

La République Tunisienne
Ministère d'Enseignement
Supérieure



Université de Sfax
Institut Supérieur de
Biotechnologie de Sfax

Traitement des eaux usées urbaines par Bioréacteurs à Membranes (BRM)

Mouna JRAOU

Encadré par : Pr. Sami SAYADI

Laboratoire des Bioprocédés (LBP)



Année universitaire 2008/2009

Introduction

Carence d'eau

Causes

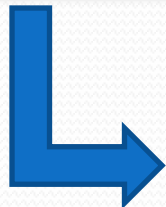
- Mauvaise gestion des réserves
- Pollution
- Pousse démographique

Effets

- Sécheresse
- Maladies

Solutions

- Économie d'eau
- Recherche de ressources non conventionnelles



La réutilisation des eaux usées



Etude Bibliographique

Composition des eaux usées

Physico- chimiques

Eléments
majeurs

Métaux lourds

Eléments en
trace

Microbiologiques

Bactéries

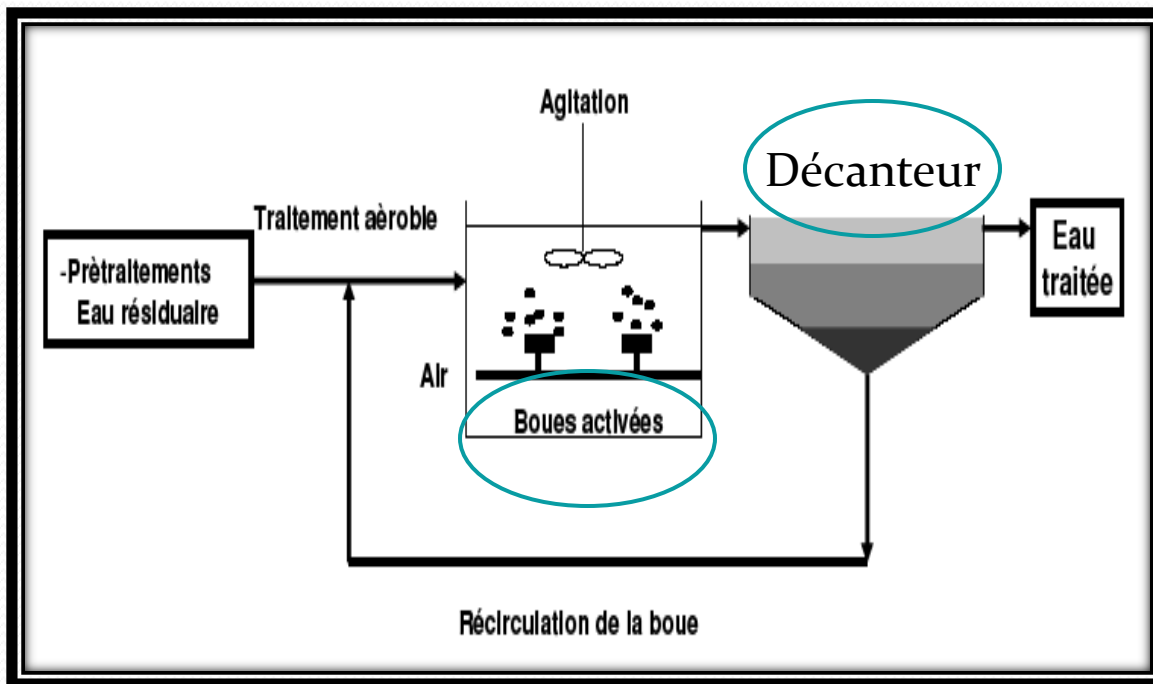
Virus

Protozoaires

Helminthes

Traitement des eaux usées

Procédé biologique par boues activées



La séparation biomasse – eau traitée est médiocre.

Le problème de foisonnement de la boue.

