

LE CONSEIL GÉNÉRAL DE LA LOIRE PRÉSENTE

# 5. LES LAGUNAGES SUIVIS D'INFILTRATION PERCOLATION

## Éléments de diagnostic



# M.A.G.E. 42

| Mission départementale  
d'Assistance à la Gestion de l'Eau |

octobre 2007

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

Conseil général  
**LOIRE**  
EN RHÔNE-ALPES

# SOMMAIRE

<b><u>1</u></b>	<b><u>CULTURES FIXEES SUR SUPPORTS FINS : GENERALITES .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>LES LAGUNAGES SUIVIS D'INFILTRATION PERCOLATION .....</u></b>	<b><u>5</u></b>
2.1	Présentation théorique de la filière : .....	5
2.2	Présentation des stations : .....	7
2.3	Résultats : .....	8
2.4	Illustration de quelques dysfonctionnements : .....	13
<b><u>3</u></b>	<b><u>A N N E X E .....</u></b>	<b><u>14</u></b>



# 1 CULTURES FIXEES SUR SUPPORTS FINS : GENERALITES

## (EXTRAITS DU DOCUMENT TECHNIQUE FNDAE n° 22)

Les procédés d'épuration à cultures fixées sur supports fins (filtres à sable (FAS), bassins d'infiltration percolation (BIP), filtres plantés de roseaux (FPR)) consistent à faire ruisseler l'eau à traiter sur plusieurs massifs indépendants.

Deux mécanismes principaux interviennent dans l'épuration :

- **La filtration superficielle** : dans le cas des filtres à alimentation superficielle (BIP, FPR), les matières en suspension (MES) sont arrêtées à la surface du massif filtrant et, avec elles, une partie de la pollution organique (DCO particulaire).
- **L'oxydation** : le milieu granulaire (sable ou gravier fin) constitue un réacteur biologique, un support de grande surface, sur lequel se fixent et se développent les bactéries aérobies responsables de l'oxydation de la pollution dissoute (DBO et DCO dissoute, azote organique et ammoniacal).

La faible granulométrie des constituants des massifs filtrants ne permet pas une circulation de l'air par ventilation naturelle dans les interstices du milieu granulaire. Le renouvellement de l'oxygène est donc sous la dépendance de phénomènes de diffusion des molécules de gaz entre l'atmosphère et le massif filtrant.

Une mince pellicule d'eau persistant sur la couche superficielle de celui-ci ferait obstacle à la diffusion de l'air et à la ré-oxygénation de la tranche de traitement. Il faut donc que la percolation puisse s'effectuer complètement pour permettre la ré-oxygénation du massif en pratiquant l'alternance de phases d'alimentation et de phases de repos au moins aussi longues.

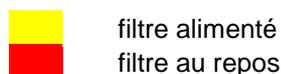
De même, une pellicule organique de quelques millimètres formée sur la plage d'infiltration peut, elle aussi, entraver considérablement la diffusion de l'oxygène atmosphérique (cas des BIP et FPR). Il faut donc qu'elle puisse se dessécher et se craqueler ou être perforée en permanence (rôle des tiges de roseaux).

La biomasse épuratrice ne doit pas se développer exagérément afin de ne pas engorger les espaces libres du milieu filtrant : les phases de repos permettent de la réduire en la privant des nutriments de l'eau usée.

Pour autant, la mortalité des microorganismes épurateurs ne doit pas être excessive pour garder une flore suffisante au regard des flux de pollution à traiter d'où une limitation dans la durée des phases de repos.

Dans la pratique cela se traduit par des installations constituées de trois massifs filtrants en parallèle dont un seul est alimenté et deux autres au repos. Le temps de repos correspond alors à deux fois celui de l'alimentation (voir figure n°1 ci dessous).

	V	S	D	L	M	Me	J	V	S	D	L	M	Me	J	V	S	D	L	M	Me	J
Jour n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
filtre 1																					
filtre 2																					
filtre 3																					



**Figure 1 : alternance des phases de repos et d'alimentation avec permutation des filtres les mardis et vendredis**

Les dispositifs d'alimentation et de distribution de ces massifs filtrants (que ce soit pour les bassins d'infiltration percolation, les filtres plantés de roseaux ou les filtres enterrés) jouent aussi un rôle majeur dans la qualité de l'épuration. Ils doivent assurer une distribution uniforme de l'effluent sur la surface du filtre. Cette distribution se fait généralement par submersion temporaire, à partir d'un réservoir (système d'alimentation), à très fort débit.

