'augmentation des **hauteurs de boues** de 25 à 40 cm, entre novembre 2010 et mars 2012, explique en partie cette variation. Un second facteur est la variation saisonnière des vitesses : les vitesses sont plus faibles en sortie d'hiver (mars), du fait d'une plus forte accumulation de boues moins minéralisées et plus colmatantes en l'absence des roseaux :

- En novembre 2010, les vitesses sont en moyennes de **$20 - 25 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$** , avec un écart type de $8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.
- En mars 2012, elles sont en moyenne de **$10 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$** (écart type de $4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$). Les vitesses augmentent légèrement avec la fréquence des bûchées, pour atteindre environ **$15 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$** , lors des pointes de débit journalières, et par temps de pluie.

Aussi, les **capacités d'infiltration** des lits de Montségur permettent d'accepter en moyenne de **$1.73 - 2.16 \text{ m/j}$** en novembre 2010 et de **0.86 m/j** en mars 2012.

Charges Reçues et charges nominales

La capacité d'infiltration des lits de Montségur ne permet pas d'accepter durant toute l'année la totalité des volumes journaliers de temps sec, **entre 0.6 et 0.9 m /j**. A plus forte raison, la charge nominale hydraulique de la station dépasse ses capacités d'infiltration une partie de l'année (dimensionnement à 0.6 m² /EH, soit 0.25 m /j sur l'ensemble des lits ou 1 m /j sur le lit en alimentation, pour une rotation sur 4 lits).

De même, les charges surfaciques reçues sur les lits en alimentation des différentes stations, sont pour certaines supérieures à une capacité d'infiltration de 1 m /j, estimée à partir des mesures réalisées sur Montségur. Le Tableau 19 synthétise les données de **charges hydrauliques reçues** et les charges nominales des stations.

Commune	Surface unitaire de traitement à charge nominale (m ² /EH)	Ratio surface alimentée / surface totale lits	Charge hydraulique reçue par les lits en fonctionnement par temps sec moyenne (min-max) (m/j)	Ratio surfacique hydraulique nominal sur lits en fonctionnement (m/j)
Villesequelande	0,27	1	0.45 (0.4-0.6)	0,6
Barbières	0,60	1/2	0.30 (0.25-0.35)	0,5
Montségur sur Lauzon	0,60	1/4	0.85 (0.6 – 1.6)	1,0
Authon du Perches	0,50	1/3	0.40	0,9
Berchères sur Vesgre	0,59	1/3	0.32 (0.2-0.4)	0,8
Broué	0,42	1/5	0.80 (0.7 – 1.1)	1,8
Roinville sous Auneau	0,90	1/3	0.30 (0.3 – 0.3)*	0,5
Nizas	0,60	1	0.20 (0.1-0.3)	0,3
Pouzolles	0,37	1/2	0.45 (0.3 – 0.5)	0,8
Climbach	0,46	1/4	1.10 (0.7 – 1.4)	1,8
Saint Bourg	0,44	1/4	0.95 (0.6 – 1.3)	1,8

*Pluie 5 mm

Tableau 19 Charges hydrauliques moyennes reçues et nominales par les LCSPR de chaque station

Sur le plan hydraulique, les charges reçues par temps sec sur les stations de Montségur sur Lauzon, Climbach, Saint Bourg et Broué, approchent de la capacité d'infiltration des boues estimée à environ 1 m /j. A plus forte raison, les charges par temps de pluie dépassent les capacités d'infiltration des stations. Le **ressuyage** des boues est lent et parfois incomplet, avec l'apparition de **flaquage** (notamment observé sur les stations de Montségur et Saint Bourg).

Impact sur les performances de traitement en azote

Le **mauvais ressuyage** des boues, accélère la chute du **taux d'oxygène** durant la période d'alimentation (voir le chapitre 6.2 sur la dynamique d'oxygénation des boues) et impacte les **performances** de traitement de **l'azote**.

*Une charge journalière maximale d'environ **0.7 m /j** (ordre de grandeur des capacités d'infiltration des boues de 50 cm de hauteur), autorise un ressuyage correct des boues. Pour respecter ce critère, le **dimensionnement hydraulique des lits** doit être adapté au mieux aux charges appliquées sur la station par une bonne évaluation et une prise en compte de la pollution raccordée.*

Impact sur la qualité des boues

Concernant la fonction de **séchage et de minéralisation** des boues, assurée lors de la **mise au repos des lits**, la période de repos doit être suffisante au regard de celle d'alimentation pour le ressuyage, la réoxygénation et la minéralisation des boues. Ci-après, un suivi des taux d'oxygène et de la qualité des boues, permet de discuter des performances de minéralisation.

6.2 Dynamique d'oxygénation des boues

Le taux d'oxygène des boues a été suivi entre le 14 et 21 mars 2012 afin de mieux connaître les dynamiques d'oxygénation durant les phases d'alimentation et de mise au repos des lits.