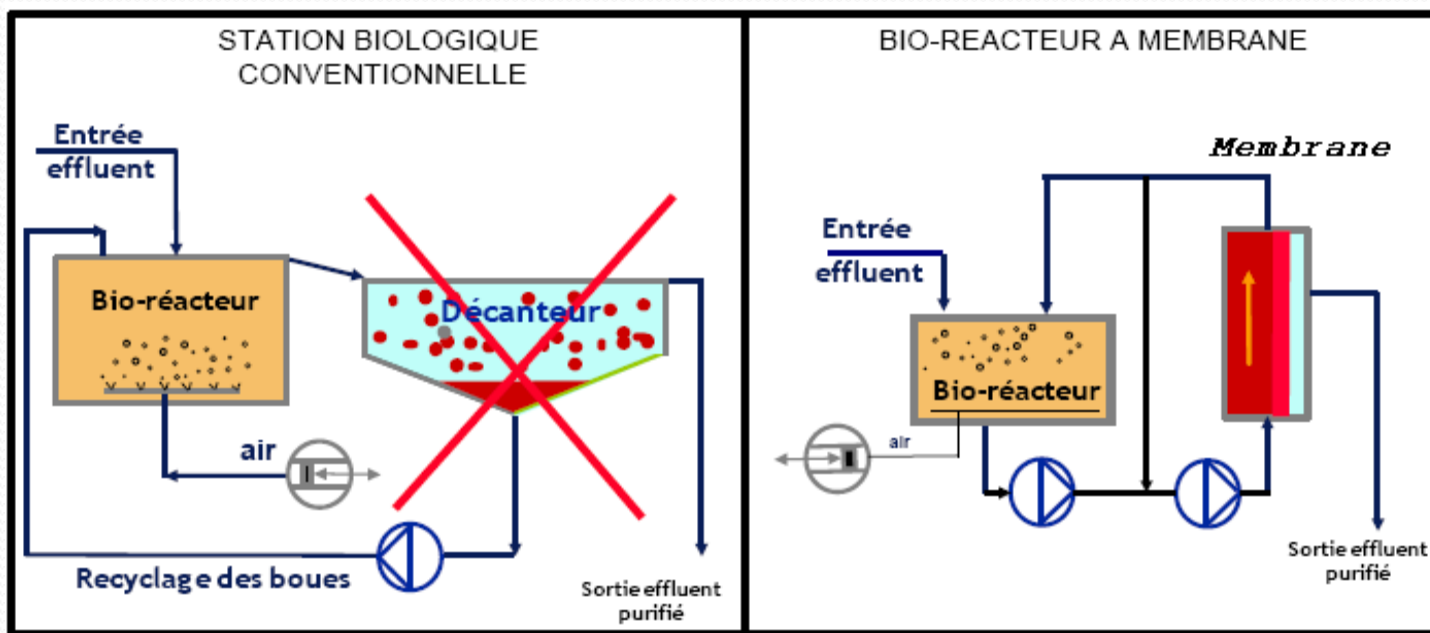


Principe du procédé de traitement des eaux par boue activée

Les bioréacteurs membranaires

Bioréacteur à Membrane (BRM)

Définition



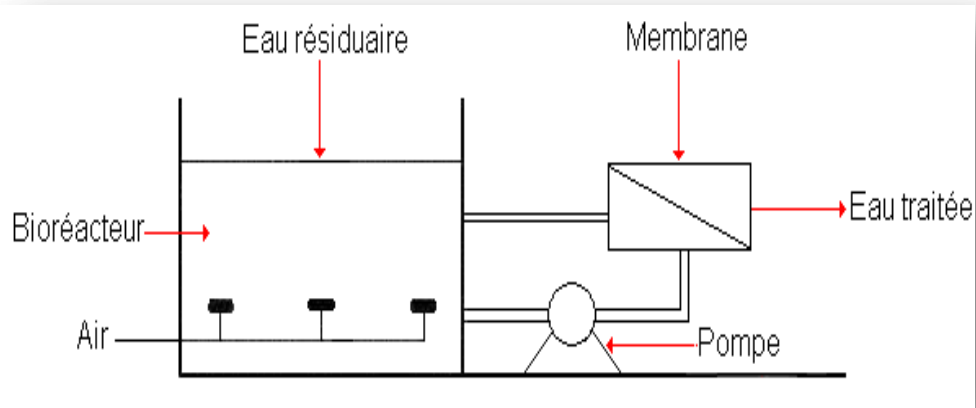
BRM

Fonction d'épuration (biomasse)

Fonction de filtration (membrane)