### Le système d'alimentation

Il a pour fonction d'alimenter le système de distribution des effluents. Cette alimentation pourra être réalisée par des augets basculants, des chasses pendulaires ou à clapet, des siphons auto-amorçant ou, parfois, des pompes. Ces systèmes vont permettre de rassembler un volume important d'effluent et de le libérer brusquement (**alimentation dite « par bâchées »**). Ainsi l'alimentation des filtres est fractionnée : pendant le remplissage du distributeur, le filtre n'est plus alimenté et il l'est à nouveau lorsque l'effluent est libéré. Ces apports séquencés doivent permettre de maintenir une concentration importante en oxygène dans le filtre par la diffusion d'air entre deux bâchées.

Ces quatre systèmes d'alimentation permettent d'obtenir un débit important en sortie du distributeur. Ce débit élevé va favoriser la bonne répartition de l'effluent dans le système de distribution, ainsi la totalité du réseau de distribution sera alimentée.

Le dimensionnement du système d'alimentation s'établit en fonction du volume journalier ( $V_j$  en  $m^3$ ) entrant à la station et le nombre de bâchée ( $n$ ) que l'on veut réaliser par jour.

$$V_{\text{distributeur}} (m^3) = V_j / n$$

### Le système de distribution

Il a pour rôle de répartir l'effluent uniformément sur toute la surface du massif filtrant. On retrouve plusieurs types de systèmes de distribution selon que cette dernière est souterraine ou aérienne.

Des notes de calculs très rigoureuses doivent être définies pour garantir une bonne répartition pendant toute la durée de vie de la station.

Des dispositifs anti-affouillement amovibles tels que des plaques résistantes à l'érosion seront prévus au niveau des points de distribution pour éviter tout affouillement (dans le cas d'une distribution à surface libre).

Comparatif entre les lames d'eau appliquées A LA CHARGE HYDRAULIQUE NOMINALE (avec 150 L /EH/jour) selon les différents types de massifs filtrants : à considérer les hauteurs appliquées sur les massifs alimentés et les alternances pratiquées ou non pour permettre un ressuyage total et une ré-oxygénation poussée.

**Tableau 1** : lames d'eau selon les types de systèmes filtrants

	<u>TECHNIQUES</u>	<u>Hauteur d'eau par jour</u>	<u>Alternance</u>
FILTRE A SABLE ENTERRE	assainissement non collectif : 5 m2 par pièces principales soit environ 5 m2 par habitants	3 cm /j (sans bâchée)	0
	assainissement collectif : FAS de 3 m2/E.H. 1 étage et 3 lits	15 cm /j	1 semaine /3
BASSIN D'INFILTRATION PERCOLATION	BIP de 1,5 m2/E.H. 1 étage et 3 lits	30 cm /j	1 semaine /3
FILTRE A SABLE ENTERRE	Dispositif compact (zeolithe) 0,6 m2/EH	25 cm /j	0
	Dispositif compact (zeolithe) 0,3 m2/EH	50 cm /j	0
FILTRE PLANTE DE ROSEAUX	FPR	37,5 cm /j	1 étage
	2 m2/EH dont 1,2 m2/EH 1 étage	37,5 cm /j	2ème étage
	2 étage		1 semaine /3
			1 semaine /2
	FPR compact		
	1 m2/EH dont 0,6 m2/EH 1 étage	50 cm /j	1 étage
	2 lits sur les étages	75 cm /j	2ème étage
			0,5 semaine /1
			1 semaine /2