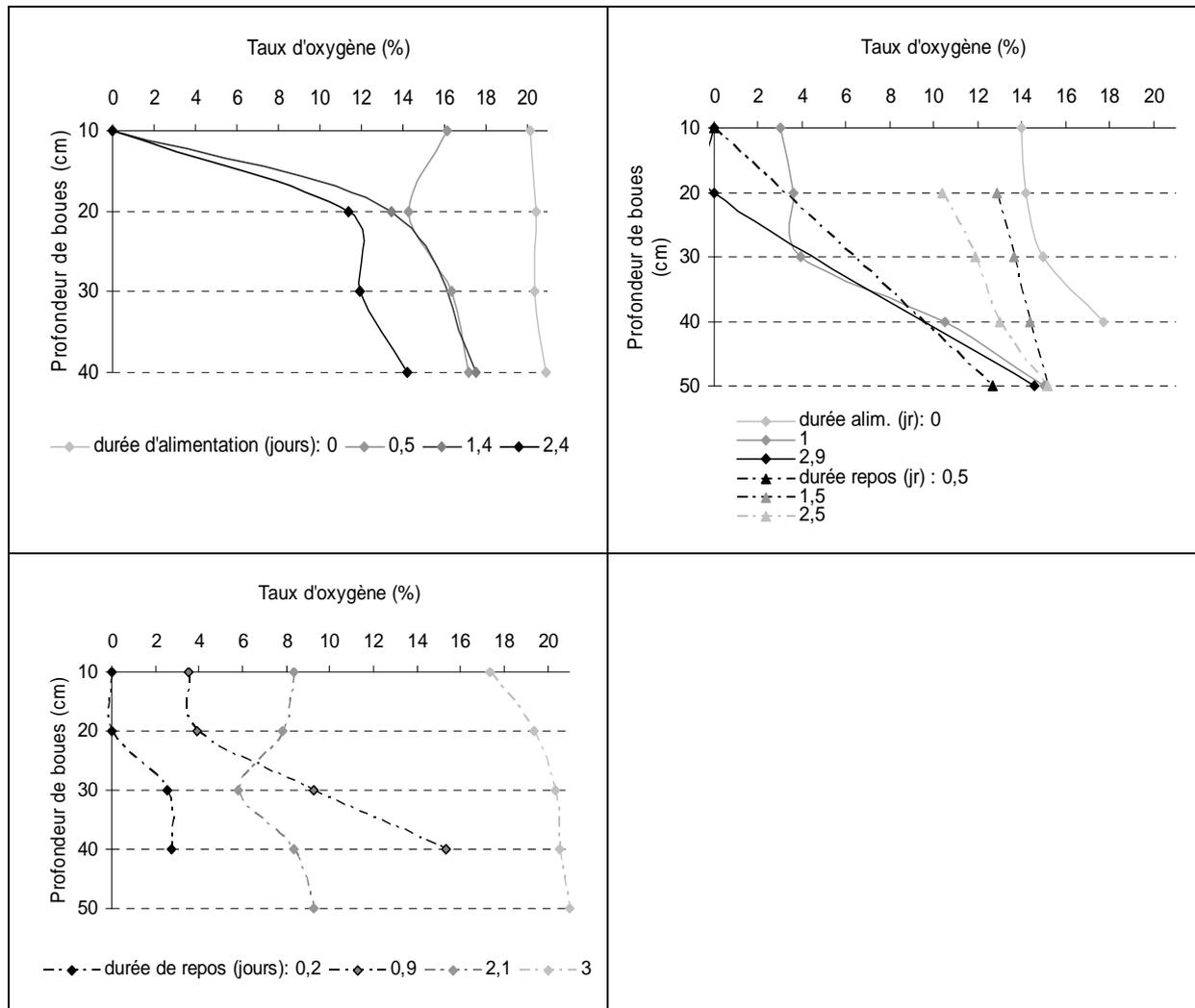


Figure 24 Evolution du taux d'oxygène des boues de LCSPPR durant les phases d'alimentation et de repos des lits, à différentes profondeurs de boues (haut : gauche lit 2, droite lit 3; bas : lit 4)

Enjeu de traitement aérobique du dissous

Sur les 10 premiers centimètres de la surface des boues, le taux d'oxygène est quasi nul dès le premier jour d'alimentation (Figure 24). Cette chute rapide de l'oxygène s'explique par un ressuyage lent (voir chapitre 6.1 sur l'hydrodynamique) des boues et le maintien d'une lame d'eau en surface des lits. Cela explique les chutes rapides de nitrification avec le nombre de jour d'alimentation (Figure 17).

Enjeu de structuration des boues et infiltration

Le flaquage et la chute d'oxygène durant la phase d'alimentation n'ont pas d'effets négatifs directs sur les performances d'infiltration des lits. Toutefois, la durée de repos doit être suffisante au regard de celle d'alimentation pour permettre la réoxygénation et la minéralisation des boues stockées. La minéralisation des boues leur confère la structure nécessaire à une infiltration efficace.

Le taux d'oxygène diminue progressivement sur toute la hauteur des boues depuis la surface vers le fond, durant l'alimentation, malgré l'oxygénation réalisée par le bas, par les drains d'aérations des lits. Au 3^e jour d'alimentation, le taux d'O₂ approche de **3 à 10 %**, sur les 20 cm au-dessus de l'interface des boues avec le filtre (Figure 24).

Dès la 1^{ère} journée de repos, le taux d'oxygène remonte à 12 - 14% à l'interface entre la couche de boues et le massif filtrant. Le front d'oxygénation se déplace depuis cette interface vers la surface des boues et l'ensemble de la couche de boues est réoxygénée dès le troisième jour de repos sur Montségur (lit 4).

Dans les conditions moyennes de charges de Montségur de 130 g DBO₅ /j /m² de lit en alimentation (300 g MES /j /m²) et 0.9 m³ /j /m² de lits alimentés, la **réoxygénation** des boues requiert une durée de **repos** au minimum égale à la **durée d'alimentation** des lits (de 3.5 jours).

Une **période supplémentaire de repos** est nécessaire pour assurer le **séchage** puis une **minéralisation** optimum des boues.

La question est alors de savoir si les durées de repos opérées, sont suffisantes pour une bonne minéralisation des boues.

6.3 Minéralisation et qualité agronomique des boues

Séchage et Minéralisation des boues

Des analyses du taux de matière sèche et de matières volatiles des boues ont été réalisées sur la station de Montségur sur Lauzon. Elles apportent des indications sur l'état d'avancement du séchage et de la minéralisation des boues (Tableau 20).

		Durée d'alimentation/repos	MS (% MB échantillon)	M.V (% MS)
20/03/2012	lit 2	2 jours d'alimentation	20,7	60,6
	lit 3	2 jours de repos	23,4	63,1
	lit 4	5.5 jours de repos	28,5	60,1
	lit 1	8.5 jours de repos	31,2	52,1
5/12/07			28,5	54,2
26/8/09			39,4	60,7
			33,1	61,4

Tableau 20 Qualité des boues de la station de Montségur sur Lauzon

Sur la station de Montségur, la siccité (20-30 % MS) et la minéralisation (60-50 % MV) des boues sont bonnes toute l'année, y compris en fin d'hiver, début de printemps lorsque les conditions sont les plus défavorables : ressuyage plus lent de l'eau en l'absence des roseaux et évapotranspiration réduite.

Le taux de matière sèche et la fraction minérale des boues augmentent considérablement durant la mise au repos des lits (augmentation de 10 % entre le début et la fin de période de repos).

La gestion de l'alternance entre les phases de repos et d'alimentation est primordiale pour un bon séchage et donc une minéralisation efficace des boues (Tableau 21).

Commune	Alimentation / repos	Charge		Date mesure	MS
		moyenne reçue (tps sec)	Hydraulique moyenne reçue (tps sec)		
	jours /jours	g MES /j /m ² lits en fonctionnement	m/j sur lit en fonctionnement		% MB échantillon
Nizas	continu	30	0.1	5/5/11	6,6
				5/5/11	14,4
Pouzolles	7/7	208	0.9	14/4/11	12,1
				14/4/11	13,8
				14/4/11	6,6
				14/4/11	4,9
				29/9/11	13,5
				29/9/11	8,5
				21/6/12	9,4
Climbach	7/21	130	0.9	14/4/11	34,5
Montségur sur Lauzon	3,5/10,5	280	0.9	5/12/07	28,5
				26/8/09	39,4
				26/8/09	33,1
				20/3/12	31,2
				20/3/12	20,7
				20/3/12	23,4
				20/3/12	28,5

Tableau 21 Siccités des boues, ratios des durées d'alimentation/repos, charges reçues et saisonnalité

Sur les stations de Nizas et Pouzolles, une **alimentation continue** des lits ou une **durée de mise au repos égale à celle d'alimentation** (d'une semaine), ne permettent pas une minéralisation efficace des boues : les siccités sont inférieures à **15 %** toute l'année (Tableau 21). Les faibles charges appliquées sur la station de Nizas, ne suffisent pas à compenser l'absence de phases de repos.

