

LE CONSEIL GÉNÉRAL DE LA LOIRE PRÉSENTE

6. LES FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX

Éléments de diagnostic



M.A.G.E. 42

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

octobre 2007

www.loire.fr

Conseil général
LOIRE
EN RHÔNE-ALPES

SOMMAIRE

1	CULTURES FIXEES SUR SUPPORTS FINS :	3
2	LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX.....	6
2.1	PRESENTATION THEORIQUE DE LA FILIERE :	6
2.2	RETOUR D'EXPERIENCE SUR LE DEPARTEMENT DE LA LOIRE :	8
2.3	ILLUSTRATION DES DYSFONCTIONNEMENTS CONSTATES :	19
2.3.1	<i>Excès hydrauliques :</i>	19
2.3.2	<i>Répartition d'effluents et massifs plantés de roseaux</i>	20
2.3.3	<i>Dispositif de sélection et répartition</i>	21
2.3.4	<i>Invasion par des mauvaises herbes</i>	25
2.4	CONCLUSIONS GENERALES SUR LA FILIERE FILTRES PLANTES DE ROSEAUX.....	26
3	ESSAI DE COMPARAISON DES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX AUX AUTRES FILIERES :	27
4	ANNEXES.....	31

1 CULTURES FIXEES SUR SUPPORTS FINS :

GENERALITE - (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																					

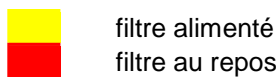


Figure 1 : alternance des phases de repos et d'alimentation avec permutation des filtres les mardis et vendredis

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 m³) entrant à la station et le nombre de bâchée (n) que l'on veut réaliser par jour.

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

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 2 m2/EH dont 1,2 m2/EH 1 étage 2 étage	37,5 cm /j	1 étage 1 semaine /3
		37,5 cm /j	2ème étage 1 semaine /2
	FPR compact 1 m2/EH dont 0,6 m2/EH 1 étage 2 lits sur les étages	50 cm /j	1 étage 0,5 semaine /1
		75 cm /j	2ème étage 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 FILTRES PLANTES DE ROSEAUX

2.1 Présentation théorique de la filière :

La filière de traitement est composée de :

- Un dégrilleur
- Un premier dispositif d'alimentation et de distribution
- Un premier étage de filtres verticaux plantés de roseaux
- Un second dispositif d'alimentation et de distribution
- Un deuxième étage de filtres verticaux plantés de roseaux
- Un canal de mesure.

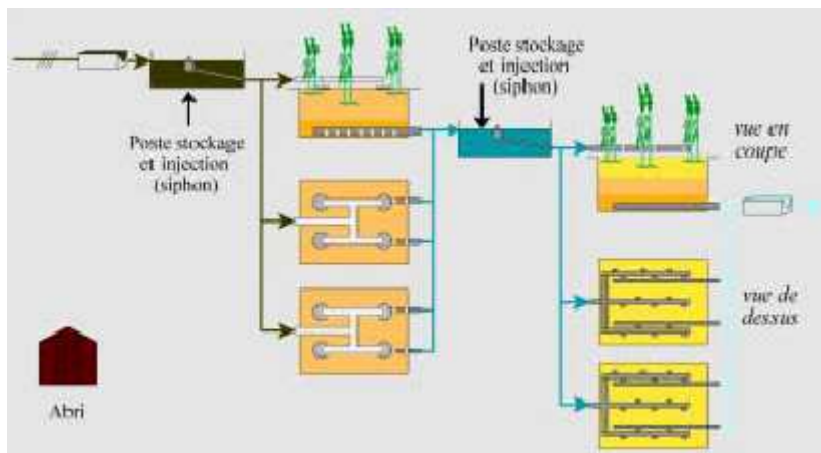
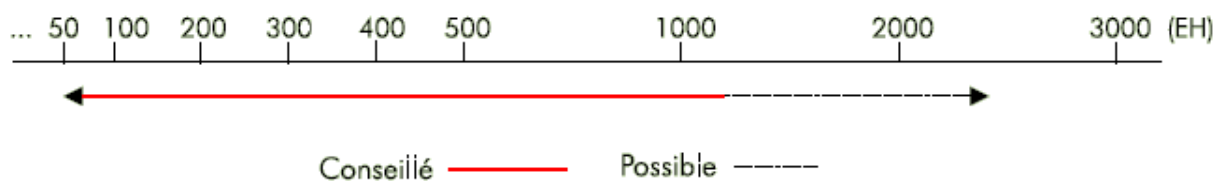


Figure 2 : schéma de principe des filtres plantés de roseaux (document technique FNDAE n°22)

Rôle

La finalité de la filière est la même que pour les deux précédentes : élimination de la pollution organique et filtration de MES. Cependant sa tolérance aux surcharges hydrauliques momentanées est plus importante.

Domaine d'application



Principe de traitement

Les processus épuratoires sont assurés par les micro-organismes fixés dans le milieu filtrant (gravier fin ou sable) mais aussi par ceux présents dans la couche de boues formée sur le premier étage. Les roseaux vont limiter le colmatage grâce à leur réseau de rhizomes et aux multiples tiges qui viennent percer les dépôts formés. Ils assurent également une protection contre le gel.

Mais ces végétaux n'exportent qu'une part négligeable des nutriments apportés par les effluents (azote, phosphore...).

Point important : à la différence des filtres à sable ou bassins d'infiltration percolation vus précédemment, cette filière se passe de prétraitement type fosse ou décanteur et permet l'admission des eaux brutes (après simple dégrillage) directement sur le premier étage.

Le deuxième étage, constitué majoritairement de sable, finalise le traitement de la matière organique ainsi que l'oxydation des matières azotées. L'alimentation des massifs filtrants se fait toujours sous forme de bâchées pour permettre un bon renouvellement de l'air et une bonne répartition sur le massif filtrant. On retrouve un dispositif d'alimentation distinct (augets, chasse pendulaire...) pour chaque étage.

Dimensionnement

Le dimensionnement reprend sensiblement les mêmes paramètres que pour les deux procédés précédents :

- La granulométrie du matériau filtrant
- La hauteur de matériau
- Les charges hydraulique et organique appliquées.

Le matériau filtrant est mis en œuvre par couches de granulométrie différente :

- Pour le premier étage, la couche superficielle est composée de gravier de granulométrie comprise en 2 et 8 mm sur une épaisseur d'environ 50 cm. Les couches sous-jacentes sont des couches intermédiaires de granulométrie plus grossière utilisées comme séparation pour atteindre la couche drainante constituée de galets de granulométrie comprise entre 20 et 60 mm.
- Le deuxième étage est recouvert d'une couche de sable d'environ 30 cm puis d'une épaisseur de gravier et enfin une couche drainante constituée de galets.

La hauteur de matériau à mettre en place varie pour le premier étage de 0.75 m à 0.90 m. Le deuxième étage est légèrement plus profond sans dépasser pour autant 1 m.

La charge hydraulique **préconisée pour le premier étage est de 12 cm/j soit 1.2 m²/EH. Pour le deuxième étage, la surface unitaire est de 0.5 à 1 m²/EH. En cumulant les deux étages, nous arrivons à une surface unitaire minimum de 2 m²/EH dont 60 % pour le premier étage.**

$$S_{\text{totale massif filtrant}} (\text{m}^2) = \text{nbre EH} \times 2 \text{ à } 2.5$$

$$S_{\text{1er étage}} = 0.6 \times S_{\text{totale}}$$

$$S_{\text{2nd étage}} = 0.4 \times S_{\text{totale}}$$

2.2 Retour d'expérience sur le département de la Loire :

Le suivi d'assistance technique de la MAGE concerne 17 stations du département de la LOIRE de capacité comprise entre 80 et 600 équivalents habitants. Pour ces installations des prélèvements d'échantillons et des observations détaillées sont réalisés 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 2 à 10 analyses environ) en fonction de l'ancienneté de la convention d'assistance technique établie avec la collectivité concernée.

Tableau 2 : présentation des filtres plantés de roseaux suivis par la MAGE :

station numéro	mise en service	capacité	Charge organique si 40g DBO5/hab/j	Nbre d'analyses
401	2002	300	22%	4
402	2003	600	37%	5
403	2004	400	37%	2
404	2003	380	38%	5
405	2001	350	41%	5
406	2004	80	46%	4
407	2003	450	49%	3
408	2001	110	49%	3
409	2003	250	51%	3
410	2002	475	55%	8
411	1999	120	60%	10
412	2002	80	47%	3
413	2004	100	63%	3
414	2002	80	93%	3
415	2001	200	35%	6
416	2002	130	60%	4
417	2003	140	43%	2

Dimensionnement :

- inférieur à 2 m²/EH pour les stations 416, 405, 411 et 402 (de 1.4 à 1.7 m²/EH) ;
- proche ou supérieur à 2.5 m²/EH pour 406, 417, 411, 412 et 413.
- Proche de 2 m²/EH pour tous les autres sites.

Le dimensionnement réduit des premiers cités semble dû à un non respect, lors des travaux, du dimensionnement initialement prévu à 2 m²/EH.

Taux de charge organique :

Il est estimé sur la base de la population raccordée en 2005. Mais certaines des analyses ou bilans 24 h utilisés dans l'évaluation sont antérieurs et peuvent correspondre à des charges reçues inférieures (moins d'abonnés raccordés).

Mode de calcul :

- 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** sur la base de 2 m²/EH à 60 g de DBO5/jour avec , si possible, la superficie réelle des massifs.

Les niveaux de référence choisis pour les rejets sont déterminés à partir des résultats couramment attendus de la filière filtre à roseaux sur ces paramètres :