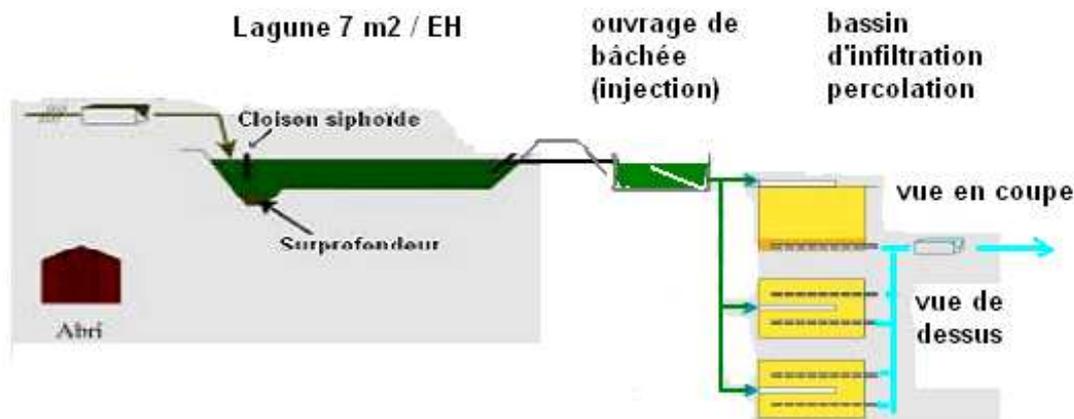
Les FPR dits « compacts » sont ceux correspondant au procédé Rhizostep avec « bioblocs » disposés sous les massifs plantés : une étude spécifique est en cours sur un site équipé dans le département.

## 2 LES LAGUNAGES SUIVIS D'INFILTRATION PERCOLATION

### 2.1 Présentation théorique de la filière :

**La filière de traitement Lagunage suivi d'infiltration percolation est généralement composée de :**

- un canal d'entrée avec dégrillage, éventuellement dessableur
- une cloison siphonide dans le premier bassin
- un traitement biologique dans un bassin de lagunage dimensionné sur la base de 7 m2/EH
- un dispositif de stockage/ injection (ouvrage de bâchée) et distribution (drains superficiels)
  - *ou un deuxième bassin, de taille réduite, auquel est intégré l'ouvrage de bâchée*
  - un traitement biologique complémentaire d'infiltration percolation sur sable
  - un canal de mesure des effluents traités dans le cas d'un rejet au milieu superficiel



*Figure 2 : présentation de la filière lagunage suivi d'infiltration percolation (à partir de schémas du document technique FNDAE n°22)*

### Principes de traitement :

Apparentés aux bassins d'infiltration percolation vus précédemment, ces systèmes affinent le rejet d'une ou plusieurs lagunes **qui assurent le traitement principal**.

La lagune doit permettre une décantation des MES et un abattement plus ou moins conséquent de la pollution dissoute (DCO, DBO5) par le biais des mécanismes épuratoires attendus dans un premier bassin de lagunage. Ces derniers sont, entre autres, dépendants du temps de séjour de la pollution dans le bassin.

L'intérêt de la lagune est aussi de pouvoir admettre un réseau unitaire ou en partie unitaire et de disposer d'un certain pouvoir tampon pour les à-coups hydrauliques dus aux eaux pluviales. Il reste cependant indispensable de pouvoir écrêter les débits admis par des déversoirs d'orages sur le réseau en amont ou des déverses installées sur le ou les bassins.

Le bassin d'infiltration percolation doit compléter le traitement en apportant – en permanence – l'épuration plus poussée d'un système filtrant tant sur le plan de la pollution carbonée que sur celui de la pollution azotée (NH<sub>4</sub> et NTK).

## 2.2 Présentation des stations :

Le suivi d'assistance technique de la MAGE concerne ici 5 stations du département de la LOIRE de capacité comprise entre 200 et 500 équivalents habitants

**Tableau 2 : présentation des systèmes lagune / bassin + BIP suivis par la MAGE :**

Numéro station	mise en service	capacité nominale	charge organique si 40g DBO5/EH	Nbre d'analyses
301	2002	400	30%	5
302	1999	250	60%	6
303	2002	450	41%	5
304	2000	200	71%	3
305	1996	500	51%	3

**Pour l'estimation du taux de charge organique :**

- Utilisation de la DBO5.
- Nombre, estimé, de **personnes raccordées en 2005 avec 40 g de DBO5/jour/personne** pour tenir compte du caractère rural des collectivités concernées : calcul de la charge reçue en DBO5 (kg de DBO5/jour)
- Capacité (kg de DBO5/j) de la station calculée avec la capacité en équivalents habitants annoncée par le constructeur sur la base de 60 g de DBO5 / EH / jour.