Sur les stations de Climbach et Montségur, les siccités sont élevées et comparables entre elles : autour de 25 – 35 % (Tableau 21). Elles présentent toutes les deux une **durée de repos trois fois égale à celle d'alimentation** des lits, bien que leurs durées respectives de repos et d'alimentation soient différentes. La charge annuelle en MES reçue de ces deux stations est inférieure à 30 kg /m² /an. Le jeu de données est toutefois trop limité pour conclure à une efficacité équivalente des alternances de type 3.5 /10.5 et 7 /21 jours. Des mesures supplémentaires permettraient d'étudier plus en avant l'influence de différents cycles d'alternance repos/alimentation sur la qualité des boues.

A titre de comparaison, des mesures réalisées sur des LSPR traitant des boues activées montrent que la boue est stabilisée après un mois de repos pour une charge apportée de 30 kg MS /m² /an (Vincent, 2012⁴).

⁴ J. Vincent, (2011), *Les lits de séchage de boue plantés de roseaux pour le traitement des boues activées et les matières de vidange : adapter la stratégie de gestion pour optimiser les performances*, 251 p

Qualité agronomique des boues

Les teneurs en valeur nutritive et des métaux des boues analysées sur la station de Montségur sur Lauzon correspondent à des valeurs classiques de ce type de systèmes de stockage et séchage de boues (Tableau 22).

La valeur agronomique est relativement faible. Les teneurs en métaux les plus fortes sont celles du Cu et du Zn, bien qu'elles ne dépassent pas les teneurs limites de l'arrêté du 01/01/1998.

	Pt (P en %MS)	Nk (N en %MS)	C/N	pH	B (mg/kgMS)	Fe (mg/kgMS)	Mg tot (g MgO /kgMS)
Mesures sur les 4 lits	2	2,7	19,3	6,9	34,1	5280	3,7
	2	3,4	17,8	7	29,5	4762	3,3
	2,2	3,4	18,6	7,2	30,6	4302	3,3
	2,1	3,1	19,4	7	29,7	4779	3,3
MOYENNE	2,1	3,2	18,8	7,0	31,0	4780,8	3,4
ECART TYPE	0,1	0,3	0,7	0,1	2,1	399,5	0,2
MAX	2,2	3,4	19,4	7,2	34,1	5280	3,7
MIN	2	2,7	17,8	6,9	29,5	4302	3,3

	Mn (mg/kg MS)	Co (mg /kg MS)	Cu (mg /kg MS)	Mo (mg /kg MS)	K tot (g K2O /kgMS)	Zn (mg /kg MS)	Ca tot (g CaO /kgMS)
Teneurs limites réglementaires ETM			1000			3000	
Mesures sur les 4 lits	136	3,6	792	3,9	2,8	965	79,4
	119,9	3,4	834,3	3,9	2,3	1005,7	73,9
	124,6	3,1	769,7	3,9	2,3	938,7	71,5
	118,5	3,1	776,1	3,6	2,4	912,8	75
MOYENNE	124,8	3,3	793,0	3,8	2,5	955,6	75,0
ECART TYPE	7,9	0,2	29,1	0,15	0,2	39,6	3,3
MAX	136	3,6	834,3	3,9	2,8	1005,7	79,4
MIN	118,5	3,1	769,7	3,6	2,3	912,8	71,5

Tableau 22 Paramètres de qualité agronomique des boues, Montségur sur Lauzon, 20/03/2012

6.4 Vitesse d'accumulation des boues

Les vitesses d'accumulation des boues sont calculées à partir des mesures de hauteurs de 12 campagnes, réalisées sur 4 stations (Tableau 23).

Commune	Charge moyenne lits station (tps sec)	Charge moyenne lit alimenté (tps sec)	Alimentation / repos	Date mesures	Hauteur boues	Durée en service (depuis dernier curage)	Vitesse accumulation moyenne
	<i>g MES /j/m² total de lits</i>	<i>g MES /j /m² lits en fonctionnement</i>	<i>jours /jours</i>		<i>cm</i>	<i>an</i>	<i>cm/an</i>
Nizas	30	30	continu	5/5/11	13	3,6	3,6
				5/5/11	7	3,6	2,0
				Moyenne (Ecart Type)		2.8 (1,2)	
Climbach	32	130	7/21	14/4/11	9	3,5	2,7
Pouzolles	104	208	7/7	14/4/11	10	2,7	3,7
				14/4/11	10	2,7	3,7
				14/4/11	13	2,7	4,8
				14/4/11	13	2,7	4,8
				21/6/12	11	3,9	2,8
				Moyenne (Ecart Type)		4.0 (0.8)	
		[min ; max]		[2.8 ; 4.8]			
Montségur sur Lauzon	70	280	3,5/10,5	5/12/07	21	3,4	6,1
				5/12/07	15	3,4	4,4
				5/12/07	20	3,4	5,9
				5/12/07	14	3,4	4,1
				26/8/09	18	5,2	3,5
				26/8/09	19	5,2	3,7
				26/11/10	26	6,4	4,0
				26/11/10	25	6,4	3,9
				26/11/10	24	6,4	3,7
				22/3/11	33	6,8	4,9
				20/3/12	43	7,8	5,5
				20/3/12	39	7,8	5,1
				20/3/12	31	7,8	4,0
Moyenne (Ecart Type)		4.5 (0.9)					
		[min ; max]		[3.5 ; 6.1]			
Moyenne Globale				Moyenne (Ecart Type)		4.1 (1)	

Tableau 23 Vitesses d'accumulation des boues de LCSPR

Les vitesses d'accumulation des boues de LCSPR sont relativement homogènes sur les stations suivies : elles sont en moyenne de **4 cm /an**.

Les **charges reçues** sur les lits expliquent les différences de vitesses d'accumulation entre les stations de Nizas et Climbach d'une part et de Montségur et Pouzolles d'autre part. Les vitesses mesurées sont de l'ordre de 2.5 - 3 cm /an pour une charge appliquée de l'ordre de 30 g MES /j/ m² de surface totale de lits, et de 4 - 4.5 cm /an pour une charge de 70 – 100 g MES /j /m² total de lits.

7 La consommation énergétique

La consommation énergétique moyenne de cette filière est de **25 000 kWh /an** pour une capacité de **1000 EH** (moyenne sur 40 mesures, sur les 11 stations. Ecart type (ET) de 4500).

Les moteurs qui assurent la rotation des DB fonctionnent en continu, indépendamment du taux de charge, ce qui explique que la consommation par unité de charge organique éliminée, ou par unité de volume d'effluent traité, augmente avec la diminution du taux de charge.

Dans les conditions de charge des stations de l'étude, la consommation moyenne est de **2.9 kWh /kg DBO₅ éliminé** (moyenne sur 26 mesures⁵, ET : 1.3. Pour un taux de charge organique moyen de 45%, ET 17%) et de **0.9 kWh /m³ d'eau traité** (moyenne sur les 40 mesures. ET : 0.36. Pour un taux de charge hydraulique moyen de 72 %, ET : 32%) (Figure 25).