Bioréacteur à membrane

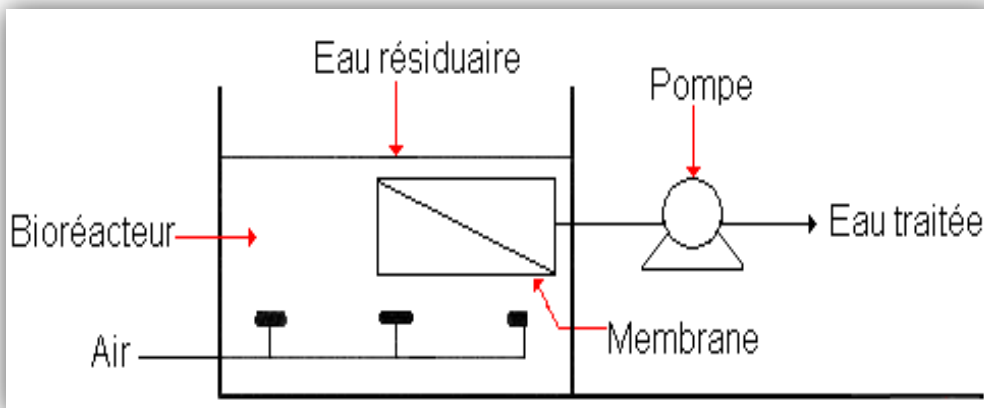
Types de BRM



Bioréacteur membranaire à boucle externe

Module membranaire à l'extérieur du réacteur biologique

Consommation d'énergie



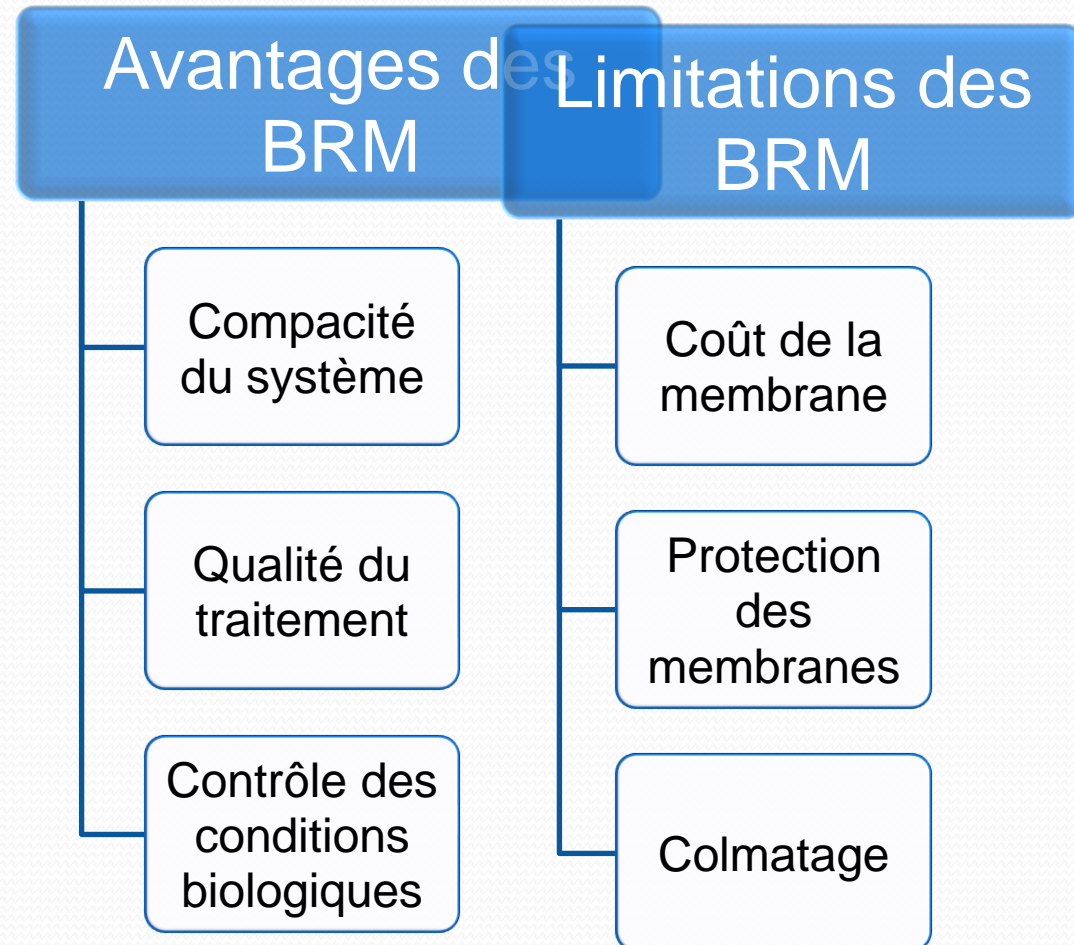
Bioréacteur membranaire à membrane immergée

Consomme moins d'énergie

Réduit le colmatage de la membrane

Bioréacteur à membrane

Avantages et limitations



Objectifs

Cas de la Tunisie



- Le bassin méditerranéen (en particulier les pays de l'Afrique du Nord) est l'une des régions les plus pauvres en termes de ressources en eau.
- En Tunisie, les eaux usées traitées deviennent une des plus importantes ressources non conventionnelles d'eau.
- En 2007, 99 stations d'épuration (STEP) ont traité un volume de 215 millions de m³ dont plus de 30% sont réutilisés.
- Le volume traité en 2011 est estimé de 266 millions de m³ et la quantité réutilisée pourrait atteindre plus que 50%.

Objectifs

- Valoriser et réutiliser les eaux usées urbaines.
- Avoir un effluent de qualité physico- chimique et microbiologique répondant aux normes de rejet et de réutilisation dans le domaine agricole.
- Appliquer et adapter la technologie du bioréacteur membranaire pour le traitement des eaux usées urbaines.