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

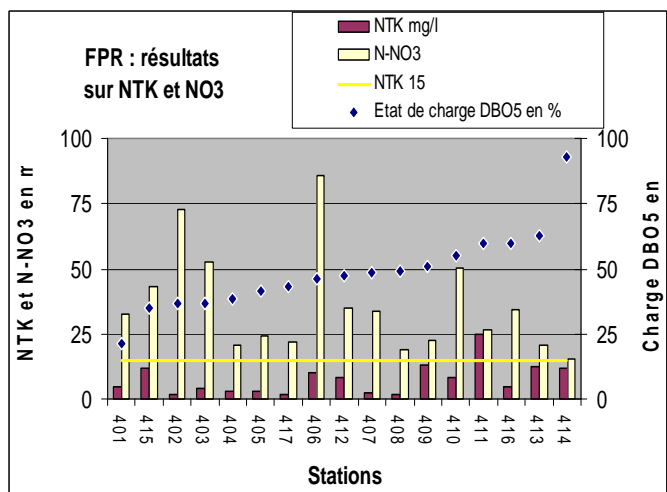
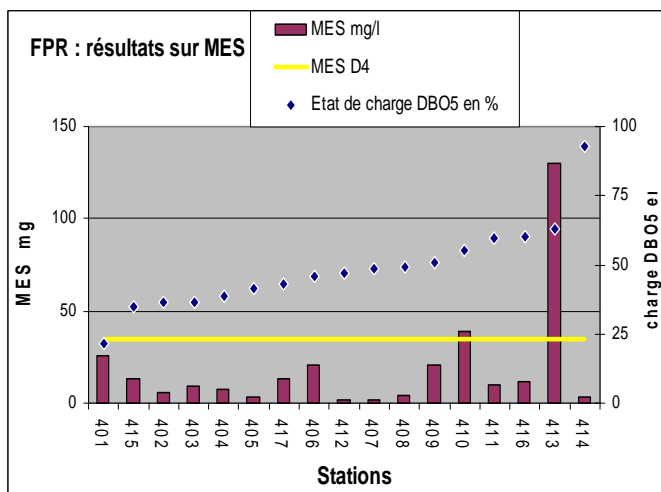
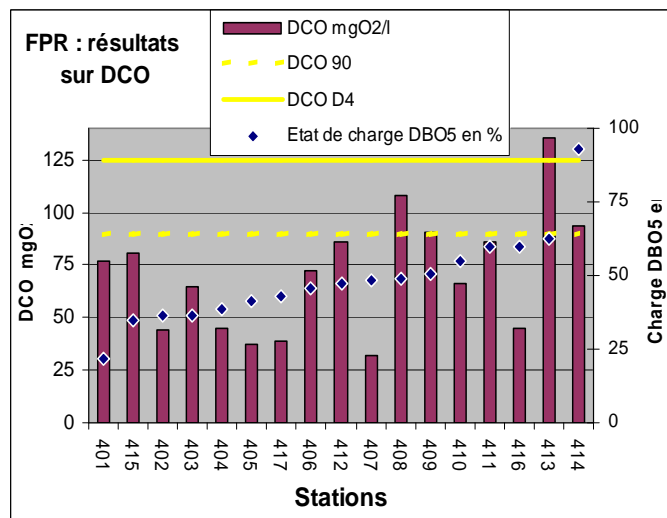
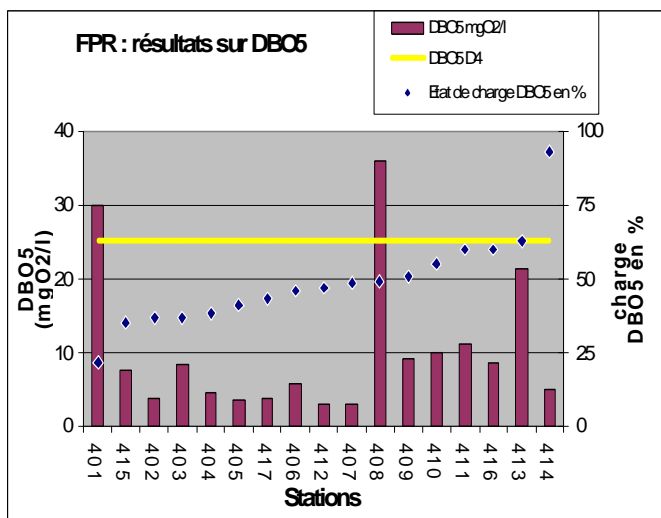
Des bilans 24 heures et des moyennes d'analyses sur échantillons ponctuels sont utilisés dans l'examen des résultats de traitement :

MOYENNES D'ANALYSES SUR DES ECHANTILLONS PONCTUELS :

Figure 3 : Présentation des résultats sur DBO5, DCO, MES, NTK et NO3:

Les stations en abscisses sont rangées par ordre croissant de charge organique (DBO5) estimée pour 2005. Les concentrations données sont calculées à partir des moyennes de toutes les visites jusqu'à la fin 2005 .

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 : à priori plus fort relargage de nitrates au début de la mise en service du lit filtrant.



Commentaires :

Les niveaux de références sont respectés pour une majorité de stations et de paramètres, particulièrement en ce qui concerne les paramètres de pollution carbonée (DBO, DCO, MES).

Pour ce qui concerne les résultats sur la pollution azotée, les données sont plutôt favorables (12 installations sur 17 en dessous des seuils ; une seule au delà des 15 mg/l), surtout si on les compare à celles des filtres à sable et bassins d'infiltration percolation .

Explications de certains dépassements :

DBO5 :

- l'excès de DBO5 pour la station **401** provient d'une analyse 2003 assez mauvaise (démarrage de la station) et qui relève fortement la moyenne, les valeurs ultérieures étant beaucoup plus basses.
- Même explication pour DBO5 moyenne de la station **408**.

DCO :

- l'excès relevé pour la station 408 provient aussi d'une analyse 2002 qui pèse sur la moyenne.
- D'autres valeurs un peu supérieures ou proches du niveau moyen 90 mg/l sont plus liées à des dysfonctionnements, en particulier pour la station 413.

MES :

- nets dépassements sur l'année 2005 pour la station 413.

NTK :

- Le dépassement de la station 415 est uniquement lié à une période récente de mauvais fonctionnement de la bâchée.
- Par contre celui de la station 411 est assez représentatif d'un mauvais traitement chronique de l'azote du fait du colmatage de son massif de deuxième étage constaté depuis 2002.

BILANS 24 H :

Des bilans 24 h ont été effectués par la MAGE entre 2002 et 2005 sur les stations filtres à roseaux de plus de 200 Equivalents habitants.

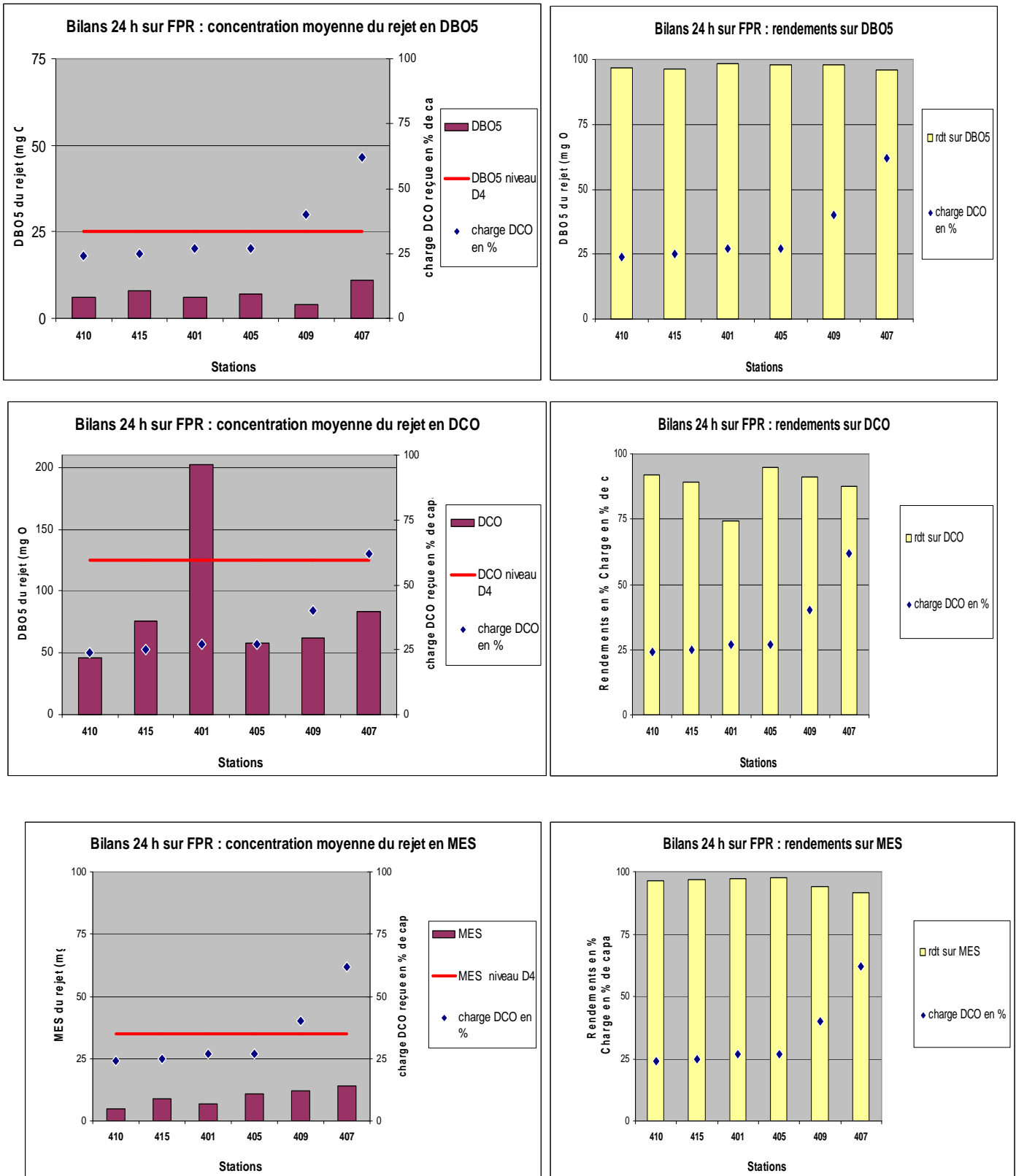
Tableau 3 : analyse du rejet 24 heures / rendements d'épuration par paramètres / charge DCO reçue en % du nominal .

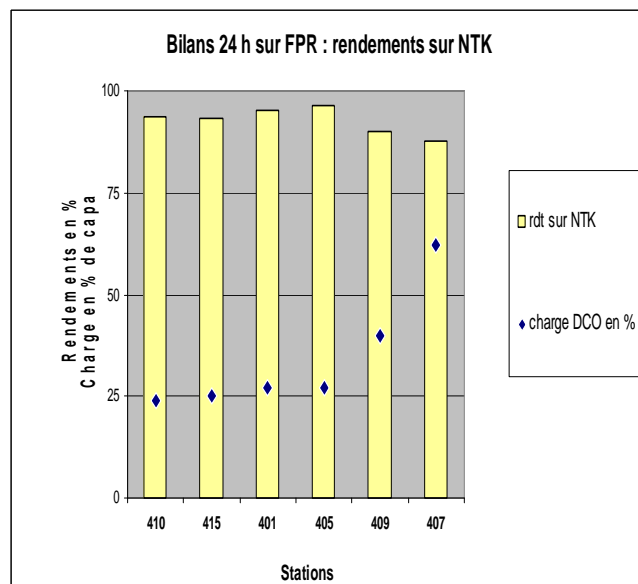
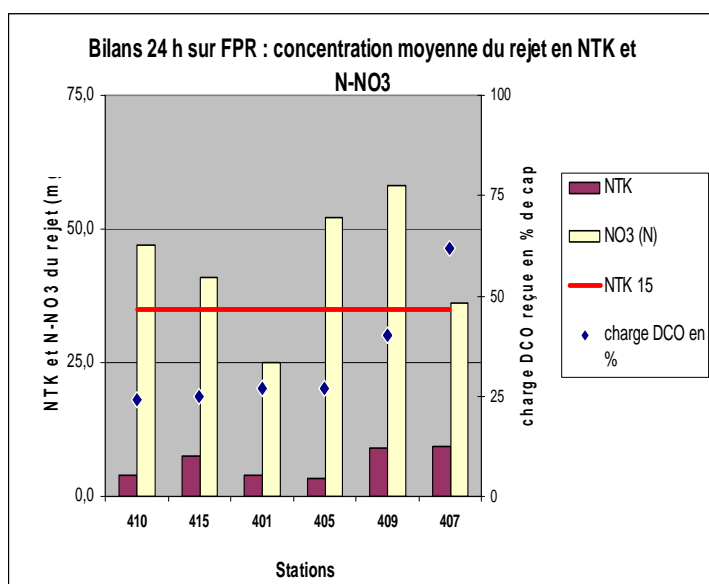
Station		DBO ₅	DCO	MES	NH ₄ (N)	NTK	NO ₂ (N)	NO ₃ (N)	NGL	Pt	PO ₄ (P)
407	mg/l	11	83	14	6,9	9,3	0,7	36,1	46,1	8,2	6,6
	rendement %	96	88	92	89	88			39	47	36
	charge organique (DCO)	62%									
401	mg/l	6	202	7	3,5	3,8	0,40	25,0	29,2	5,1	4,5
	rendement %	98	74	97	94	95			65	57	43
	charge organique (DCO)	27%									
415	mg/l	8,0	75,5	9,0	4,9	7,6	0,3	41,0	48,9	5,7	5,3
	rendement %	96	89	97	93	93			54	65	49
	charge organique (DCO)	25%									
410	mg/l	6	46	5	2,0	3,8	0,0	47,3	51,1	2,4	2,3
	rendement %	97	92	96	96	94			15	75	63
	charge organique (DCO)	24%									
409	mg/l	4	62	12	6,9	8,9	0,05	58,4		13,6	10,9
	rendement %	98	91	94	90	90				30	
	charge organique (DCO)	40%									
405	mg/l	7,0	58,0	11,0	0,5	3,2	0,4	52,3	55,8	9,8	8,4
	rendement %	98	95	98	99	97			39	49	21
	charge organique (DCO)	27%									

Commentaires :

- Ces 6 bilans se sont déroulés avec des charges hydrauliques inférieures aux charges nominales (de 20 % du débit nominal pour 405 à 72 % pour 407) ;
- Les prélèvements 24 heures d'eau traitée **respectent tous le niveau D4 sauf** pour 1 où le passage d'un effluent de type vinicole était suspecté ;
- La **pollution azotée est bien traitée** (NTK inférieur à 15 mg/litre et même 10 mg/l dans le rejet sur 24 h) .