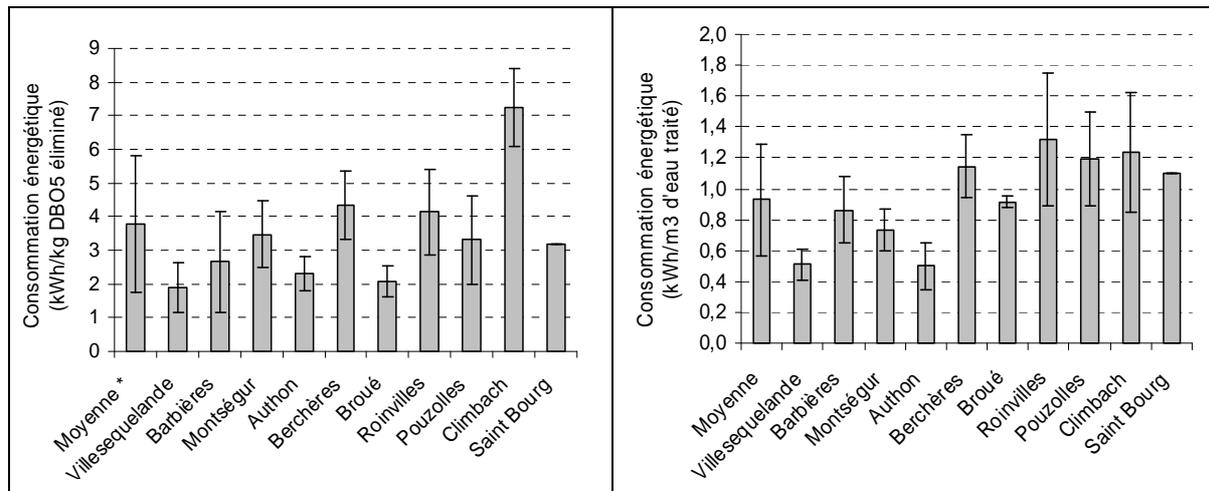


Figure 25 Consommations électriques de la filière

A titre de comparaison, la consommation énergétique de la **filière classique de DB est du même ordre**, entre 18 et 30 kWh /EH /an d'après le retour d'expérience du SATESE de Tarn et Garonne sur 4 stations et entre 19 et 25 kWh /EH /an d'après le retour d'expérience du SATESE d'Indre et Loire sur 5 stations. La consommation de la filière classique de DB varie entre 2,7 et 4,3 KW /kg DBO₅, pour des taux de charge entre 60 et 20 %, sur les stations suivies par le SATESE de Tarn et Garonne.

La consommation d'une station à **boue activée** à aération prolongée de capacité équivalente est estimée à 35 700 kWh /an / 1000 EH⁶. Enfin, selon le retour d'expérience de la région PACA, la consommation maximale d'un **FPR** avec deux postes de relèvement est de 5 300 kWh /an /1000 EH⁷.

Les **coûts** de consommation électrique de la station de Montségur sur Lauzon (1000 EH) nous donnent un ordre de grandeur des coûts énergétiques de la filière, dans les conditions de charge hydraulique de la station (55 % en moyenne, écart type 9 %). Ils s'élèvent à 3 000 euros TTC/an, soit **3 euros TTC /EH /an** (données transmises par M. le maire, mars 2012).

⁵ Hors charge hydraulique élevée sur Climbach

⁶ Document FNDAE n° 22, Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, Cemagref EDITIONS, CSTB, 96 p, (1998).

⁷ ARPE, 2012, « Les filtres plantés de roseaux en PACA, Dossier Technique de l'ARPE »

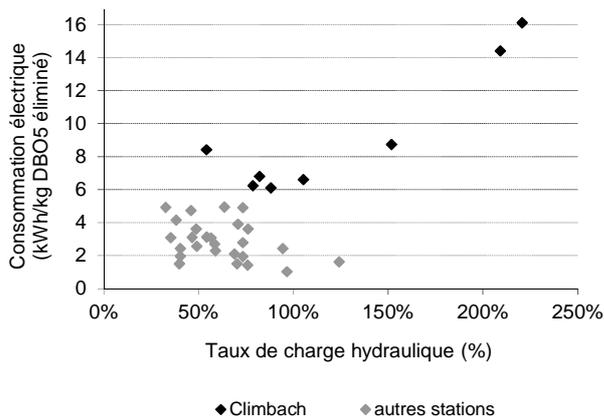


Figure 26 Consommation électrique et charge hydraulique

Enfin, la consommation énergétique exprimée par unité de charge organique éliminée permet d'étudier l'augmentation de la consommation avec la charge hydraulique appliquée. Sur l'exemple de la station de Climbach, on observe que la consommation énergétique augmente considérablement pour des charges supérieures à la charge hydraulique nominale, pour atteindre 16 kWh /kg DBO₅ autour de 250 %. Aussi, Climbach présente une consommation moyenne par temps sec autour de 60 000 kWh /an, liée aux fortes charges hydrauliques surfaciques reçues. Les fortes consommations liées aux charges hydrauliques sont un phénomène général qui ne doit pas être attribué à la filière.

8 Les modalités d'exploitation

Les modalités d'exploitation de la filière présentées ci-après s'appuient sur le retour d'expérience de l'exploitant de la station de Montségur sur Lauzon (entretien du 15/03/2012).

Elles ne doivent en rien se substituer aux préconisations du constructeur.

Fréquence (durée)	Poste	Tache d'exploitation
1 fois / semaine	Rejet de tamis	Evacuation d'une poubelle de déchets
1 fois / semaine	Canal de sortie	Nettoyage
1 fois / semaine (10 min) *	LCSPR	Manipulation des vannes
1 fois / semaine (10 min)	Compteurs	Relevés des compteurs : compteur électrique ; durée de fonctionnement tamis, pompes et DB
1 fois / mois (20 min)	DB	Graisser les axes de DB
2 fois / an	Tamis et DB	Contrôle niveau huile pompe/moteur, vidange éventuelle
2 fois / an	DB	Changement graisseur
2 fois / an (1/2 jr)	Abords DB	Désherbage
1 à 3 fois / an (1 jr)	Enceinte station	Fauchage herbe
2 fois / an	Dessableur	Curage
Stockage sur 5 à 10 ans Curage selon plan d'épandage	LCSPR	Curage des boues des LCSPR

*Croisée avec une rotation automatique 1 fois /semaine : pour une rotation tous les 3.5 jours.

Tableau 24 Modalités et fréquences d'exploitation de la STEU de Montségur sur Lauzon

Le **temps de travail** requis pour l'exploitation de cette filière est comparable à celui de la filière FPR classique à 2 étages verticaux. Les différentes tâches n'exigent pas un niveau particulier de technicité.