Résultats

Description du bioréacteur

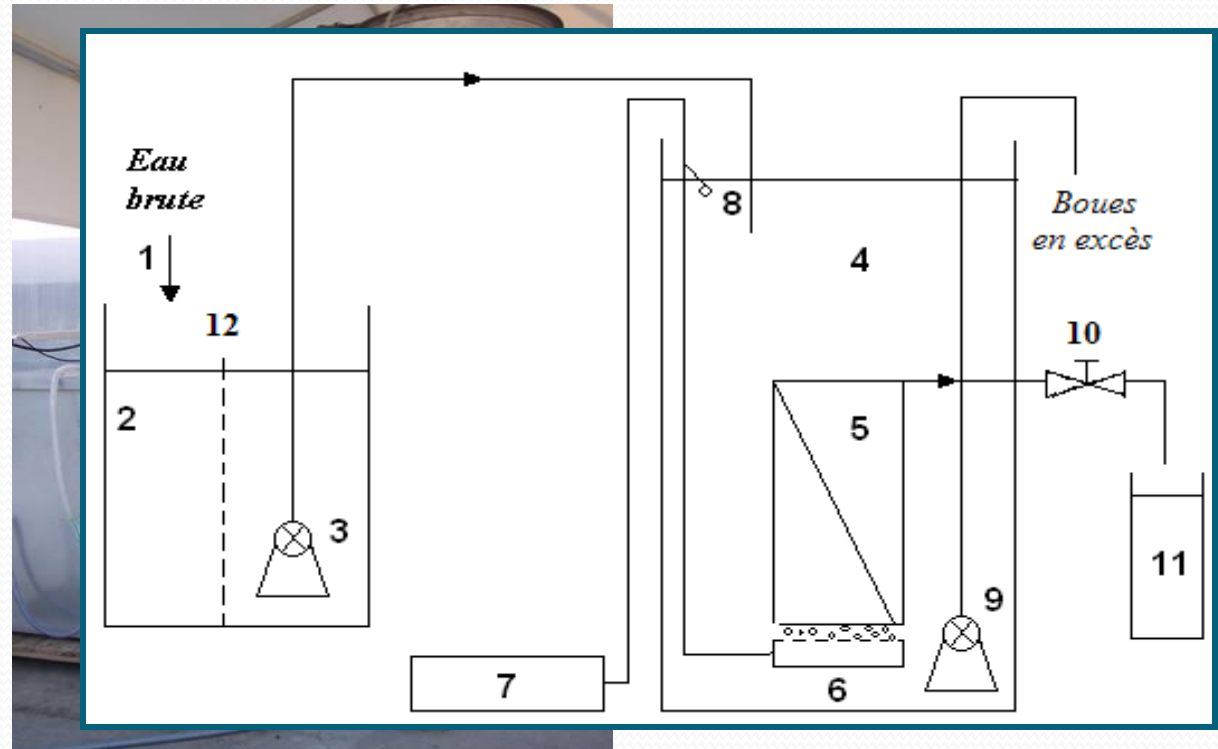


Diagramme schématique du pilote

1. eaux usées brutes
2. bac d'alimentation
3. pompe submergée
4. réacteur aérobie

5. membrane de microfiltration
6. diffuseur
7. compresseur
8. détecteur de niveau

9. pompe de soutirage
10. vanne réglable
11. réservoir du perméat
12. grille.

Caractérisation de l'entrée

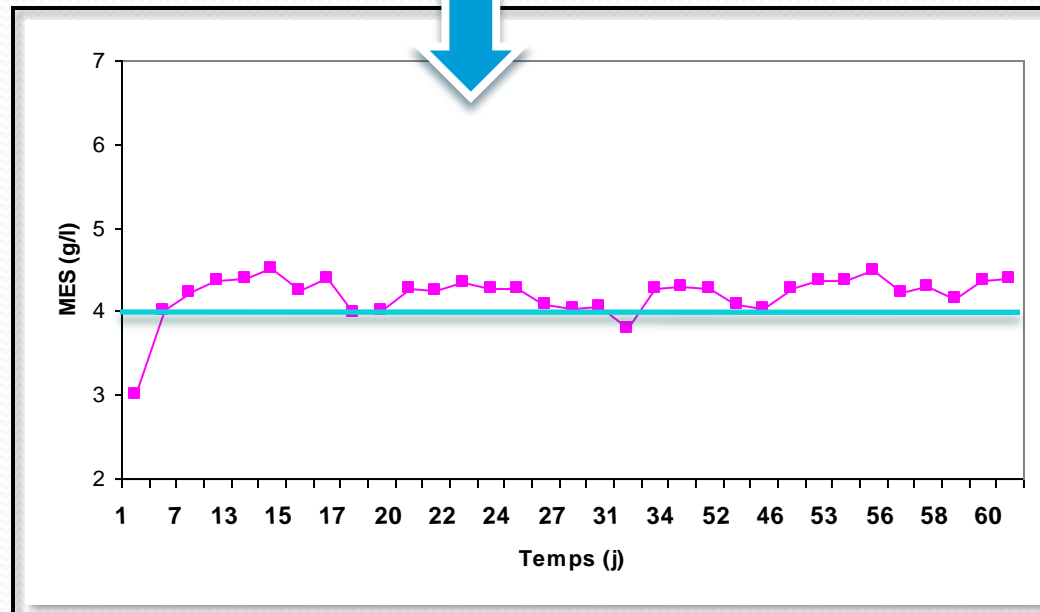
Caractéristiques de l'influent

	Eau brute	NT 106.02	NT 106.03
pH	7,91-8,25	6,5-8,5	6,5-8,5
CE (mS/cm)	5,82-6,46	-	7
MES (g/l)	0,3-1,02	0.03	0.03
DCO (mg/l)	431-984	90	90
DBO ₅ (mg/l)	230	30	30
NTK (mg/l)	78,4-93,2	100	-
Cu (mg/l)	absent	0,5	0.5
Hg (mg/l)	0.708	0.001	0.001
Pb (mg/l)	0.198	0,1	1
Cr (mg/l)	0.724	0,01	0,1
Ni (mg/l)	0.6	0.2	0.2

Rejet hydrique non conforme à la norme → la nécessité du traitement.