Figure 4 : représentation graphique des bilans cités dans le tableau 3 :





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) ;
- *nécessité de déversements pour protéger les ouvrages en cas de trop fortes précipitations ;*
- problèmes sur le prétraitement (dégrillage, relevage éventuel...)
- problème sur le système de bâchée ;
- problème de répartition d'effluent sur les filtres plantés de roseaux ;
- autre problème sur les filtres plantés ;
- problèmes d'exploitation : charge d'exploitation jugée excessive ou non au regard des dysfonctionnements à suivre ;
- autre point : problème particulier non listé précédemment.

Pour chaque installation le **tableau 4** 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 (par exemple : 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 4 : principaux points de difficultés relevés par le suivi des ouvrages (en rouge ou jaune selon l'importance) pour chaque site

step numéro	réseau ECP	réseau EPP	DEVERSEMENT	PRETRAIT	BACHEE	REPARTITION	FILTRES PLANTES	EXPLOITATION	AUTRE POINT
401									effluents
402									
403									
404									
405									
406									
407									
408					compteur				
409									
410									
411									effl. Graisseur
412					compteur				
413									
414					flexible				
415									charge irrég.
416									
417									effluents industri

Installations présentant les plus grands nombres de difficultés :

Pour la station 413 des problèmes de conception et réalisation : la fragilité du système de bâchée à clapet entraîne, en 2005, une alimentation en continu des lits. Par ailleurs, le système de distribution paraît peu efficace (moins de 1 m² autour des points d'injection). Enfin il manquait, en 2005, des séparations entre les casiers du 1^{er} étage.

Ces différents facteurs peuvent expliquer les mauvais résultats sur MES et DCO par des passages préférentiels et une mauvaise utilisation du massif (zones surchargées et zones non utilisées).

Problème supplémentaire ; dégrillage très fin (pour protéger la chasse à clapet) , nécessitant un suivi assidu : corrigé fin 2005.

La station 411 a présenté dès ses débuts un colmatage de son deuxième étage (qualité du sable en cause et/ ou conditions de sa mise en place) et son fonctionnement reste plus ou moins altéré par cette situation (mauvaise percolation d'où un traitement incomplet de la pollution azotée).

Problèmes plus généraux :

SURCHARGES HYDRAULIQUES :

- **des excès hydrauliques**, principalement dus aux eaux pluviales nécessitent un réglage et un suivi en conséquence du déversoir d'orage sur 8 des 17 stations. (Cet organe est mal conçu sur la station **402** où des déversements de temps sec se produisent).

- Ce problème des surcharges hydrauliques, notamment en périodes de nappe haute, donne toute son importance au suivi des débits admis dans les ouvrages par des compteurs de bâchées suffisamment fiables (voir les volumes moyens journaliers de janvier à mai 2005 pour plusieurs des installations).
- La **disposition et l'excessive finesse du dégrillage dans le regard amont** peuvent aggraver les déversements si les accumulations apportées par les à-coups hydrauliques forment barrage sur le dégrilleur (station **413** notamment) ;
- **Sur la station 417, des excès d'eaux claires parasites** (période de nappe haute) entraînent un long fonctionnement du relevage et des excès journaliers en nombres de bâchées : les filtres ne peuvent se ressuyer correctement à la longue d'où réserves émises sur l'avenir des filtres à roseaux. Une des pompes (utilisées aussi pour l'injection sur le premier étage) est tombée en panne courant 2004 suite à des dommages créés par des apports de sables et graviers liés aux périodes chargées sur le plan hydraulique.

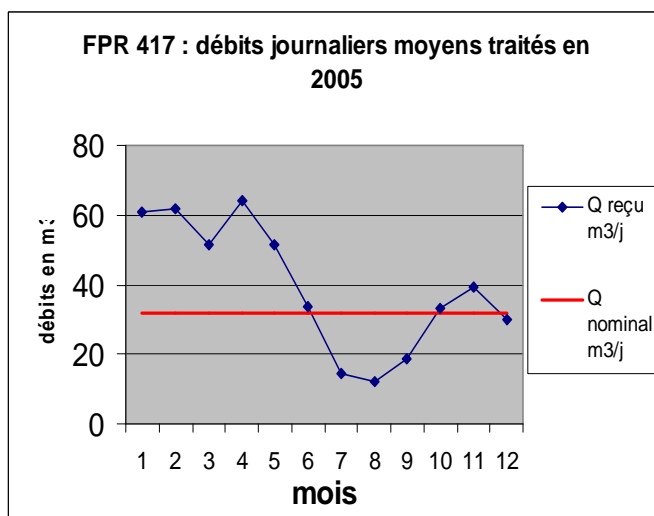
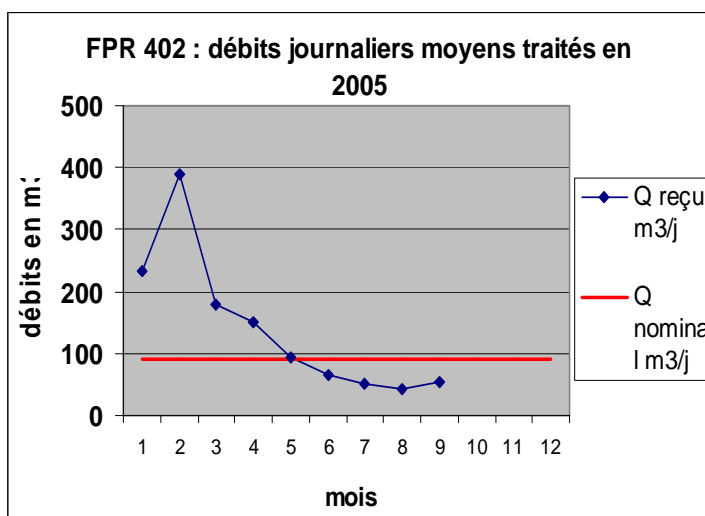
Débits journaliers moyens admis en 2005 sur plusieurs des filtres plantés de roseaux suivis par la MAGE : les graphiques suivants permettent de comparer les moyennes observées en comparaison avec le débit nominal de chaque ouvrage :

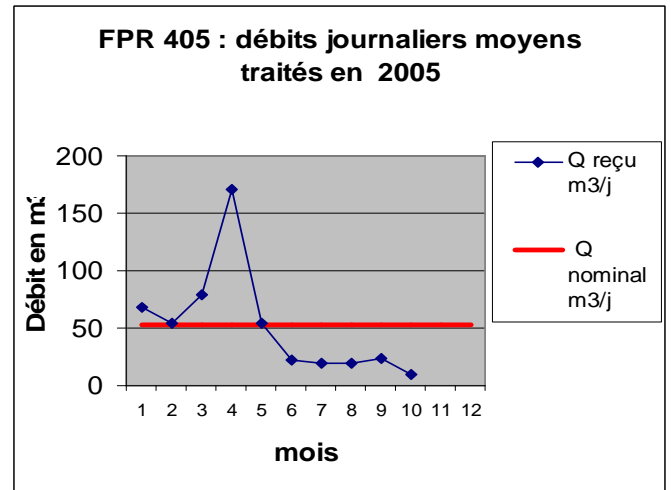
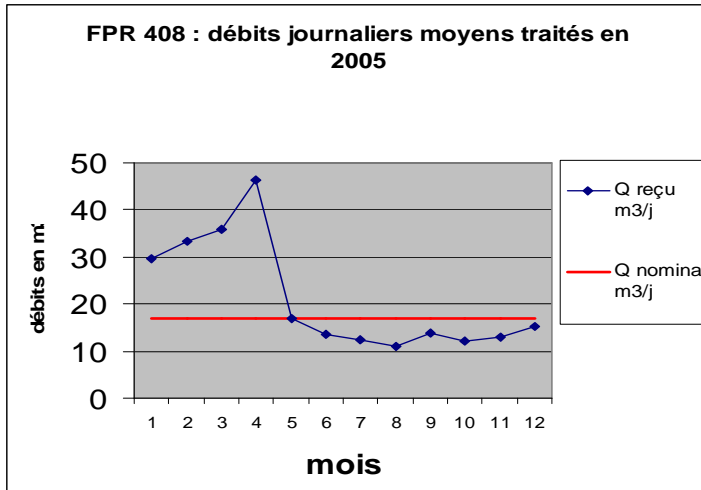
Sur au moins 4 stations, les excès hydrauliques sont constatés en période de nappe haute du début 2005 (en particulier au mois d'avril 2005 particulièrement pluvieux).

Les moyennes journalières observées sont au delà du débit nominal de ces sites.

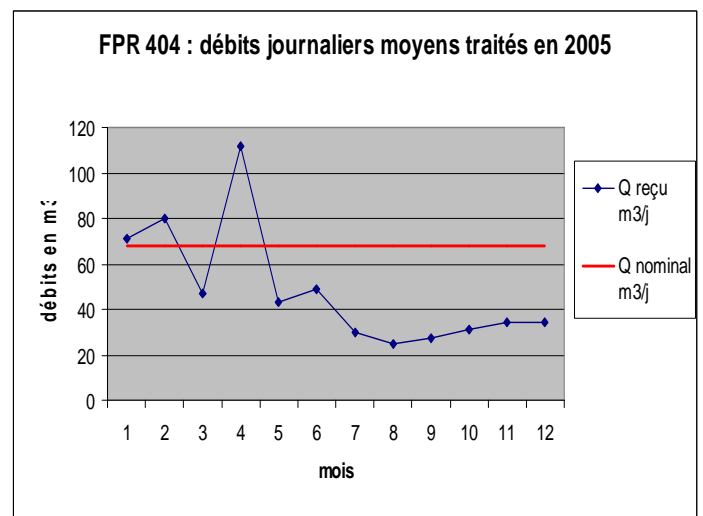
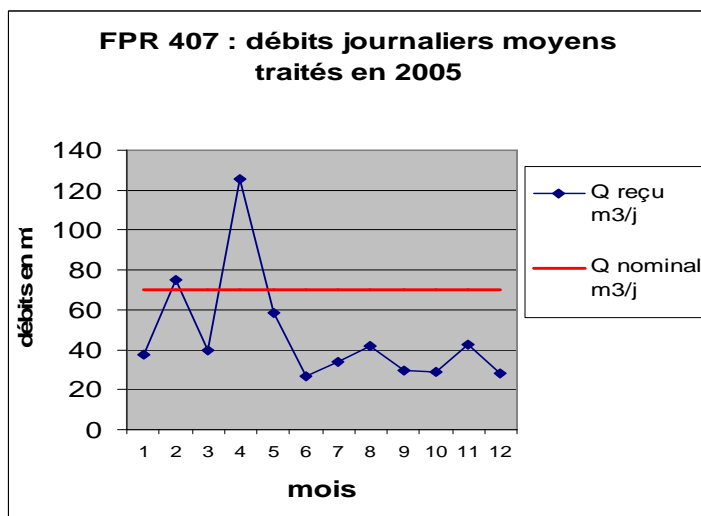
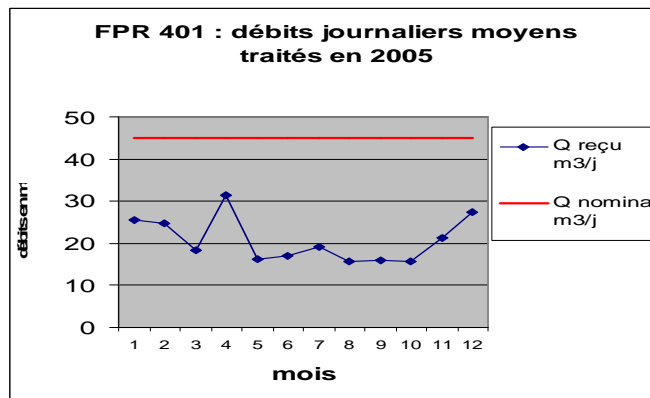
Figure 5 : Suivi des débits journaliers moyens reçus en 2005 : chiffres obtenus avec les relevés réguliers de compteurs de bâchées