Toutefois, le respect des fréquences de rotation du lit en alimentation est **primordial** pour la qualité du traitement. Notamment, en cas **d'objectif de nitrification** (niveau de rejet imposé sur l'azote réduit : Nk ou NH₄), il est particulièrement important de veiller à une rotation tous les **3.5 jours**. Les manipulations d'ouverture / fermeture des vannes d'alimentation des lits peuvent être toutes ou en partie automatisées. Il est également possible d'effectuer ces opérations manuellement, tous les 3.5 jours, mais cela impose un passage de l'exploitant 2 fois par semaine.

Le **graissage manuel** des axes est conseillé, suite à plusieurs retours négatifs sur le graissage automatique (SATESE 37 et 26 notamment).

Le **cahier de bord** (cahier de vie) de la station est rempli toutes les semaines.

CONCLUSIONS

Dans les conditions de charges étudiées (de 2 à 8.5 g DBO₅/m² DB /j, 4 en moyenne), les rendements en pollution carbonée (DBO₅ et DCO) de la filière sont supérieurs à 85 % en DCO, et 90 % en DBO₅. Les concentrations de sortie de filière sont inférieures à 90 mg DCO /l et 25 mg DBO₅ /l. La majorité des rendements sont > 90 % en DCO. Les plus faibles rendements mesurés (85 à 90 %) trouvent plusieurs origines :

- de faibles charges reçues par les lits diminuent l'efficacité de filtration de la fraction particulaire.
- les performances de dégradation de la fraction dissoute par les DB diminuent avec l'augmentation de la charge reçue. Les rendements en DCO de la filière sont de 90 – 95 % en DCO jusqu'à 7 g DBO₅ /m² DB /j et avoisinent les 85 % autour de 8 g DBO₅ /m² DB /j. En dessous de 7 g DBO₅ /m² DB /j, les DB assurent un abattement stable d'environ 70 % de la DCO.
- une alimentation en continue des lits dégrade la qualité du traitement carboné de la filière. La mise au repos des lits est nécessaire.

L'abattement de la pollution particulaire par filtration sur les LCSPR est efficace. Les concentrations résiduelles sont inférieures à 30 mg MES /l. Elles sont inférieures à 25 mg /l pour des charges appliquées supérieures à 150 g MES /m² lit en alimentation /j. La charge augmente les performances de filtration en améliorant la distribution des boues en surface.

Par ailleurs, la filière peut permettre de respecter un seuil de 10 mg NK /l, lorsqu'un objectif de nitrification est visé, sous réserve :

- d'une charge inférieure à 4 g DBO₅/m² DB /j,
- et d'une maîtrise de l'oxygénation des lits, pour éviter un relargage de NH₄ et d'azote organique dissous et garantir une nitrification complémentaire des LCSPR. Pour cela, un dimensionnement hydraulique maximum de 0.7 m/j sur les lits en fonctionnement, une mise au repos de 3 fois la durée d'alimentation et une durée d'alimentation de 3.5 jours, sont préconisés.

Une bonne connaissance des charges réellement reçues par la station par temps sec est nécessaire aux calculs de dimensionnement afin de respecter les charges hydrauliques préconisées (< 0.7 m/j).

Au regard des résultats de l'étude et de l'expérience de l'Iristea sur les LSPR, une durée de repos de 3 fois la durée d'alimentation est sécuritaire. Le jeu de données ne permet pas d'affirmer si une durée de repos 2 fois égale à celle d'alimentation pourrait suffire à assurer une réoxygénation efficace. Des mesures complémentaires seraient nécessaires pour étudier cette hypothèse.

Une charge entre 4 et 6 g DBO₅ /m² DB /j pourrait éventuellement permettre de respecter un niveau de sortie de 10 mg Nk /l, sous réserve d'une maîtrise du traitement complémentaire des LCSPR et donc d'un dimensionnement hydraulique suffisant et du respect strict des règles de gestion des lits.

Dans de bonnes conditions d'exploitation, cette filière assure un stockage de longue durée et une minéralisation efficace des boues, qui en facilitent la gestion. Une période de repos de 3 fois celle d'alimentation assure la bonne minéralisation des boues. Dans ces conditions, leur taux de matière sèche atteint 25-30 %. Ces siccités optimisent les capacités d'infiltration des LCSPR et sont compatibles avec un épandage agricole, voie d'élimination la plus économique. Là encore, le jeu de données ne permet pas d'affirmer si une durée de 2 fois celle d'alimentation serait suffisante.

Les vitesses d'accumulation des boues varient entre 3 et 5 cm /an pour des charges entre 30 et 100 g MES /j /m² de surface totale de LCSPR. L'estimation de la fréquence de curage des lits est de 5 à 10 ans.

L'exploitation de la filière ne nécessite pas de technicité particulière, et le temps requis est comparable à celui de la filière FPR à 2 étages.

Les coûts énergétiques de la filière sont en moyenne de 25 000 kWh /an pour une capacité de 1000 EH, soit de 0.9 kWh / m³ d'eau traité, et 3 kWh/ kg DBO₅ éliminé, dans les conditions de charge des stations étudiées.

L'emprise au sol des ouvrages de DB et LCSPR est inférieure à 1 m² /EH (hors surfaces d'accès). La compacité de cette filière est assurée par la faible surface occupée par les DB (environ 0.09 m² /EH).

ANNEXES

Annexe I : Taux de charge des stations

Les stations étudiées reçoivent en moyenne 30 à 60 % de leur capacité nominale organique, et 40 à 80 % de leur capacité hydraulique, et jusqu'à des pointes de charge organique de 90 % et hydrauliques de 160 % de leur capacité.

	Dimensionnement	Taux de charge : Débit mesuré /nominal (% nominal)					
		Débit nominal (m3/j)	Moyenne	Ecart type	Max	Min	Nb valeurs
Global			73%	32%	159%	30%	57
Villesequelande	150		80%	9%	97%	73%	6
Barbières	135		60%	15%	70%	49%	2
Montségur sur Lauzon	150		84%	31%	159%	57%	15
Authon du Perches	265		88%	30%	120%	47%	4
Berchères sur Vesgre	175		41%	11%	55%	31%	4
Broué	180		45%	09%	61%	40%	5
Roinville sous Auneau	60		59%	07%	64%	54%	2
Nizas	180		40%	15%	51%	30%	2
Pouzolles	225		55%	10%	63%	38%	5
Climbach	135		93%	44%	159%	39%	10
Saint Bourg	180		52%	25%	70%	35%	2