Conditions opératoires

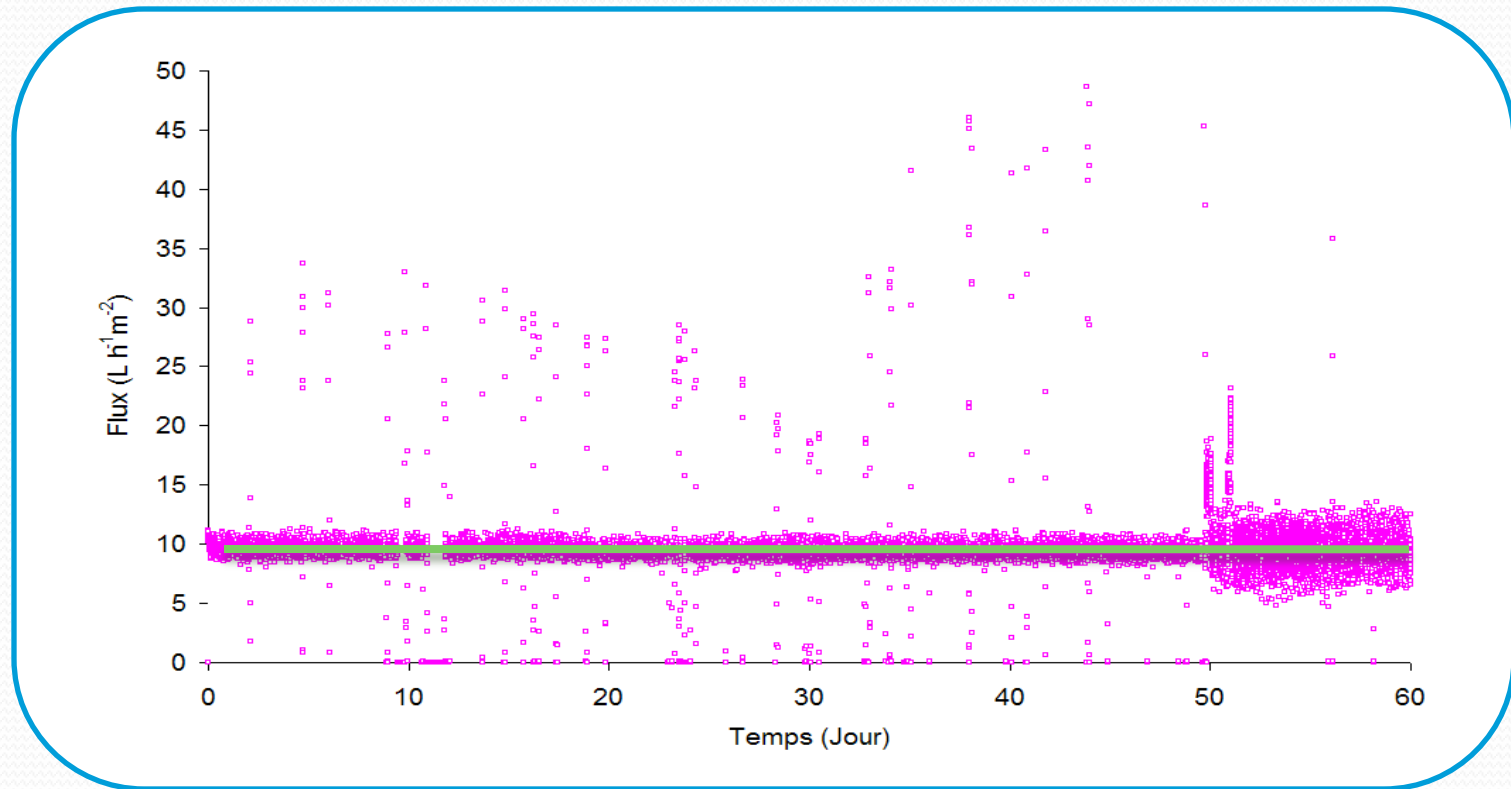
Temps de rétention hydraulique	1 jour
Age des boues	15 jours
Concentration de biomasse	4 g/l