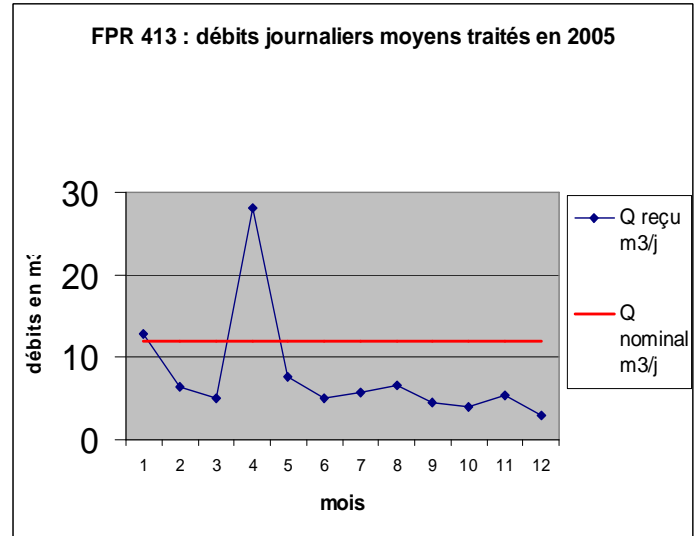
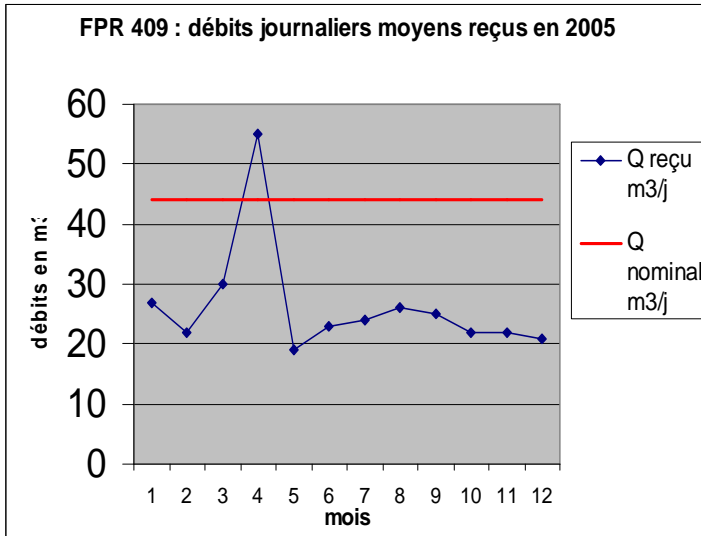
Les 4 sites où les moyennes de débits journaliers moyens sont restés , durant plusieurs mois du début 2005, nettement au-dessus des capacités nominales des ouvrages.





Pour les sites **402** et **417**, les forts débits admis dans les ouvrages pèsent sur les coûts d'exploitation du relevage en entrée et peuvent altérer la longévité des pompes. A l'inverse, ci-dessous, les relevés effectués pour **401** confirment le caractère **séparatif** du réseau d'eaux usées connecté et, pour les sites 404, 407, 409 et 413, permettent de mettre en évidence le caractère plutôt ponctuel des excès hydrauliques.





Pour l'heure, ces périodes de fonctionnement en surcharge hydraulique ne semblent pas avoir durablement affecté les capacités épuratrices des filtres concernés. Il faut toutefois souligner la relative jeunesse des installations (moins de 4 ans pour la plupart).

Outre les relevages, la sollicitation des mécanismes de bâchées par de forts apports hydrauliques journaliers entraîne plus de risques de dysfonctionnements de ces derniers : cas d'une panne de bâchée par électrovanne que le constructeur lui-même considérait comme normale du fait de la persistance de débits pratiquement double du nominal.

AUTRES POINTS :

- **MAUVAISES HERBES** : sur plusieurs sites , **des développements de mauvaises herbes sont tels qu'ils anéantissent les roseaux** : cas particulier des stations **404** et **405** où les liserons blancs occupent tout ou partie de certains casiers avec nécessité d'une intervention assez lourde pour leur destruction manuelle. Des orties sont signalées ailleurs (moins envahissantes ??) ;
- **PH ACIDES DES REJETS** :

Enfin, au moins 6 stations à filtres plantés de roseaux présentent **des eaux traitées à pH très acides : valeurs récurrentes de 3 à 5** (alors que les eaux usées ont des valeurs classiques (de 7 à 8) pour ce paramètre). De tels pH acides sont également signalés sur d'autres systèmes filtrants tels que des BIP, mais leur persistance est particulièrement nette sur les filtres à roseaux, en lien avec une forte nitrification.

Pistes d'explication envisagées :

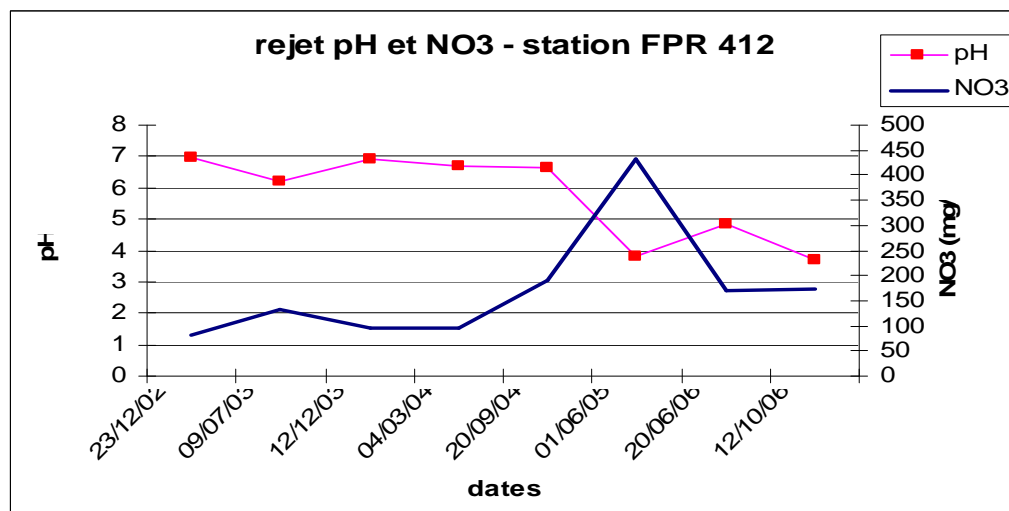
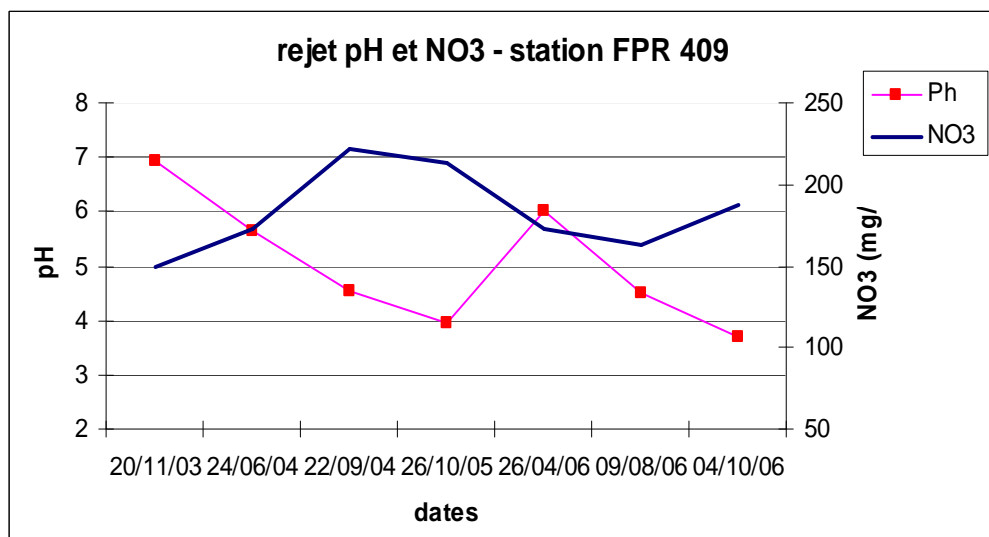
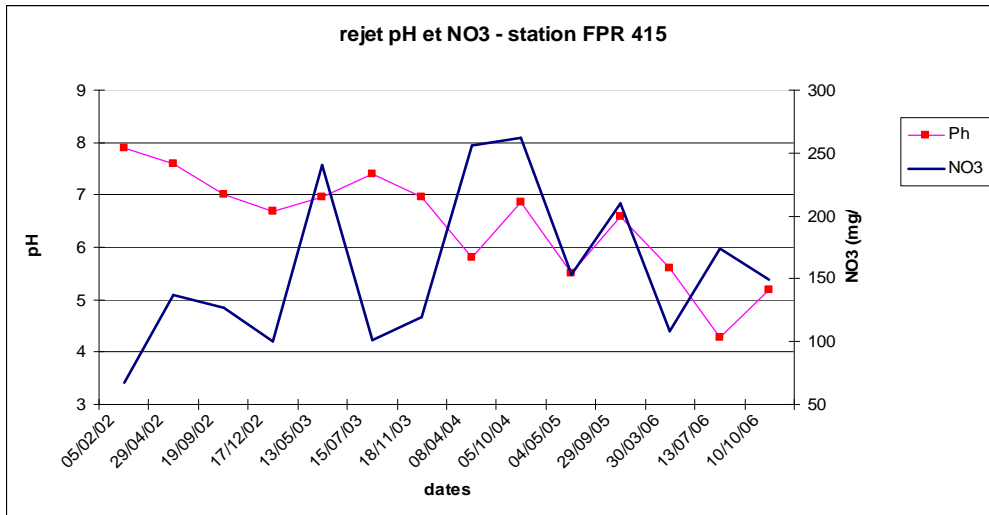
- la qualité du sable et son manque de réserves calciques après quelques années d'infiltration percolation (dissolution et lessivage de ces éléments basiques par les flux chargés en nitrates et leur acidité associée HNO₃) ;
- le rôle joué par les caractéristiques physico chimiques de l'eau potable utilisée par la collectivité : pouvoir tampon plus ou moins important .

Question : peut-on craindre une altération de la capacité des massifs à nitrifier si des conditions acides s'y installent durablement ?...

figures 6 :

Présentation des pH et concentrations en nitrates observés sur différents prélèvements ponctuels réalisés de 2002 à 2006 sur les filtres à roseaux **409, 412, 415** :

- tendance à une baisse des pH de rejets sur la période ;
- lien entre PH faibles et fortes concentrations en nitrates.