Tableau 25 Taux de charge hydraulique des stations étudiées

	Dimensionnement		Taux de charge organique de la station : moyenne taux de charges DB et LCSPR (% nominal)				
	DB (g DBO5/m ² DB/j)	LCSPR (m ³ lits/EH in STEP)	moyen	Ecart type	Max	Min	Nb valeurs
Global			46%	17%	89%	08%	48
Villesequelande	7,6	0,27	59%	19%	89%	31%	6
Barbières	5,6	0,60	57%	33%	80%	34%	2
Montségur sur Lauzon	6,2	0,60	49%	11%	74%	34%	15
Authon du Perches	11,4	0,50	54%	18%	70%	32%	4
Berchères sur Vesgre	7,5	0,59	30%	08%	39%	22%	4
Broué	8,2	0,42	43%	13%	61%	25%	5
Roinville sous Auneau	8,4	0,90	49%	05%	53%	45%	2
Nizas	8,8	0,60	31%	00%	31%	31%	2
Pouzolles	5,3	0,37	58%	15%	67%	35%	4
Climbach	5,7	0,46	32%	15%	51%	08%	10
Saint Bourg	5,7	0,44	46%	07%	51%	41%	2

Tableau 26 Taux de charge organique des stations étudiées

Annexe II : Protocole de mesure et fiche de terrain de la collecte de donnée

II.A Protocole de mesure

Protocole de mesures sur station à Disques biologiques + lits de clarification-séchage plantés de roseaux
(DB + LCSPR)



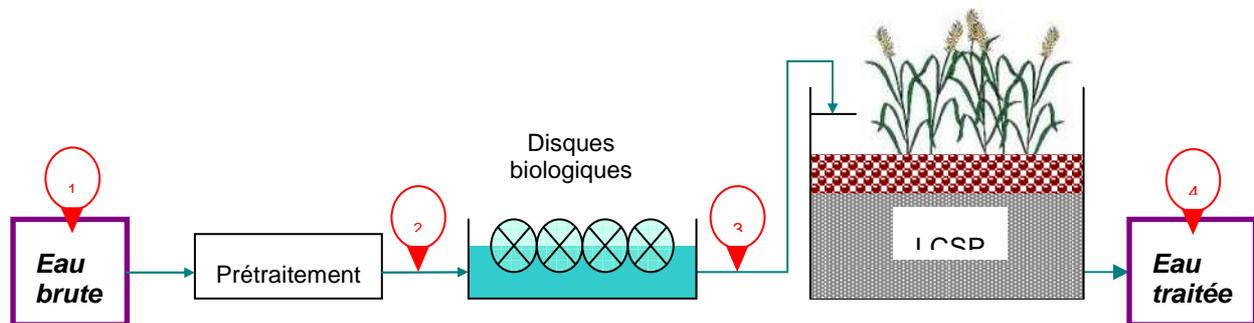
Préambule

Ce protocole a pour but de quantifier séparément les performances des disques biologiques d'une part, et des lits de clarification-séchage planté de roseaux d'autre part. En particulier les mesures doivent permettre de mesurer la production de boues des disques biologiques qui est envoyée sur les lits de roseaux avec la totalité du flux d'eaux usées traitées par la station.

Une attention particulière doit être portée aux mesures de flux de pollution (débits, concentrations, taux de recirculation), directement liés à la qualité des prélèvements 24h, ainsi qu'aux mesures de boues sur les LCSPR.

POINTS DE PRELEVEMENTS LORS DES BILANS 24H

Synoptique



Les échantillons 24h doivent être proportionnels au débit : prélèvements proportionnels ou reconstitués, et réalisés avec des préleveurs réfrigérés (point d'autant plus crucial pour prélèvements sur l'eau usée brute).

- 1 Point facultatif.
Ne pas prélever en cas de nombre insuffisant de préleveurs ou de crépine mal adaptée (attention au colmatage de la crépine).
- 2 Mesure 24h en **sortie de prétraitement** (eau dégrillée).
Débit mesuré avec : canal venturi, capteur pression, pinces ampèremétriques (asservissement du préleveur aux pompes), temps de fonctionnement des pompes...
- 3 Mesure 24h en **sortie des disques biologiques**.
Débit mesuré avec : capteur pression, pinces ampèremétriques (asservissement du préleveur aux pompes), temps de fonctionnement des pompes... Le prélèvement peut éventuellement se faire au niveau de l'alimentation des LCSPR.
- 4 Mesure 24h en **sortie des LCSPR**.
Débit mesuré avec : canal venturi, capteur pression...

NOTA : selon la configuration de la station, la manière d'aborder ce protocole peut être différente : merci de préciser les conditions exactes de réalisation des mesures

POINTS DE MESURES SUPPLEMENTAIRES

- *Prétraitement*

Estimer le volume de déchets évacués pendant 24h en cas de prétraitement compact.

- *Vitesses d'infiltration*

Si possible, estimer les vitesses d'infiltration en surface du LCSPR en fonctionnement lors de l'envoi d'une bâchée. Un capteur de type ultrason effectuera une mesure au dessus de la boue.

Ces données permettront d'estimer la vitesse d'infiltration minimale sur le lit en deçà de laquelle il est nécessaire de changer de lit à alimenter.

A MESURER ET NOTER SUR LE RAPPORT DU BILAN

- *DB*

- | | |
|----------------------------------|--|
| - Nombre de files de disques | - Jusqu'à quel disque la colonisation est-elle présente ? |
| - Nombre de disques par file | - La colonisation est-elle homogène sur toutes les files ? |
| - Vitesse de rotation | - Débits entrée / sortie station |
| - Epaisseur des disques | - Météo (température air/eau, pluvio) |
| - Nature du matériau des disques | - Consommation électrique sur 24h |

- *LCSPR*

- Hauteur de boues moyenne sur chaque lit (préciser leur temps de repos ou de fonctionnement)
- Taux de siccité des boues sur le lit ayant la plus longue période de repos (et durée de cette période)
- Oxygène dissous et Redox en sortie des LCSPR, si possible

- *Paramètres chimiques sur eaux*

- | | |
|--|-------------------------------|
| - DBO ₅ , DCO _{brute} , DCO _{filtrée} , MES | } sur chaque échantillon 24h. |
| - NK, N-NH ₄ , N-NO ₃ , N-NO ₂ | |
| - Pt, P-PO ₄ | |
| - Conductivité, pH | |

- *Exploitation de la filière*

- | | |
|--|--|
| - Temps d'entretien hebdomadaire et annuel | - Tâches couramment effectuées et leur fréquence |
| - Fréquence de passage sur la station | - Consommation électrique sur les 24h de la mesure |

Merci de renvoyer votre retour d'expérience composé d'une photo de chaque point de prélèvement 24h, du rapport contenant les résultats de la mesure et de la fiche terrain jointe complétée à : epnac@irstea.fr

FICHE TERRAIN : Disques biologiques suivis de LCSPR

1 - DESCRIPTIF DE LA STATION D'EPURATION

Commune :	Capacité constructeur : EH (kgDBO ₅ /j)
Date de mise en service :	Débit nominal (temps sec) : m ³ /j
Maître d'ouvrage :	Type de réseau :
Exploitant :	Variation saisonnière ?
Constructeur :	Si oui, période de variation :

2 - PRETRAITEMENTS

Type de prétraitement : <input type="checkbox"/> dégrillage <input type="checkbox"/> tamis rotatif <input type="checkbox"/> dégraisseur statique <input type="checkbox"/> dégraisseur manuel <input type="checkbox"/> décanteur digesteur
Quantité de déchets produite par le prétraitement durant le bilan : kg/j
Présence d'un déversoir d'orage ou d'un by-pass ?