**Tableau 3 : dimensionnement des sites suivis :**

Station	Capacité en EH	Surface lagune prétraitement en m2	Surface Lagune en m2 / EH	Volume lagune en prétraitement en m3	Volume de bâchée en m3	Surface de B.I.P. en m2	Surface de B.I.P. en m2/EH
301	400	2800	7	2800	12	2 x 200	1
302	250	1800	7,2	1800	6	2 x 140	1,1
303	450	2490 + 796	7,3	3286	20 ??	2 x 325	1,45
304	200	1270 + 1050	11,6	2320	6.3	2 x 115	1,1
305	500	1600 + 500	4,2	2100		2 x 350	1,4

Le dimensionnement couramment cité porte sur une lagune de prétraitement de 7 m<sup>2</sup> par EH suivie d'un bassin d'infiltration percolation avec 1 m<sup>2</sup> par EH. Il correspond sensiblement aux cas des stations **301 et 302**.

Sur ces bases la station **303** paraît assez largement dimensionnée (7.3 m<sup>2</sup>/EH bassin et 1.5 m<sup>2</sup> environ pour le BIP.

Plus encore la station **304** où le BIP apporte une amélioration de traitement sur un lagunage **classique** de 200 EH (11 m<sup>2</sup>/EH).

Par contre, la station **305** a un bassin de seulement 4.2 m<sup>2</sup>/EH avec BIP de 1.4 m<sup>2</sup>/EH.

## 2.3 Résultats :

Pour ces installations des prélèvements d'échantillons et des observations détaillées sont réalisées en général à l'occasion de 2 à 3 visites annuelles (comprenant des bilans 24 heures tous les 4 ans) réalisées par les techniciens de la cellule. Les données accumulées varient (de 3 à 7 analyses environ) en fonction de l'ancienneté de la convention d'assistance technique établie avec la collectivité concernée.

Les niveaux de référence choisis pour les rejets sont déterminés à partir des résultats couramment attendus de la filière type filtre à sable sur ces paramètres (puisque le traitement terminal est une infiltration percolation):

Paramètre	DBO5	DCO	MES	NTK
Niveau de référence en mg/litre	25	90 ou 125 (niveau D4)	35	15

Des bilans 24 heures et des moyennes d'analyses sur échantillons ponctuels sont utilisés dans l'examen des résultats de traitement :

### BILANS 24 H :

Le tableau 16 présente à part les résultats de bilans 24 heures effectués entre 2002 et 2005 sur certaines des installations :

#### Tableau 4 : résultats de bilans 24 h effectués par la MAGE :

- concentrations du rejet 24 h pour différents paramètres ;
- rendements d'épuration ;
- charge reçue (DCO) en % de la capacité nominale .

Stations	Paramètres >>>	DBO <sub>5</sub>	DCO	MES	NH <sub>4</sub> (N)	NTK	NO <sub>2</sub> (N)	NO <sub>3</sub> (N)	NGL	Pt	PO <sub>4</sub> (P)
303	mg/l	3	30	2	0,4	2,0	0,03	8,9	8,9	4,7	4,0
	rendement %	99	98	100	99	97			88	74	62
	charge organique (DCO)	60%									
304	mg/l	16	100	41	0,9	7,1	0,09	14,3	21,5	3,2	2,6
	rendement %	97	94	89	97	91			72	95	85
	charge organique (DCO)	52%									
305	mg/l	5	63	25	16,7	19,0	0,00	4,2		4,7	3,5
	rendement %	98	89	88	100	100				71	62
	charge organique (DCO)	27%									
302	mg/l	7	45	2	2,2	3,1	0,1	67,3	70,5	4,5	4,3
	rendement %	91	84	98	95	94			-41	42	32
	charge organique (DCO)	25%									
301	mg/l	48	220	72	0,4	14,0	0,1	3,6	17,7	3,3	1,8
	rendement %	61	33	49	99	70			62	60	68
	charge organique (DCO)	25%									

Commentaires :

- Ces bilans se sont déroulés avec des **charges hydrauliques inférieures**, voire très inférieures aux charges nominales ( 50 % pour **305**, 30 à 40 % pour **303**, **304** et **302**, 20 % pour **301**) ;
- Le prélèvement 24 heures d'eau traitée ne respecte pas le niveau D4 à **301 (station très récente** – absence de couche colmatante - lors du bilan de **301** : le rejet comporte une part notable de micro algues vertes non retenues par l'infiltration percolation et participant aux fortes DCO et MES) ;
- Pour les 4 autres sites, les résultats sont plutôt intéressants et montrent l'apport du système filtrant en particulier pour le traitement de l'azote.