2.3 Illustration des dysfonctionnements constatés :

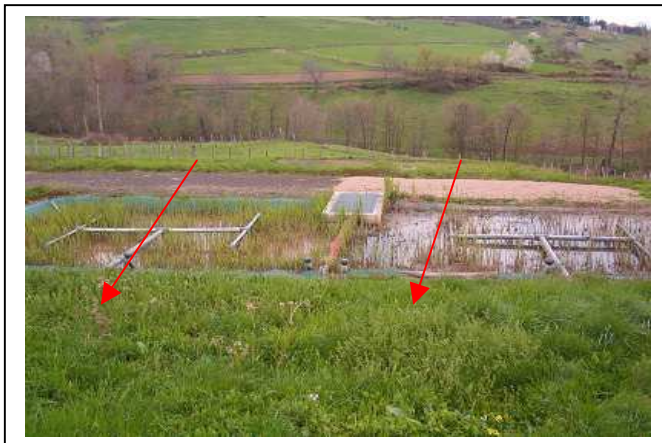
2.3.1 Excès hydrauliques :



Ravinements sur un premier étage de filtre planté de roseaux et stagnation des effluents suite à des excès hydrauliques sur le réseau.



Apport de matières en suspensions et d'éléments grossiers dans le dispositif de bachee suite à l'à-coup hydraulique : entrave à la bonne fermeture du clapet de la chasse.



Stagnation d'effluents sur un premier étage de filtres à roseaux suite à des apports hydrauliques trop soutenus

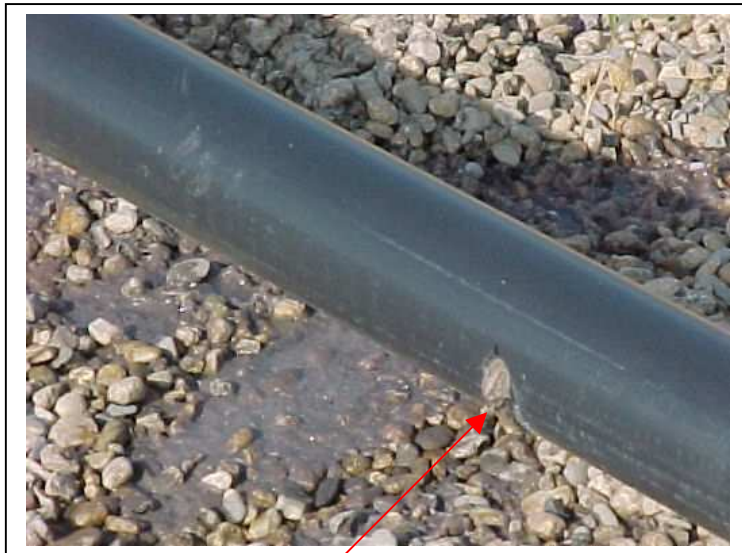


Dessableur implanté en amont d'un relevage pour filtre à roseau où galets et graviers étaient régulièrement apportés dans la première bachee par le relevage.



Dégrilleur en partie colmaté par des déchets après un à-coup hydraulique : risque de mise en charge du réseau en amont et de déversement intempestif par le déversoir précédant ce dégrilleur.

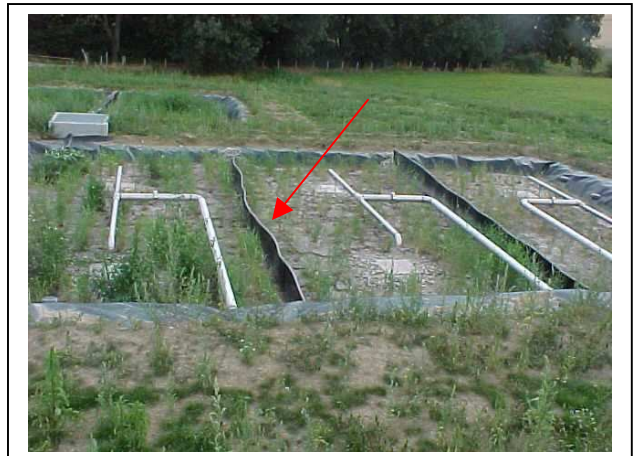
2.3.2 Répartition d'effluents et massifs plantés de roseaux



Drain de répartition « type filtre à sable » inadapté aux eaux brutes chargées reçues sur **un premier étage de filtres à roseaux**. Les fentes de distribution de la canalisation sont obstruées par les matières en suspension .



L'utilisation de tuyau PVC de faible diamètre (photo) est déconseillée puisque la déformation due aux UV et la casse causée par le gel vont considérablement réduire la durée de vie de l'ensemble. De plus un tel dispositif n'est pas démontable pour faciliter le travail de curage.



Malgré le fait que la filière par filtre plantés de roseaux soit une filière dite rustique, les matériaux utilisés, pour les différents ouvrages et canalisations, doivent résister aux conditions extrêmes UV, gel, pression, divers travaux... Ici des plaques de séparation déformées.

2.3.3 Dispositif de sélection et répartition



L'adoption d'une bouche à clef pour la sélection des lits alimentés ne permet pas de contrôler l'absence de fuite de la part de l'ouvrage de bâchée en amont et ne permet pas de savoir très vite quel est le lit alimenté : dispositif déconseillé



A l'inverse, un regard de sélection assez large et équipé de simples tuyaux PVC pour boucher alternativement les départs vers les différents lits permet une manipulation assez simple et un contrôle permanent de l'absence de fuite de la bâchée en amont

Filtres plantés de roseaux avec postes de relevage en tête



Le poste de relevage installé sur ce site comporte 3 pompes, chacune étant affectée à l'alimentation d'un lit du premier étage : inconvénient, la panne d'une pompe ne permet pas d'alimenter le casier correspondant et perturbe la bonne marche des alternances.

Autre inconvénient : les débits demandés à ces pompes sont assez importants pour permettre une bonne répartition des effluents d'où une puissance installée plus forte que pour un simple relevage : il semble préférable de privilégier un dispositif du type **relevage suivi d'ouvrage de bâchée à siphon ou chasse**

Figure 7 : Schéma simplifié des installations d'un FPR avec alimentation directe du 1^{er} étage par poste de relevage : débit de pompage plus fort (par exemple 80 m³/h pour un premier étage où chaque lit mesure 183 m² - une pompe par lit) pour la bonne répartition des effluents que dans le cas d'un simple relevage (8 à 15 m³/h) suivi d'un ouvrage de bâchée. Configuration plutôt déconseillée du fait des coûts d'entretien et fonctionnement des pompes à fort débit.

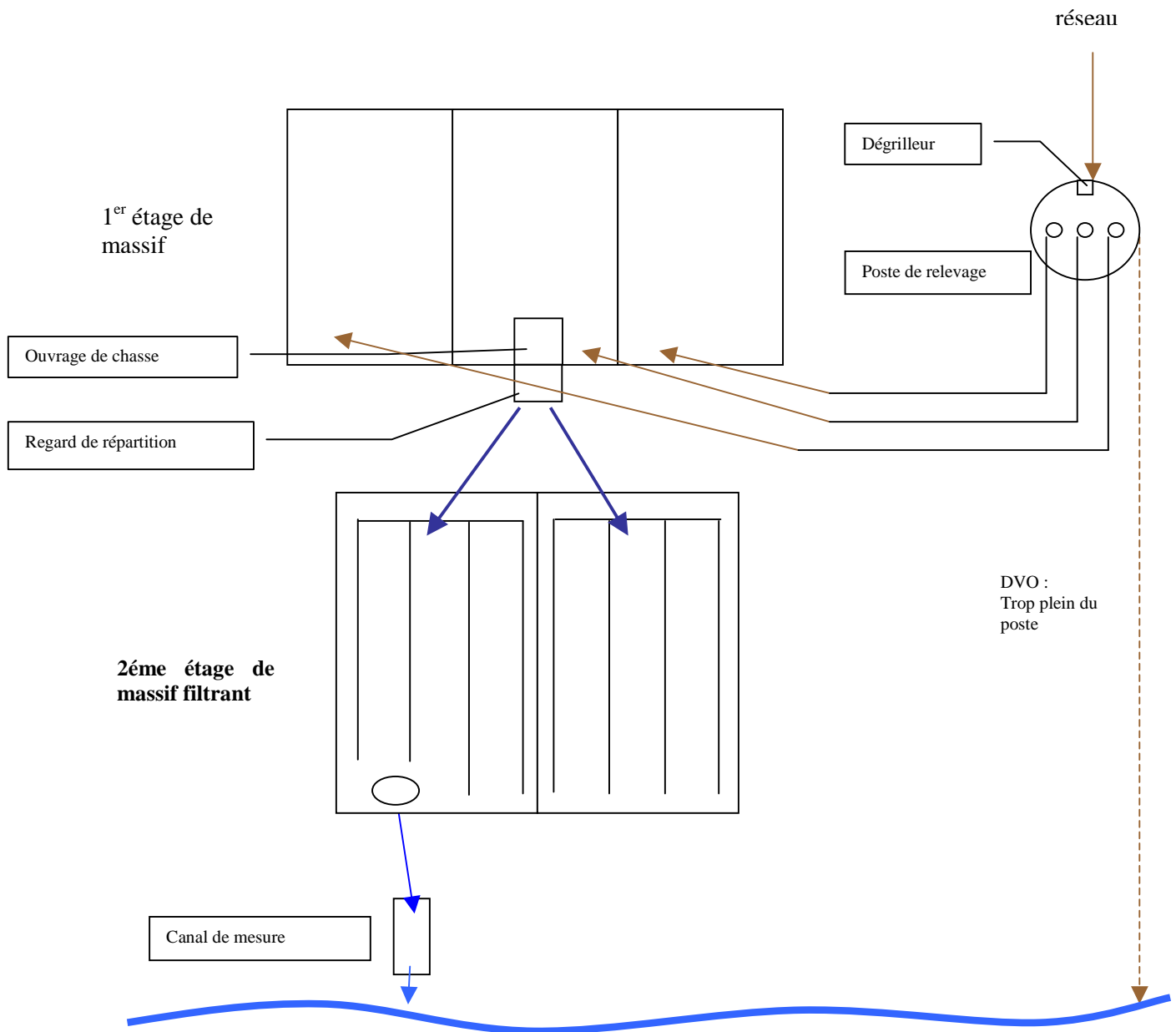
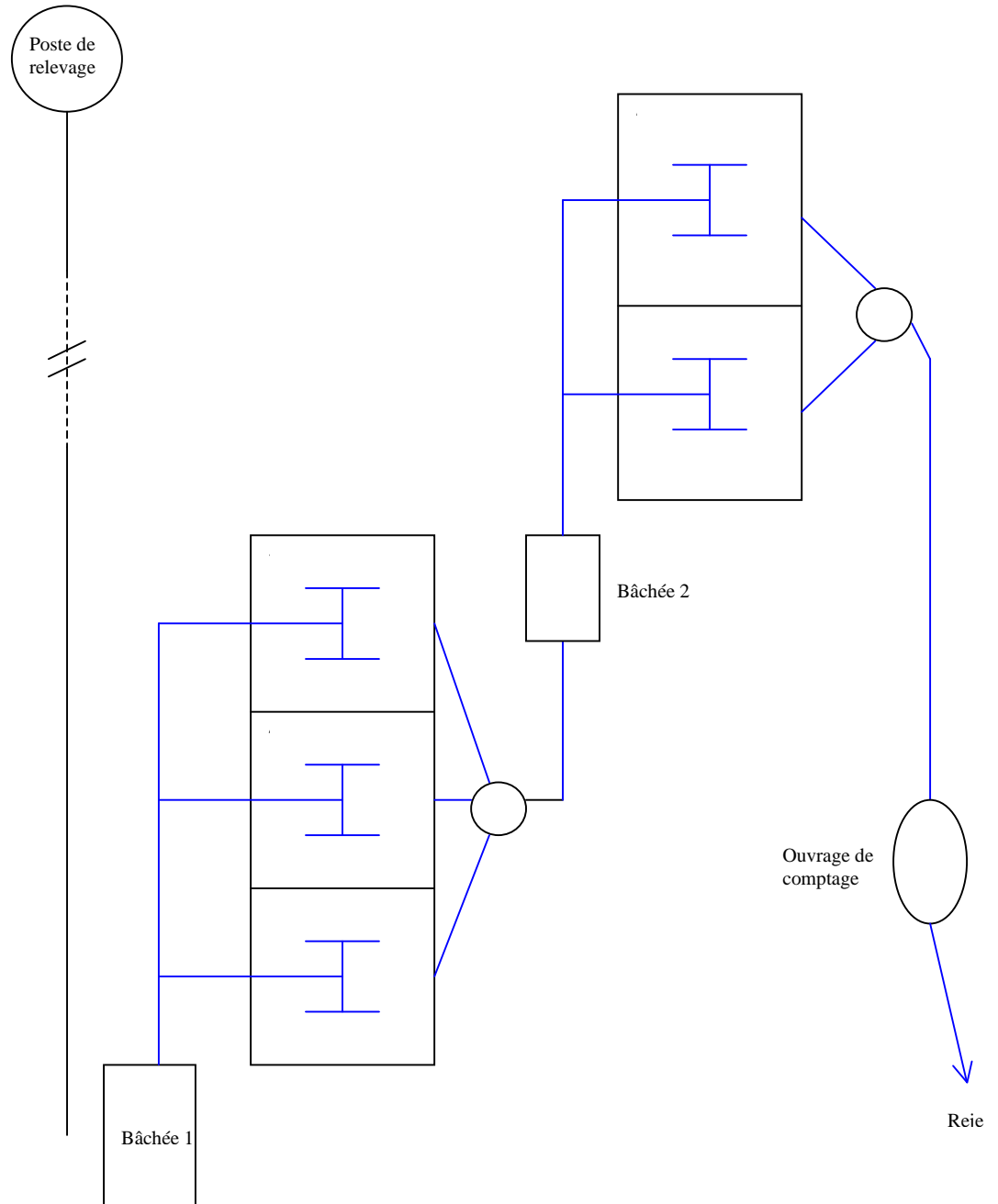