Concentration de la biomasse

Performances de la filtration membranaire

Flux

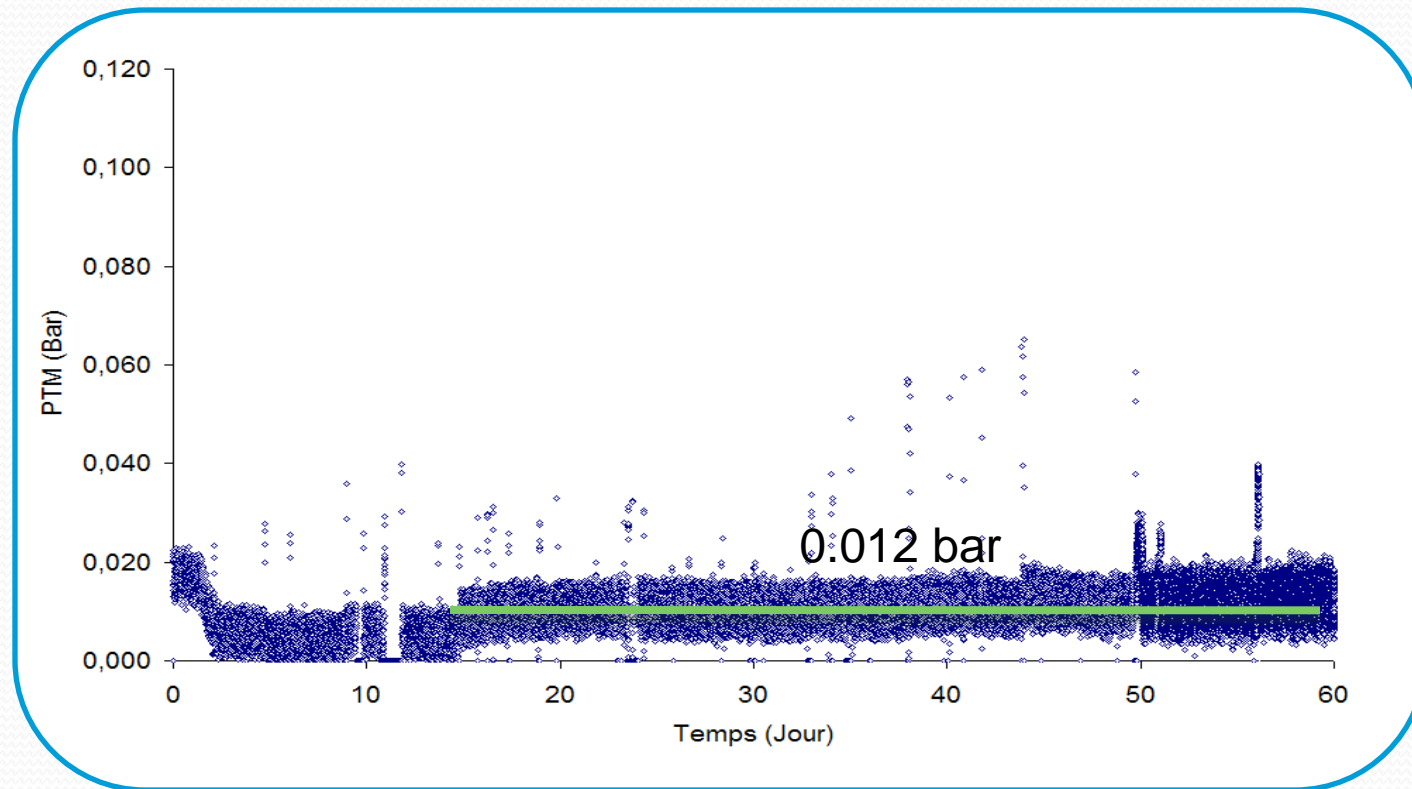


Evolution du flux du perméat

Le flux de perméat est constant à 10 l/h . m²

Performances de la filtration membranaire

Pression transmembranaire