**Figure 3 : graphiques tirés des bilans 24 heures du tableau 4 (4 paramètres) : stations rangées de gauche à droite dans l'ordre croissant des charges DCO reçues :**

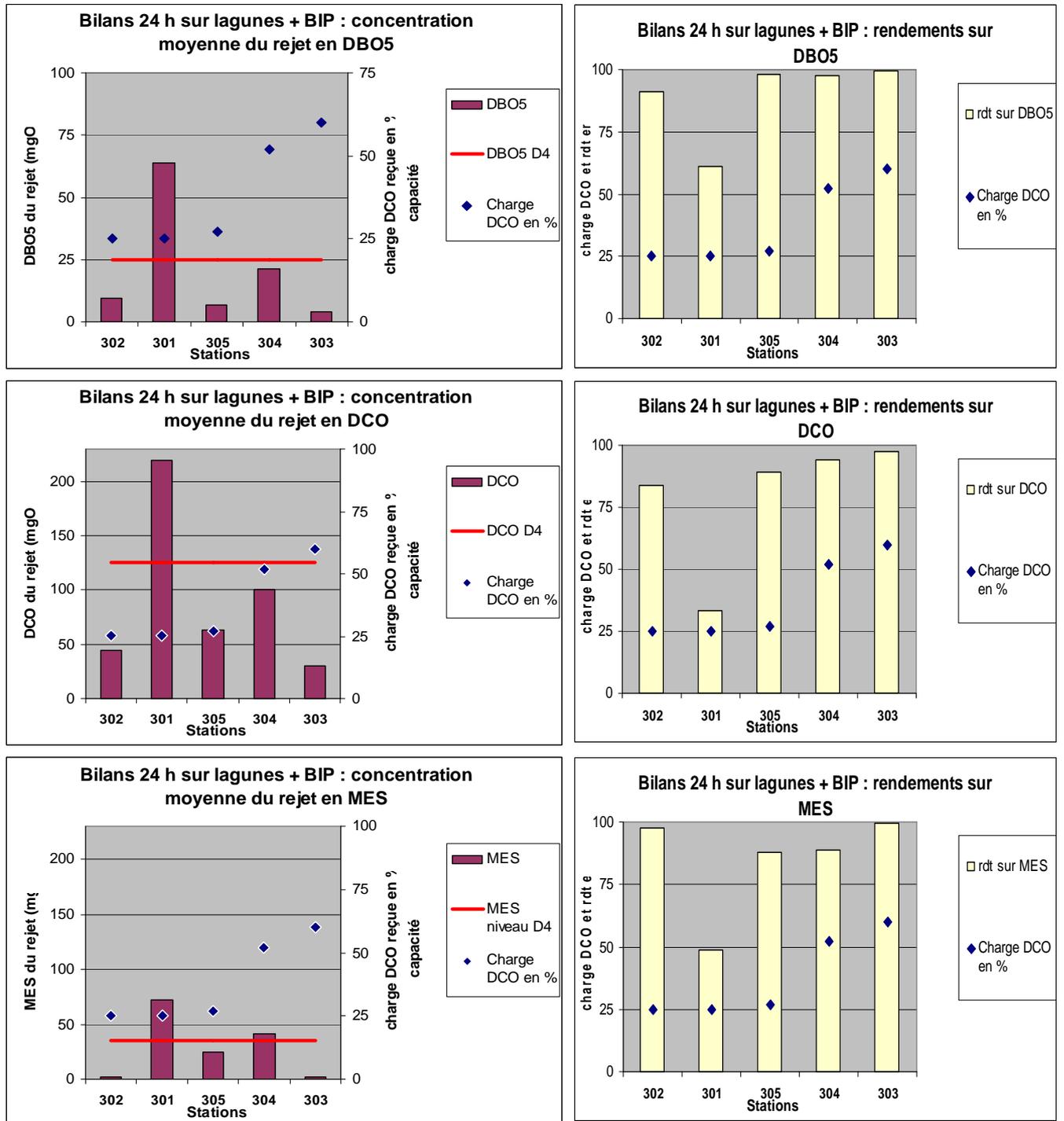
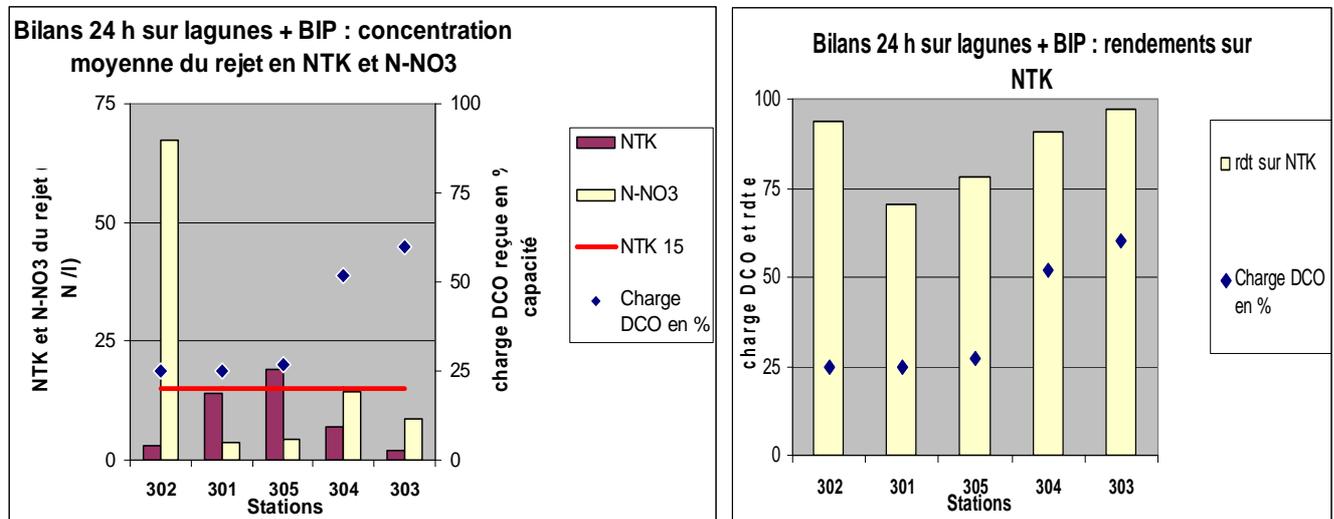