Figure 8 : Schéma d'alimentation par relevage avec deux pompes (débit de 8 à 15 m³/h) fonctionnant en alternance et alimentant un premier ouvrage de bâchée automatique : coût moindre d'exploitation engendré par ce type de relevage. Schéma préférable au dispositif avec une pompe de fort débit (60, 70, 80 m³ /h) affectée à l'alimentation de chaque lit du premier étage.



2.3.4 Invasion par des mauvaises herbes



Invasion de liserons sur un deuxième étage de filtres à roseaux : ces mauvaises herbes sont détruites (clichés) par une submersion totale du deuxième étage durant plus d'un mois. Il reste toutefois quelques rhizomes viables et les roseaux anéantis par les liserons doivent être replantés au printemps suivant...

Sur un autre site, la lutte contre ces adventices a nécessité une intervention manuelle par les préposés : **il semble nécessaire de réagir dès l'apparition des premiers plants...**



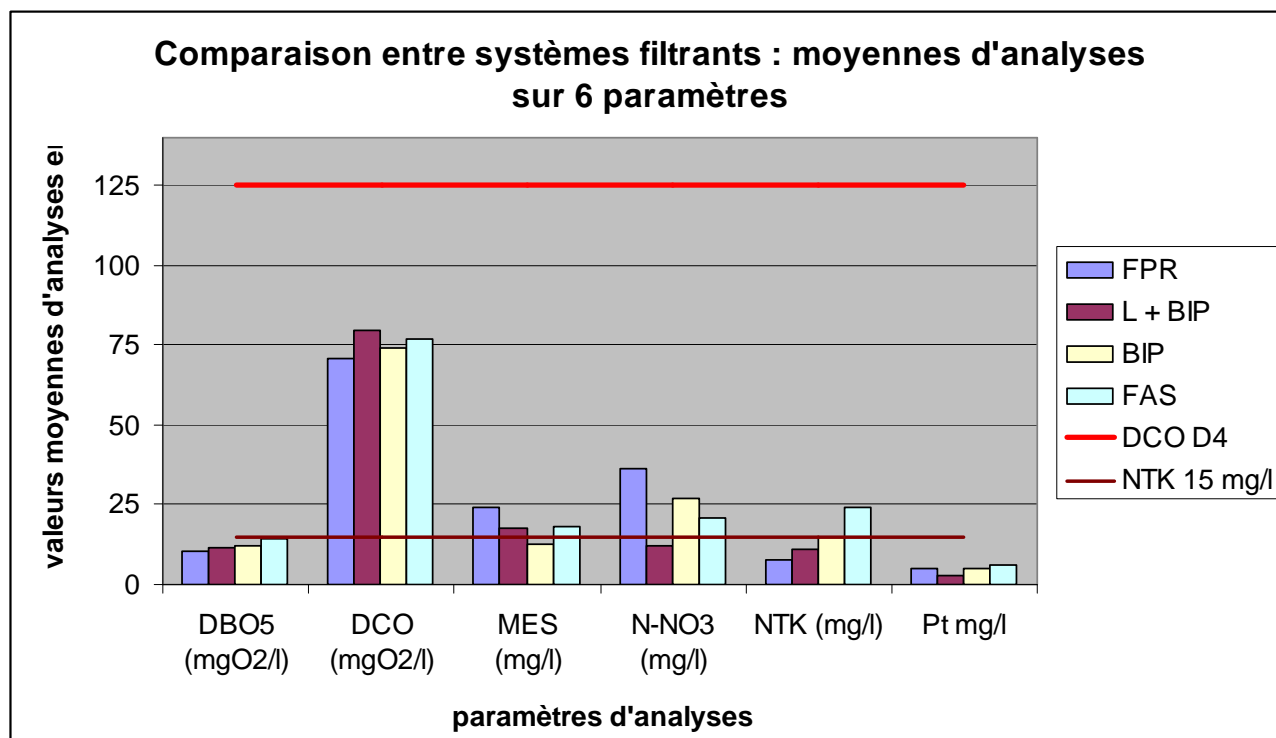
2.4 Conclusions générales sur la filière filtres plantés de roseaux

Pour la plupart , les installations suivies sont assez récentes, sous chargées (seules 4 d'entre elles reçoivent une charge supérieure à 60 % de leur capacité) ;

- 2 sont marquées par de plutôt mauvais résultats avec des causes identifiées : (équipements et ouvrages à revoir pour l'une, sable constituant les massifs pour l'autre).
- les autres présentent pour l'instant des résultats de fonctionnement assez satisfaisants mais obtenus avec un entretien conforme aux recommandations.
- ASPECT GESTION DES BOUES D'EPURATION : sur l'ensemble des filtres à roseaux implantés dans le département, les boues sont – comme prévu – accumulées sur le premier étage de filtre à raison de quelques centimètres pour les installations les plus anciennes (1999) ; le problème de leur évacuation ne se pose pas à court terme mais devra s'organiser dès que les ouvrages atteindront une dizaine d'années de fonctionnement où une hauteur de boues de 20 cm .
- Toutefois, pour une majorité des sites, des conditions **d'excès hydrauliques** sont à surveiller, même si ces conditions n'ont pas eu pour l'instant d'impact durable sur l'efficacité de traitement. Ces conditions pèsent notamment sur les charges d'exploitation des sites où un relevage assure l'admission des eaux usées. Elles pénalisent aussi l'efficacité globale du système d'assainissement en place, du fait des déversements directs d'eaux usées.
- La question des pH acides relevés en sortie de certaines stations a suscité la consultation de différents partenaires techniques. Une étude approfondie du phénomène devrait permettre de clarifier ses conditions d'apparition et proposer des palliatifs (étude en cours à l'automne 2007 et menée par un constructeur).
- Faute de sites concernés dans le département, nous n'avons pas de retour terrain sur les apports des filtres plantés de roseaux :
 - o en amont de bassins de lagunage ;
 - o en aval de lagunages et en lieu et place de bassins d'infiltration percolation : la présence des roseaux permettrait de s'affranchir de la tâche hebdomadaire de scarification des lits de sable...

3 ESSAI DE COMPARAISON DES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX AUX AUTRES FILIERES :

Tableau 5 et figure 9 : comparatif très indicatif à partir des moyennes de résultats d'analyses ponctuelles sur 6 paramètres : seuls les systèmes filtrants sont présentés : FPR, BIP, Lagunes + BIP et FAS :



Types de stations	Paramètres d'analyses ponctuelles : valeurs moyennes par filière					
	DBO5 (mgO2/l)	DCO (mgO2/l)	MES (mg/l)	N-NO3 (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)
FPR	10	71	24	36	8	5
L+BIP	11	79	18	12	11	3
BIP	12	74	13	27	15	5
FAS	14	77	18	21	24	6

Sur l'ensemble des paramètres de pollution carbonée (DBO5, DCO, MES) les 4 filières présentent des résultats comparables respectant tous les seuils choisis sur ces paramètres (DCO niveau D4 et même niveau plus exigeant à 90 mg/l, DBO5 niveau D4, MES niveau D4).

C'est d'avantage sur le plan de la pollution azotée que peuvent se dégager des différences à partir de ces données pourtant lissées :

- filtres à roseaux présentant les meilleures performances de transformation des NTK ;
- filtres à sable présentant les moins bonnes performances sur le traitement de l'azote ;
- BIP et lagunes + BIP en situations intermédiaires.