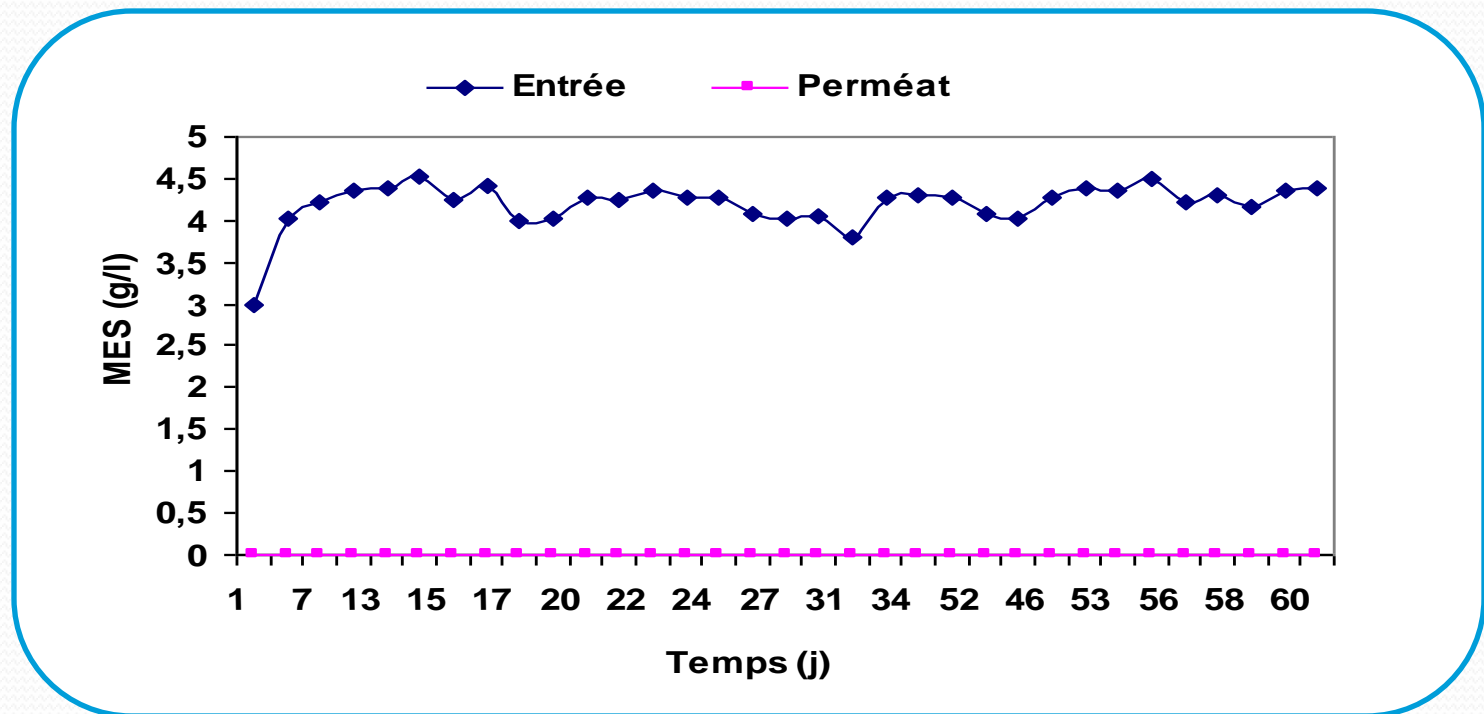


Evolution de la pression transmembranaire

La PTM est constante à 0.012 bar.

Performances épuratrices du BRM

Abattement de la MES



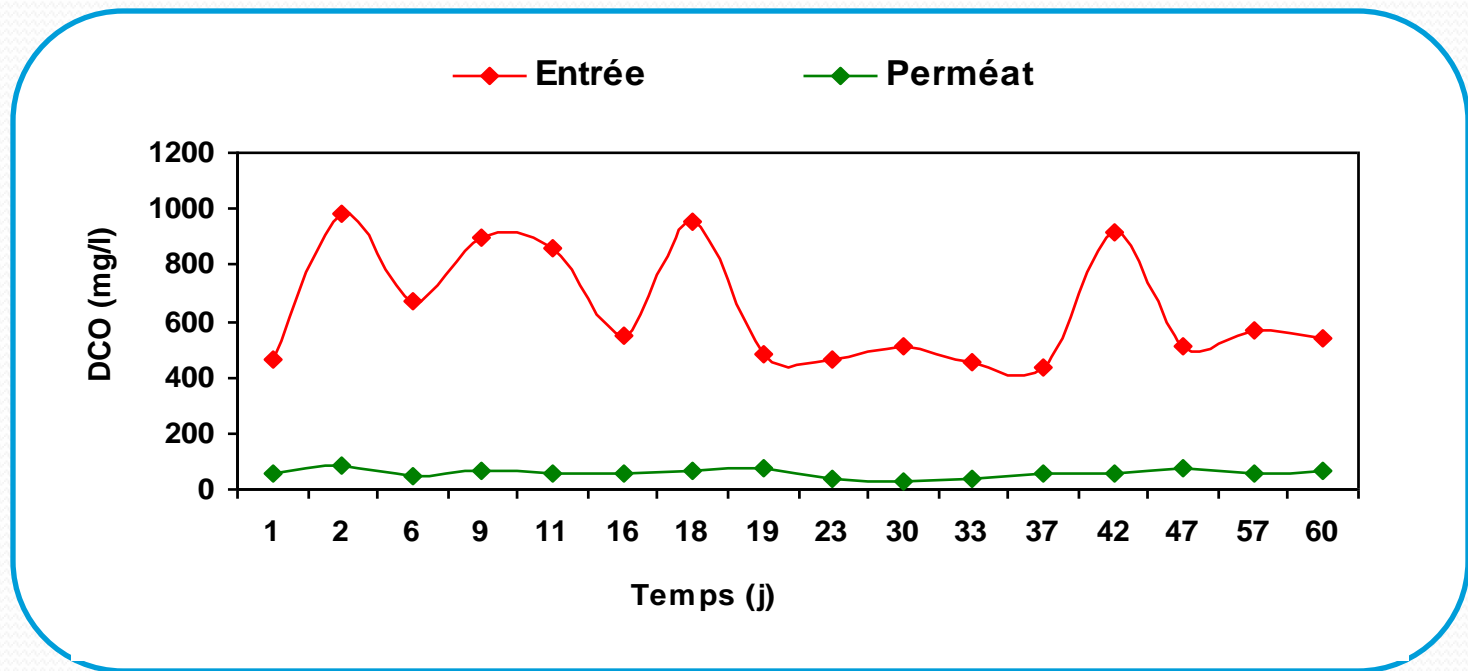
Evolution de la MES dans l'entrée réacteur et le perméat