Figure 3 (suite) :



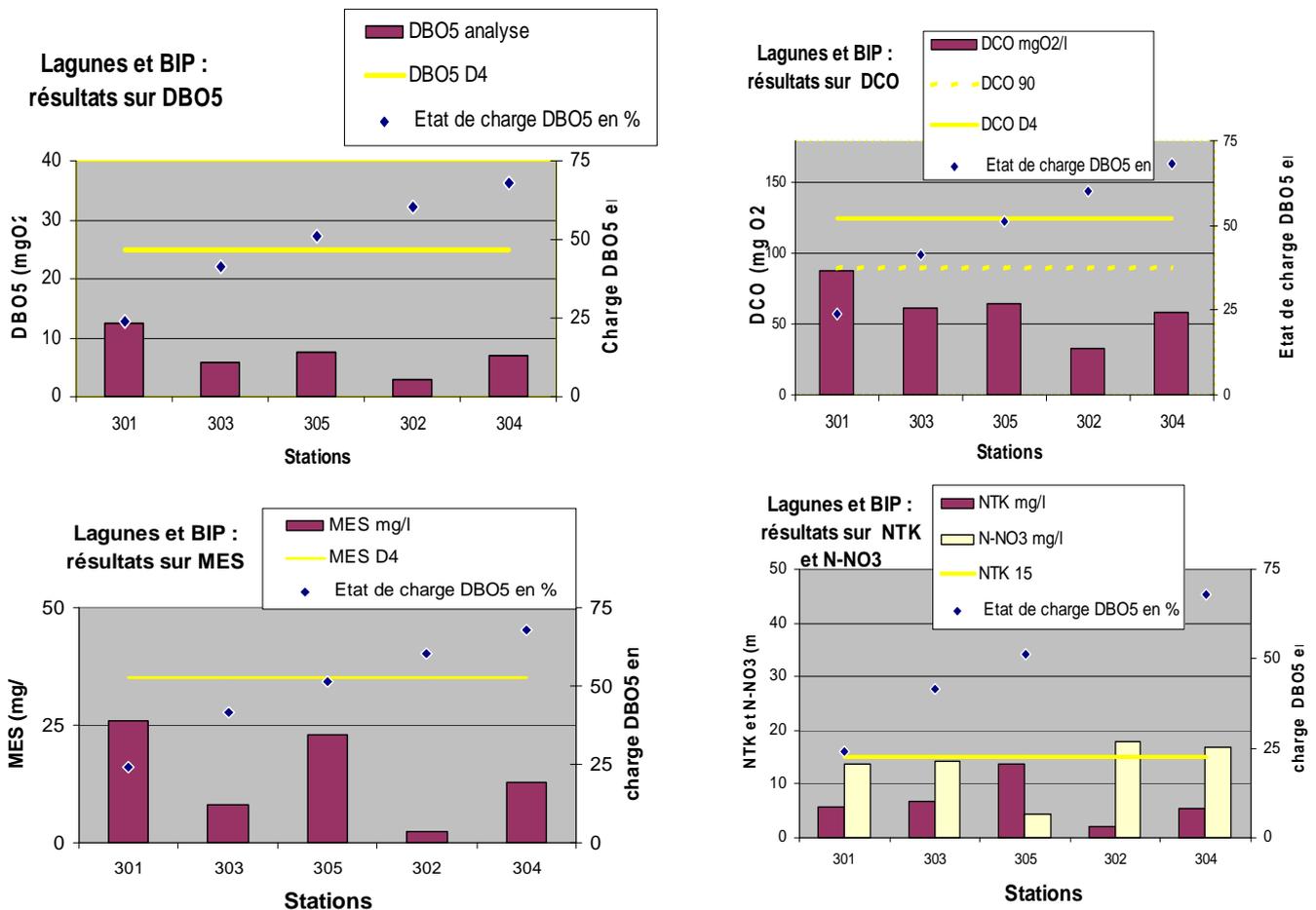
**MOYENNES D'ANALYSES SUR DES ECHANTILLONS PONCTUELS :**

NB : comme dans le cas des filtres à sable et des bassins d'infiltration percolation, il convient de relativiser les comparaisons établies à partir de ces valeurs d'analyses ponctuelles sachant que les différents prélèvements interviennent sans que l'on sache, à chaque fois, quand a eu lieu la dernière bâchée et depuis quand le lit alimenté est en service. Ces 2 précisions sont importantes au regard des temps de percolation et du caractère plus ou moins poussé du traitement qui s'en suit ; également sur le traitement de la pollution azotée : plus fort relargage de nitrates au début de la mise en service du lit filtrant.

La figure 4 donne les graphes obtenus à partir des moyennes d'analyses ponctuelles sur les rejets des 6 stations :

- L' installation de **301** donne les moins bons résultats de traitements sur la pollution carbonée avec par exemple une valeur moyenne de DCO proche de la référence choisie ; ces résultats confirment en quelque sorte ceux du bilan 24 heures. Le passage chronique d'algues dans le rejet explique en partie ces excès.
- Celle de **305** présente une déficience dans le traitement de la pollution azotée en lien avec de fréquents dysfonctionnements du dispositif de bâchée.
- Pour les autres sites , respect des niveaux de référence retenus.

**Figure 4** : représentation des analyses moyennes sur DBO , DCO , MES et NTK : les stations sont rangées de gauche à droite dans l'ordre croissant de leur taux de charge organique (calculé sur DBO5 : tableau 2 ) estimé pour 2005.



## DISCUSSION :

Comme dans le cas des filtres à sable, à partir des rapports de visites et de leur condensé dans les bilans annuels de fonctionnement des stations d'épuration, un recensement des défauts et problèmes observés sur chaque ouvrage est réalisé . Ce recensement liste les points suivants :

- présence d'eaux claires parasites dans le réseau d'eaux usées (réseau ECP) ;
- présence d'eaux parasites pluviales dans le réseau d'eaux usées (réseau EPP) ;
- problème sur la (les) lagune(s) ;
- problème sur le système de bâchée ;
- problème de répartition d'effluent sur le massif filtrant ;
- autre problème sur le massif (dont qualité du sable) ;
- problèmes d'exploitation : charge d'exploitation jugée excessive ou non au regard des dysfonctionnements à suivre.