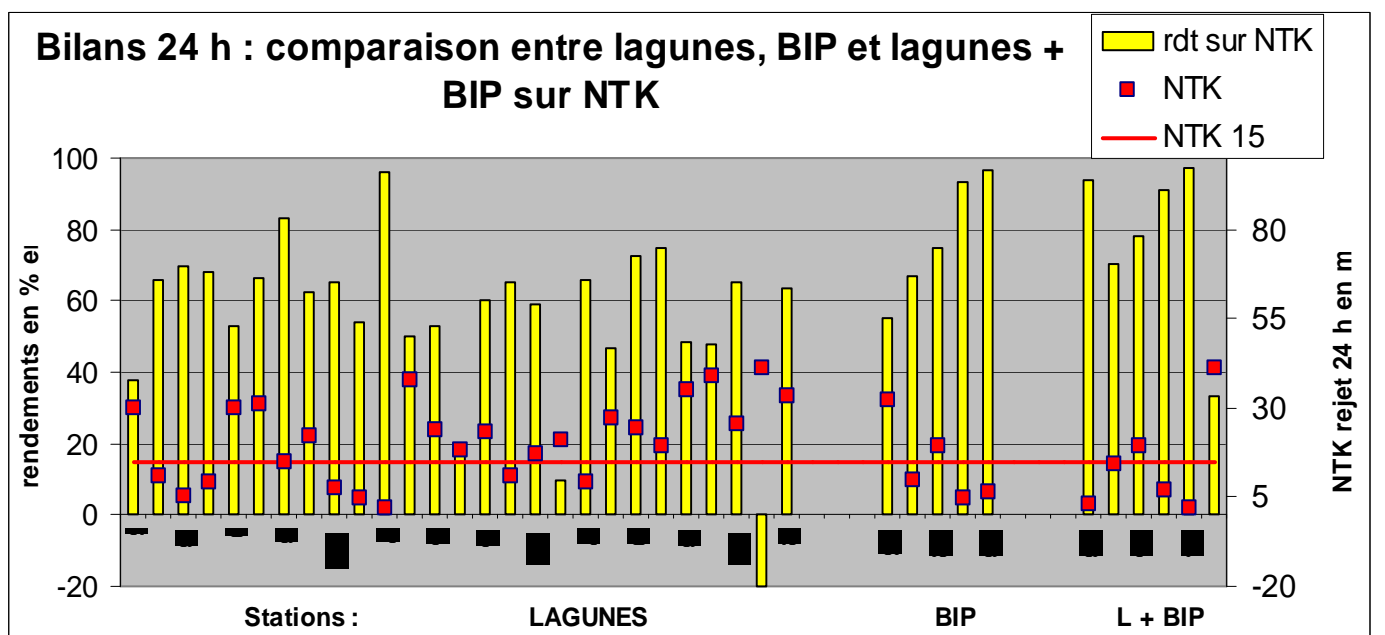
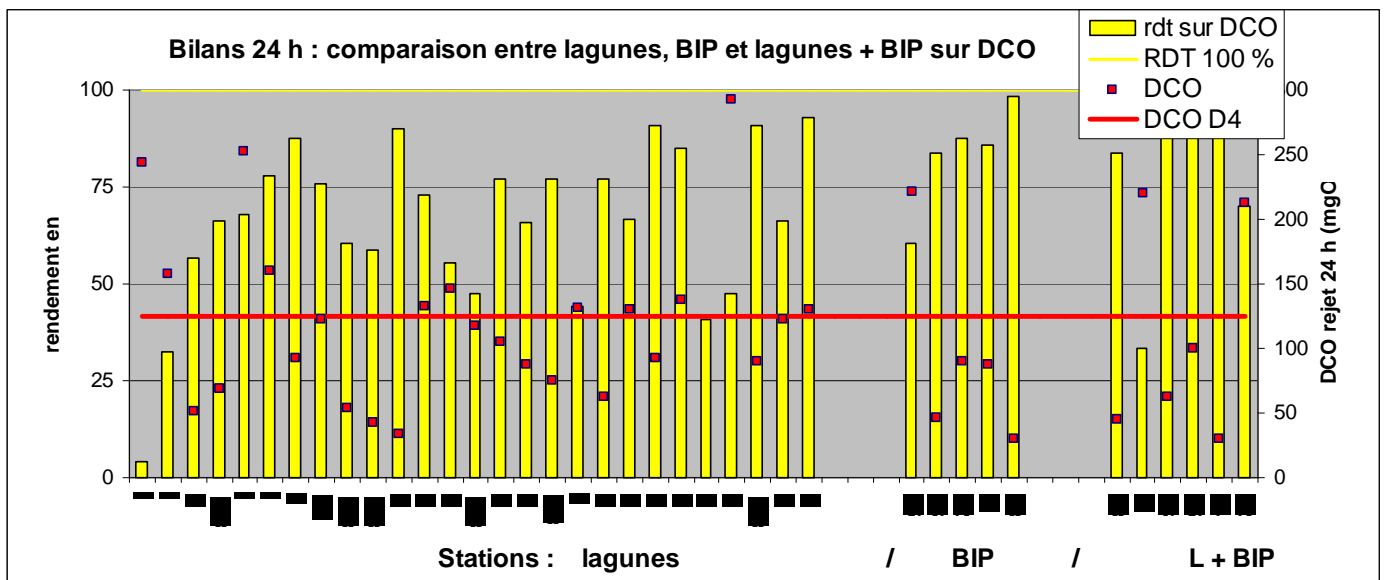
Essai de comparaison des niveaux de rejets des différentes filières :

Essai de comparaison sur les résultats de traitement des différents filières passées en revue (sauf filtres à sable).

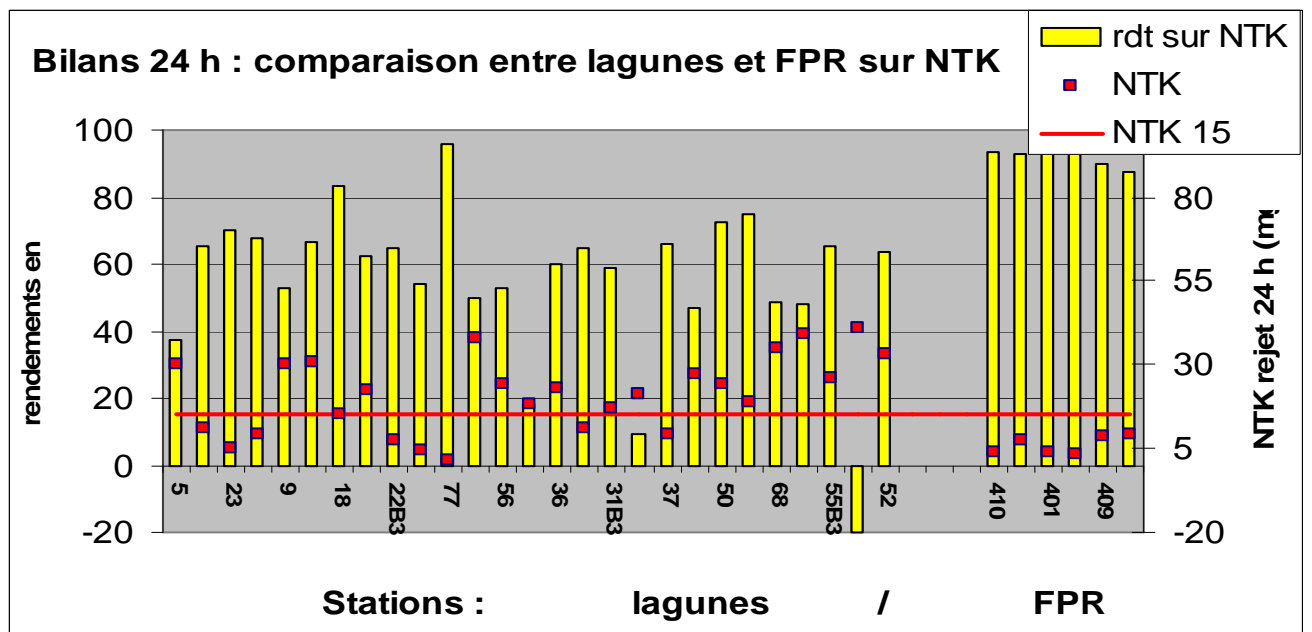
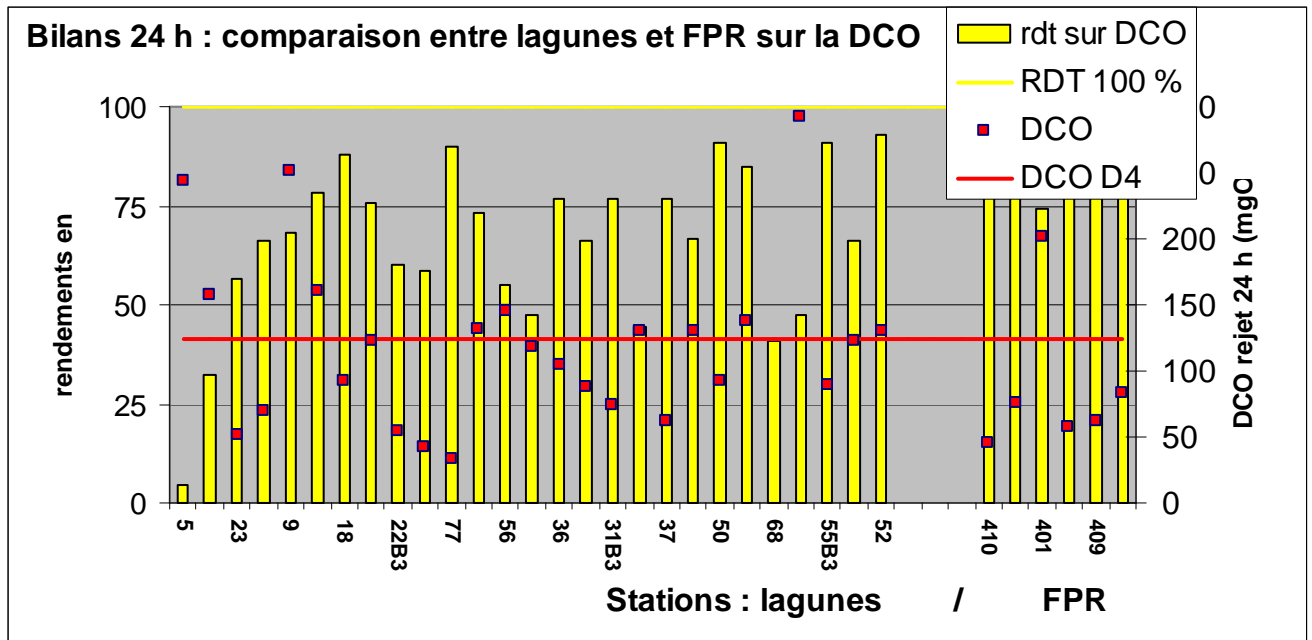
Graphes comparatifs sur les résultats de traitements (paramètres DCO et NTK) entre lagunes, bassins d'infiltration percolation (BIP), lagunes + BIP et filtres plantés de roseaux (FPR). Sont ici repris des résultats de bilans 24 h sur certaines installations.

NB : cette « comparaison » reste très indicative sachant que les déversements éventuels d'eaux usées survenus lors des bilans ne sont pas pris en compte, que les flux entrées/sorties considérés sur les lagunes ne sont pas rigoureusement exacts et que le paramètre DCO n'est pas vraiment le même (DCO filtrée pour lagunages).

Figures 10 : comparatif lagunes, BIP et lagunes + BIP :



Figures 11 : comparatif lagunes et FPR :



Les lagunages présentent :

- pour la DCO, des niveaux de rejets et rendements d'élimination assez dispersés. Le niveau D4 n'est pas respecté par 50 % des bilans de l'échantillonnage. Pourtant c'est la DCO sur échantillon filtré qui est mesurée ici.
- Pour l'azote, des rejets 24 h plutôt supérieurs au niveau repère NTK à 15 mg/l mais la plupart des rendements (entre 40 et 70 %) correspondent à un total abattement du nutriment azote, sachant qu'il n'y a pratiquement pas de nitrates rejetés.

La plupart des systèmes filtrants (BIP et lagunes + BIP) comparés :

- délivrent un rejet DCO à moins de 100 mg/l (sauf 3 installations en dysfonctionnements) ;
- se situent en dessous de 20 mg/l pour les NTK rejetés (là encore 2 installations en défaut) avec des rendements au delà des 60 %. Mais le rejet comporte le nutriment azote sous sa forme nitrate.

La comparaison semble plus tranchée entre lagunages et filtres plantés de roseaux :

- pour la DCO rejetée par les filtres plantés de roseaux : niveau de rejet inférieur, voire très inférieur à 100 mg/l sur 24 h sauf dans un cas ;
- pour les NTK, rejet systématiquement inférieur à 15 mg/l et rendements d'élimination tous supérieurs à 80 % en ce qui concerne les filtres à roseaux. Le rejet comporte cependant l'élément azote sous sa forme nitrate (jusqu'à plus de 300 mg/l en NO₃)

Ces comparatifs permettent de visualiser les apports couramment cités des systèmes filtrants par rapport à la qualité variable des rejets de lagunages, notamment en ce qui concerne les paramètres NTK et NH₄.