3 - FONCTIONNEMENT DES DISQUES BIOLOGIQUES

Disques Nombre de séries/files en parallèle : Nombre de batteries par file : Vitesse de rotation : tours/min Volume d'une cuve/auge : m ³ Colonisation sur une file : % Colonisation équivalente sur toutes les files ? <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Ecart entre les disques en début de file : mm Ecart entre les disques en fin de file : mm Déphosphatation Présence d'un module ? <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Boues envoyées sur les LCSPR ? <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	Énergie Conso. énergétique moyenne : kW/an Conso. énergétique durant le bilan : kW/j Nombre de postes de relevage sur la station : Nombre de pompes (préciser les postes) : Raccordés le jour du bilan Nombre d'abonnés/branchements : <u>Ou</u> , si possible, nombre de personnes raccordées :
---	---

4 - FONCTIONNEMENT DES LITS DE CLARIFICATION-SECHAGE PLANTES DE ROSEAUX (LCSPR)

Dimensionnement Nombre de filtres : Surf. d'un filtre : m ² Un des lits est-il réservé au temps de pluie ?	Bâchée Volume d'une bâchée : m ³ Nombre de bâchées / jour :
Fonctionnement Hauteur moy. de boues sur filtre en fonctionnement : <input type="text"/> cm, en fonctionnement depuis <input type="text"/> jours Hauteur moy. de boues sur filtres au repos : n° lit → h boues : cm, repos : jours n° lit → h boues : cm, repos : jours n° lit → h boues : cm, repos : jours n° lit → h boues : cm, repos : jours n° lit → h boues : cm, repos : jours Surface colonisée par les roseaux sur filtres : % lame d'eau : cm/bâchée Débit surfacique (Q _{bâchée} /S _{filtre}) : m ³ /m ² /h Flaquage observé ?	
Rotation des filtres Cycle théorique : <input type="text"/> jours de travail pour <input type="text"/> jours de repos	

5 - DESCRIPTIF DE LA MESURE 24H
Entrée station (eaux brutes)

Débit Lieu :

Type :

(débitmètre, marnage poste, pompes...)

Préleveur Lieu :

 Mono multiflacons Réfrigéré non réfrigéré

 Asservissement : temps débit

Sortie disques biologiques (= eau entrée LCSPR)

Débit Lieu :

Type :

(débitmètre, marnage poste, pompes...)

Préleveur Lieu :

 Mono multiflacons Réfrigéré non réfrigéré

 Asservissement : temps débit

Sortie LCSPR
Débit Lieu :

Type :

(débitmètre, marnage poste, pompes...)

Préleveur Lieu :

 Mono multiflacons Réfrigéré non réfrigéré

 Asservissement : temps débit

Autre matériel installé (caractéristiques et programmation)

Météo

Température moy. air ambiant : °C

Pluviométrie : mm/j

Température moy. eau brute : °C

Infos complémentaires

Evènements durant le mois précédent ? (panne, colmatage des lits, travaux...), fonctionnement, remarques diverses :

6 - ANALYSES DEMANDEES

Eau brute	Eau sortie DB	Eau sortie LCSPR
<input type="checkbox"/> DBO ₅ <input type="checkbox"/> DCO, <input type="checkbox"/> DCO _{dissoute} <input type="checkbox"/> MES <input type="checkbox"/> Pt, <input type="checkbox"/> P-PO ₄ <input type="checkbox"/> NK, <input type="checkbox"/> N-NH ₄ , <input type="checkbox"/> N-NO ₃ <input type="checkbox"/> Conduc., <input type="checkbox"/> pH	<input type="checkbox"/> DBO ₅ <input type="checkbox"/> DCO, <input type="checkbox"/> DCO _{dissoute} <input type="checkbox"/> MES <input type="checkbox"/> Pt, <input type="checkbox"/> P-PO ₄ <input type="checkbox"/> NK, <input type="checkbox"/> N-NH ₄ , <input type="checkbox"/> N-NO ₃ <input type="checkbox"/> Conduc., <input type="checkbox"/> pH	<input type="checkbox"/> DBO ₅ <input type="checkbox"/> DCO, <input type="checkbox"/> DCO _{dissoute} <input type="checkbox"/> MES <input type="checkbox"/> Pt, <input type="checkbox"/> P-PO ₄ <input type="checkbox"/> NK, <input type="checkbox"/> N-NH ₄ , <input type="checkbox"/> N-NO ₃ <input type="checkbox"/> Conduc., <input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> Oxygène, <input type="checkbox"/> Redox

7 - RELEVES DES COMPTEURS

Libellé du compteur	Début de bilan	Fin de bilan

→ Merci d'envoyer des photos des lieux de prélèvement, si possible.

 Pour plus de renseignements, et envoyer votre retour d'expérience : epnac@irstea.fr

Annexe III : Jeu de données de l'étude

III. A. Bilan 24h

L'étude des performances de cette filière s'est appuyée sur un jeu de 57 bilans 24h, réalisés sur 11 stations réparties sur 6 départements.

Mesures intermédiaires

Un nombre plus réduit de bilans a été réalisé en trois points et a permis d'étudier les performances des Disques Biologiques et Lits de Clarification Séchage Plantés de Roseaux séparément. Les bilans avec mesure intermédiaire ne représentent que 22 des 57 bilans de cette étude, et ne concernent que 5 stations. De plus, 12 de ces 22 bilans ont été réalisés sur la station de Montségur sur Lauzon. Le Tableau 27 présente le nombre de bilans 24h, avec ou sans mesure intermédiaire, recueillis sur chacune des stations de l'étude.

Pollution dissoute

Les paramètres de pollution dissoute ne sont pas systématiquement mesurés lors des bilans d'autosurveillance des SATESE. Le paramètre DCO_f a été mesuré lors de 13 bilans de la station de Montségur sur Lauzon, et 2 bilans d'Authon de Perches. Les paramètres de pollution azotée sont d'avantage analysés : 50 bilans donnent les concentrations en Ntk et 35 en NH₄⁺ et NO₃.

Sur les mesures intermédiaires, la DCO filtrée est analysée sur 17 bilans, et le NH₄⁺ sur 22.