Pour chaque installation le **tableau 5** précise l'existence ou non, sur chaque site, d'un problème relatif à l'un de ces points (case colorée en correspondance avec ce point). Par « problème » on entendra un dysfonctionnement avéré ou potentiel (non respect de spécifications issues de l'état de l'art) de l'ouvrage ou de l'équipement cité.

Des éléments d'explications des plus ou moins bons résultats d'analyses peuvent être tirés des problèmes listés de cette façon sur chaque ouvrage.

**Tableau 5 : principaux points de difficultés relevés par le suivi des ouvrages :en rouge, les points de difficultés par site**

Numéro de station	Réseau ECP	Réseau EPP	Déversements	lagune	Bâchée	Répartition	Massif	Exploitation
301								
302								
303								
304								
305								

#### CONSTATS :

- **les excès hydrauliques** concernent les 6 installations. Ils nécessitent de protéger les ouvrages par des déversements d'eaux usées dont l'impact n'est pas connu sur les milieux récepteurs concernés.

Ce problème de forte sensibilité du réseau aux excès hydrauliques a été pris en compte dans le choix de cette filière qui comporte une lagune de prétraitement plus capable à priori de s'adapter au caractère partiellement unitaire des réseaux en amont . Cette capacité d'absorption d'à-coups hydrauliques est renforcée dans 2 cas par l'installation d'un limiteur de débit pour le transfert des effluents de la première lagune à la seconde, (siège de la bâchée) puis au bassin d'infiltration : la capacité tampon du lagunage dépend alors de la hauteur de marnage disponible jusqu'au niveau de surverse par un by-pass spécialement aménagé à partir de ce premier bassin.

- en **l'absence de débits excessifs**, la présence de l'infiltration percolation permet bien de « sécuriser » dans la durée la qualité du rejet, notamment pour le traitement de la pollution azotée (correction permanente du rejet du lagunage).
- Il reste à considérer les problèmes d'exploitation inhérents aux lagunes (lentilles d'eau, suivi des abords, entretien des voies de circulation, nécessités de curages tous les 10 à 13 ans.

## 2.4 Illustration de quelques dysfonctionnements :



Sur le site 305, de fréquents dysfonctionnements du dispositif de bâchées ont entraîné des altérations de l'alimentation des massifs filtrants avec répercussions sur le traitement de l'azote en particulier



Les contraintes de gestion inhérentes aux lagunages (entretien des abords, lutte contre les lentilles d'eau...) font partie de la gestion des systèmes lagune + bip en plus du travail lié spécifiquement au bassin d'infiltration (alternance hebdomadaire des lits, scarification de la surface du sable...).

Problèmes de répartition d'effluents : comme cela a été évoqué dans le cas des bassins d'infiltration percolation, la répartition des effluents sur les massifs filtrants nécessite d'être soigneusement ajustée et contrôlée (voir photos relatives aux BIPs).

La nécessité de scarifier régulièrement les lits d'infiltration représente une contrainte d'exploitation : l'implantation de roseaux pourrait-elle permettre de s'en affranchir tout en limitant également l'implantation de végétaux indésirables ?...

### 3 ANNEXE

Diagnostic lagunage suivi d'infiltration percolation  
**RESULTATS MOYENS D'ANALYSES SUR Lagunes + BIP :**

**Tableau a1 : résultats moyens d'analyses ponctuelles sur les rejets de systèmes combinés lagunage + bassins d'infiltration percolation collectés lors de visites légères du SATESE-MAGE 42 (voir les représentations sur DBO5, DCO, MES et NTK dans le texte)**

Stations	pH	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	MES mg/l	NH4 mg/l	N-NO3 mg/l	NO3 mg/l	NTK mg/l	Pt mg/l	PO4 mg/l
Niveaux repères		<25	<90 ou <125	<30				<15		
301	7,3	12,4	88,4	26,0	2,7	13,7	60,3	5,7	2,6	6,1
302	6,8	3,0	32,7	2,3	0,3	17,8	78,5	2,0	2,2	8,0
303	7,4	5,7	61,0	8,0	6,2	14,1	62,3	6,8	3,9	11,2
304	6,5	7,0	58,4	12,7	4,1	17,0	74,6	5,4	1,9	4,7
305	7,2	7,7	64,3	23,0	14,3	4,5	19,8	13,8	3,4	8,2