4 ANNEXES

Annexe 1 – Résultats d’analyses :

RESULTATS MOYENS D’ANALYSES SUR FPR :

Tableau a1 : résultats moyens d’analyses ponctuelles sur les rejets de filtres plantés de roseaux collectés lors de visites légères du SATESE-MAGE 42 (voir les représentations sur DBO5, DCO, MES et NTK dans le texte) :

Station	Charge organique avec 40g DECS/ hab/jour	pH valeurs repères»	DBO5mgO2/l <25	DCOmgO2/l <40	MESmg/l <30	N-Hmg/l	NO2mg/l	NO3	NNO3	NIKmg/l <15	Pmg/l	PO4mg/l
401	22%	7	30	77	26	1	2	143	33	5	4	8
415	35%	7	8	81	13	10	1	151	34	12	6	21
402	37%	7	4	44	5	1	1	191	43	2	3	9
403	37%	7	9	65	9	4	1	320	73	4	5	14
404	38%	7	5	45	8	2	1	233	53	3	4	12
405	41%	7	4	37	3	2	1	92	21	3	3	13
417	43%	7	4	39	13	1	1	68	16	2	1	3
406	43%	7	6	72	116	10	2	107	24	10	7	19
412	47%	7	3	86	2	8	2	99	22	8	3	11
407	49%	7	3	32	2	7	0	98	22	2	3	8
408	49%	7	36	108	4	1	0	378	86	2	5	13
409	51%	6	9	91	21	16	6	154	35	13	9	20
410	55%	6	10	66	39	8	1	149	34	8	5	11
411	60%	7	11	86	10	26	1	82	19	25	9	25
416	60%	8	9	45	12	3	1	90	21	5	4	11
413	63%	7	21	135	130	12	4	222	51	12	8	16
414	93%	6	5	94	3	12	2	117	27	12	5	14

Annexe 2 – rejets à pH acides :

Quelques exemples de résultats d'analyses sur des échantillons ponctuels de rejets : stations BIP , FPR et FAS dans le tableau a2 et spécifiques FPR dans les tableaux et figures a3 ou a4 .

Tableau a2 :

Station	Procédé	Capacité (EH)	Mise en service	Analyse	pH	DBO	DCO	MES	NH4	NO2	NO3 (mg/l)	NTK
409	Filtre planté de roseaux	250	2003	24/06/04	5,65	6	79	8	12,8	15,3	173	11
409	Filtre planté de roseaux	250	2003	22/09/04	4,55	11	109	42	11,2	0,11	222	10,3
409	Filtre planté de roseaux	250	2003	26/04/06	6	6	100	15	8,6	0,55	172,6	7,6
415	Filtre planté de roseaux	200	2001	08/04/04	5,8	3	55	11	1,45	0,31	256	3,2
415	Filtre planté de roseaux	200	2001	04/05/05	5,5	4	45	24	0,5	0,15	153,8	2
415	Filtre planté de roseaux	200	2001	30/03/06	5,6	3	74	9	3,2	0,74	108,7	4,4
303	Bassin d'infiltration-percolatif	200	1999	09/06/05	6,75	9	64	10	13,5	1,9	334	13
303	Bassin d'infiltration-percolatif	200	1999	04/10/05	4,55	7	51	15	14,8	0,35	191,6	13,4
303	Bassin d'infiltration-percolatif	200	1999	10/05/06	5,75	<3	54	7	5,8	1,03	144	4,5
401	Filtre planté de roseaux	300	2002	18/11/05	5,35	5	<30	4	2,4	0,08	255,3	<2
305	Bassin d'infiltration-percolatif	350	2002	2006	4,7	<3	34	2	1,45	0,05	210	2
412	Filtre planté de roseaux	80	2002	01/06/05	3,8	<3	83	2	9,4	0,12	430,8	7,7
412	Filtre planté de roseaux	80	2002	2006	4,85	10	103	17	13,5	0,73	170	13
412	Filtre planté de roseaux	80	2002	2006	3,75	3	47	6	8	0,14	209	6,6
119	Filtre à sable	100	2001	2006	4,2	8	71	14	16,7	5,1	279	13

Présentation des pH et concentrations en nitrates observés sur différents prélèvements ponctuels réalisés de 2002 à 2006 sur les filtres à roseaux **409, 412, 415** :

- tendance à une baisse des pH de rejets sur la période ;
- lien entre PH faibles et fortes concentrations en nitrates.

Tableaux et figures a3 :

Date	Ph	NO3 (mg/l)
05/02/02	7,9	67,1
29/04/02	7,6	137
19/09/02	7,0	127
17/12/02	6,7	100
13/05/03	7,0	241
15/07/03	7,4	101
18/11/03	7,0	120
08/04/04	5,8	256
05/10/04	6,9	262
04/05/05	5,5	153,8
29/09/05	6,6	210
30/03/06	5,6	108,7
13/07/06	4,3	174
10/10/06	5,2	149

Date	Ph	NO3 (mg/l)
20/11/03	7,0	150
24/06/04	5,7	173
22/09/04	4,6	222
26/10/05	4,0	212,9
26/04/06	6,0	172,6
09/08/06	4,5	163
04/10/06	3,7	187

Date	pH	NO3 (mg/l)
23/12/02	7,0	82,0
09/07/03	6,2	134,0
12/12/03	6,9	96,0
04/03/04	6,7	96,0
20/09/04	6,7	191,0
01/06/05	3,8	430,8
20/06/06	4,9	170,0
12/10/06	3,7	175,0

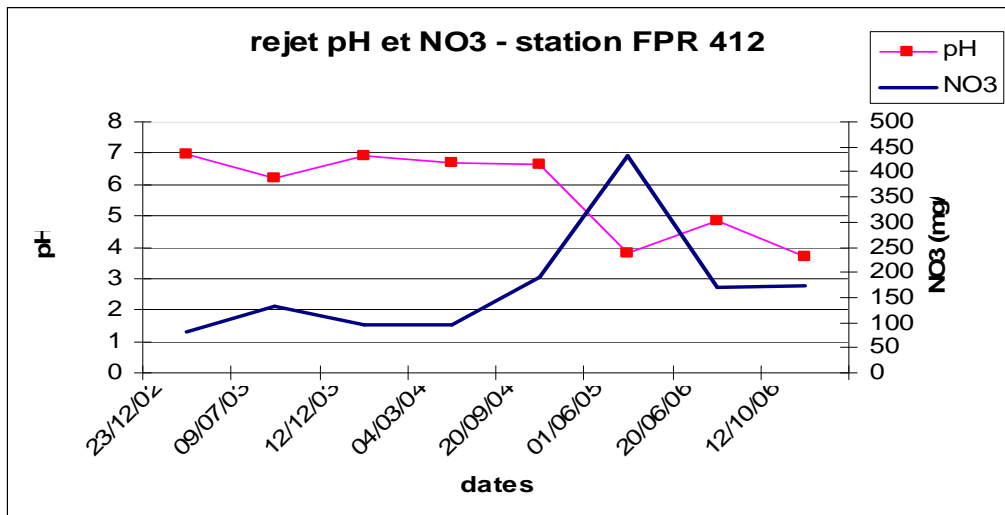
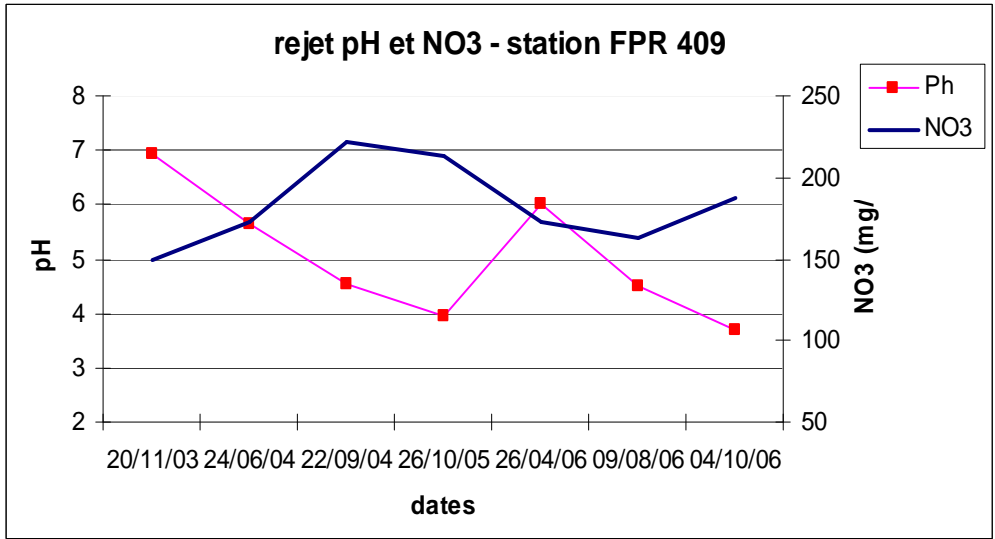
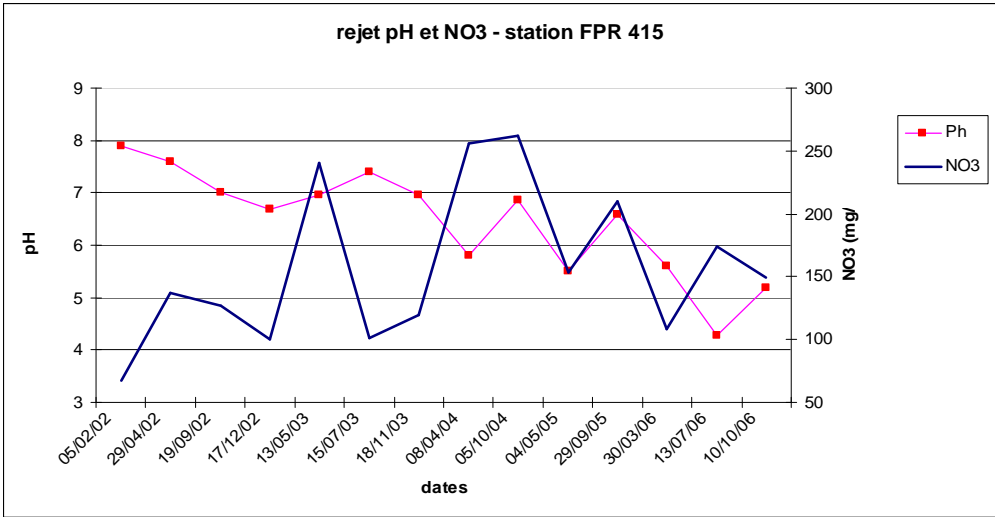


Tableau et figure a4 :

Heure	Entrée	Sortie massif 1	Sortie station
10:43	7,71	6,51	3,55
10:53	7,34	6,49	3,53
11:03	7,63	6,46	3,52
11:13	8,07	6,48	3,52
11:23	7,72	6,47	3,52
11:33	8,31	6,49	3,51
11:43	8,06	6,45	3,53
11:53		6,51	3,53
12:03		6,49	3,52
12:13		6,48	3,52
12:23		6,51	3,52
12:33		6,54	3,51
12:43		6,52	3,51
12:53		6,55	3,51
13:03		6,5	3,51
13:13		6,56	3,51
13:23		6,56	3,52
13:33		6,52	3,52
13:43		6,52	3,52
13:53		6,54	3,53
14:03		6,48	3,55
14:13		6,5	3,53
14:23		6,46	3,53
14:33		6,49	3,52
14:43		6,49	3,52
14:53		6,51	3,51
15:03		6,51	3,52
15:13		6,48	3,53
15:23		6,49	3,54
15:33		6,49	3,54
15:43		6,5	3,53
15:53		6,5	3,53
16:03		6,47	3,53
16:13		6,47	3,53
16:23		6,47	3,53
16:33		6,51	3,53
Moyenne	7,8	6,5	3,5

Evolution du pH en entrée, sortie premier étage, et sortie station sur le FPR 409.

Mesure effectuée le 9 août 2006 .

L'impact de rejets à pH acides persistants sur les milieux récepteurs (par exemple petits ruisseaux en tête de bassins versants) est mal connu et serait aussi à analyser en fonction des volumes de ces rejets.