Commune	Dpt	Mise en service	Bilans collectés (nb)	Bilans collectés (année : mois)	Bilans avec mesure en sortie DB (nb)	Bilans avec mesure en sortie DB (année : mois)
Villesequehande	11	01/11/2007	6	2010 : 06 et 11 2011 : 01 et 06 2012 : 04	0	-
Barbières	26	24/09/2009	2	2010 : 01 2012 : 07	0	-
Montsegur sur Lauzon	26	01/07/2004	15	2006 : 05 2007 : 12 (*2) 2010 : 11 2011 : 03 (*2) et 08 2012 : 03 (*8)	12	12/2007 (*2) 03/2011 (*2) 03/2012 (*8)
Authon du Perches	28	2008	4	2010 : 11 2011 : 07 2012 : 03 2013 : 05	2	11/2010 07/2011
Berchères sur Vesgres	28	2009	4	2010 : 03 2011 : 03 2012 : 03 2013 : 03	0	-
Broué	28	2007	5	2008 : 07 2010 : 11 2011 : 03 2012 : 08 2013 : 03	0	-
Roinvilles sous Auneau	28	2003	2	2008 : 09 2010 : 02	0	-
Nizas	34	10/10/2007	2	2011 : 05 2012 : 11	1	05/2011
Pouzolles	34	01/08/2008	5	2011 : 04 et 09 2012 : 06, 10 et 11	4	2011 : 04 2012 : 06, 10 et 11
Climbach	67	28/11/2007	10	2008 : 08 et 12 2009 : 02 et 07 2010 : 01 et 06 2011 : 04 et 10 2012 : 04	3	2011 : 04 et 10
Saint_Bourg	77	08/2008	2	2009 : 10 2011 : 06	0	-
<i>Total</i>			57		22	

Tableau 27 Nombre et dates des bilans 24h et de mesures intermédiaires, collectés sur chacune des stations de l'étude

III. B Campagnes d'analyses de boues de LCSPR

Les boues de la filière ont été étudiées sur la base de mesures de hauteurs de boues réalisées lors de 9 visites ; et de mesures de siccité de 8 visites, sur 4 stations (Tableau 28). L'ensemble des paramètres de la valeur agronomique⁸ (à l'exception de l'azote total) des boues d'épuration ont été mesurés en mars 2012 sur des échantillons moyens de boues de chacun des 4 lits de la station de Montségur sur Lauzon.

Commune	Dpt	Mise en service	Campagnes de mesures hauteurs (nb)	Campagnes de mesures de hauteurs (année : mois)	Analyse de siccité (nb)	Analyse de siccité (année : mois)
Villesequelande	11	01/11/2007	2	2011 : 01 (4lits) et 06 (4lits)	0	-
Barbières	26	24/09/2009	0	-	0	-
Montsegur sur Lauzon	26	01/07/2004	5	2007 : 12 (4 lits) 2009 : 08 (2 lits) 2010 : 11 (2 lits) 2011 : 03 (3 lits) 2012 : 03 (4 lits)	3	2007 : 12 2009 : 08 (2lits) 2012 : 03 (4lits)
Authon du Perches	28	2008	0	-	0	-
Berchères sur Vesgres	28	2009	0	-	0	-
Broué	28	2007	0	-	0	-
Roinvilles sous Auneau	28	2003	0	-	0	-
Nizas	34	10/10/2007	1	2011 : 05 (4lits)	1	2011 : 05 (4lits)
Pouzolles	34	01/08/2008	3	2011 : 04 (4lits) et 09 (2lits) 2012 : 06	3	2011 : 04 (4lits) et 09 (2lits) 2012 : 06
Climbach	67	28/11/2007	1	2011 : 04	1	2011 : 04
Saint_Bourg	77	08/2008	0	-	0	-

Tableau 28 Campagnes de mesures de hauteurs et d'analyse de siccités des boues de LCSPR réalisées sur chacune des stations de l'étude

III.C Données de consommation électrique

L'analyse de la consommation énergétique de la filière s'appuie sur 40 relevés de consommation électrique journalière, sur les 11 stations.

⁸ Paramètres de valeur agronomique des boues (Annexe III de l'arrêté du 8 janvier 1998): matière sèche, matière organique, pH, azote total et ammoniacal, rapport C/N, phosphore total, potassium total, calcium total et magnésium total et oligo éléments (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn).

Annexe IV : Hypothèses d'analyse des performances de la filière

Débit de la station et calcul de rendements

Les incertitudes sur les mesures de débits sont du même ordre de grandeur que les différences de débit entre l'entrée et la sortie, du fait d'une relative conservation des débits le long de la filière (évaporation limitée et faible temps de séjour). En conséquence de quoi, un seul débit moyen journalier de la station est calculé pour chaque bilan 24h, en faisant la moyenne des débits d'entrée et de sortie (et intermédiaire, le cas échéant). Les rendements sont donc calculés en concentration.

Charges organiques mesurées : la DCO

Les incertitudes de mesures associées au paramètre DBO₅ sont proches de 15% et sont de 5% pour le paramètre DCO, pour des eaux de concentration supérieure à 100 mg DBO₅ /l, et 500 mg DCO/l (essais inter laboratoires, moyenne sur 10 ans). Aussi, dans cette étude, la charge organique en entrée est calculée sur la base du paramètre DCO.

Annexe V : Surcharge hydraulique sur la station de Pouzolles

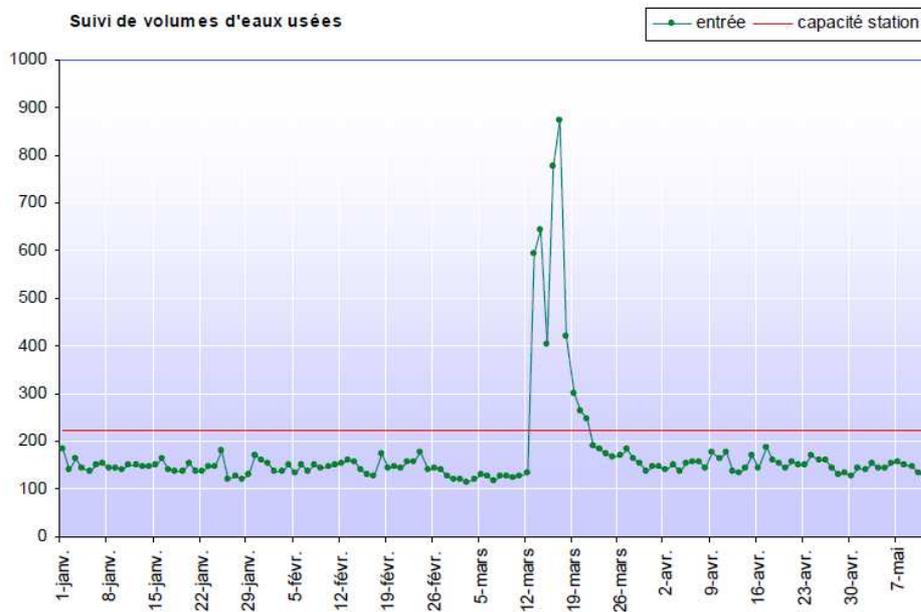


Figure 27 Chronique de débit d'entrée de la station de Pouzolles et surcharge hydraulique d'une semaine (12-19/03/2011)

Onema

Hall C – Le Nadar

5 square Félix Nadar

94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.onema.fr

Irstea – Centre de Lyon

5, rue de la Doua

CS 70077

92626 Villeurbanne Cedex

04 72 20 87 87

www.irstea.fr