Rétention totale de la MES

Performances épuratrices du BRM

Evolution et abattement de la DCO

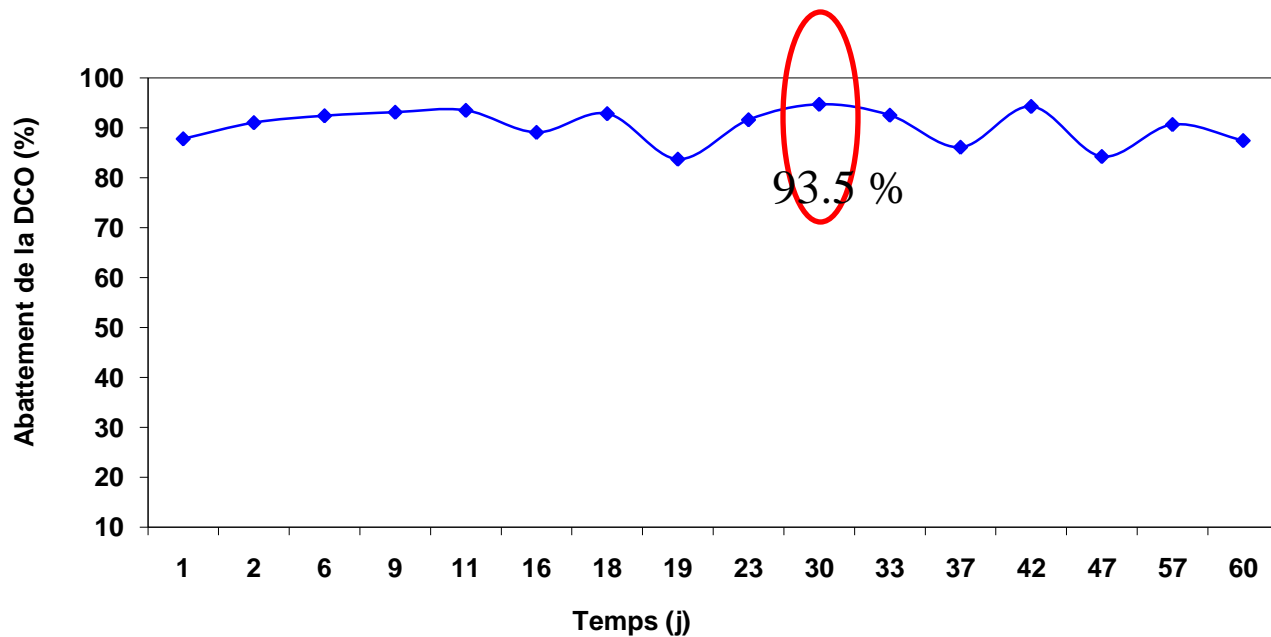


Evolution de la DCO dans l'influent et le perméat

Une entrée de composition variable
Un perméat dans la norme

Performances épuratrices du BRM

Evolution et abattement de la DCO

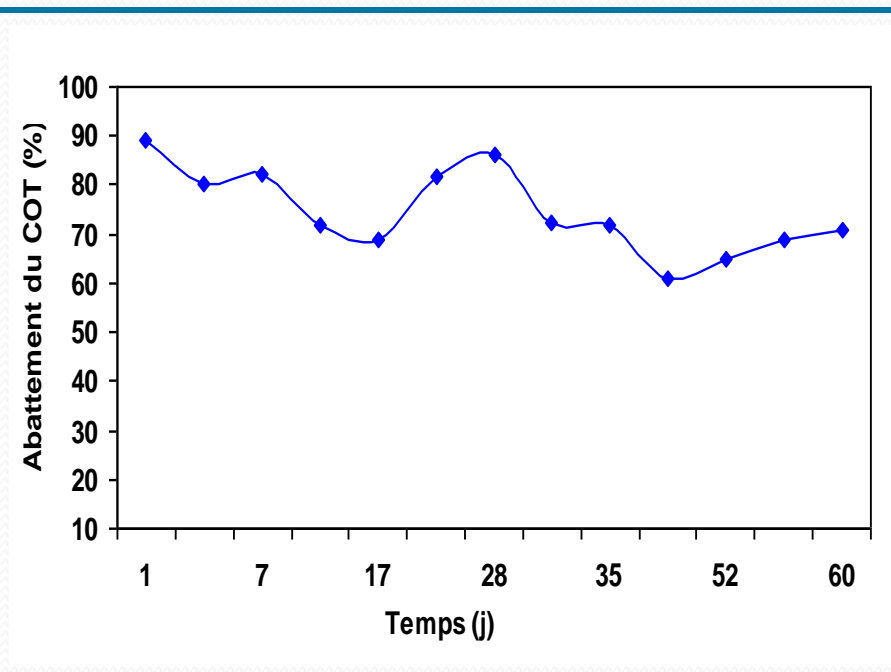
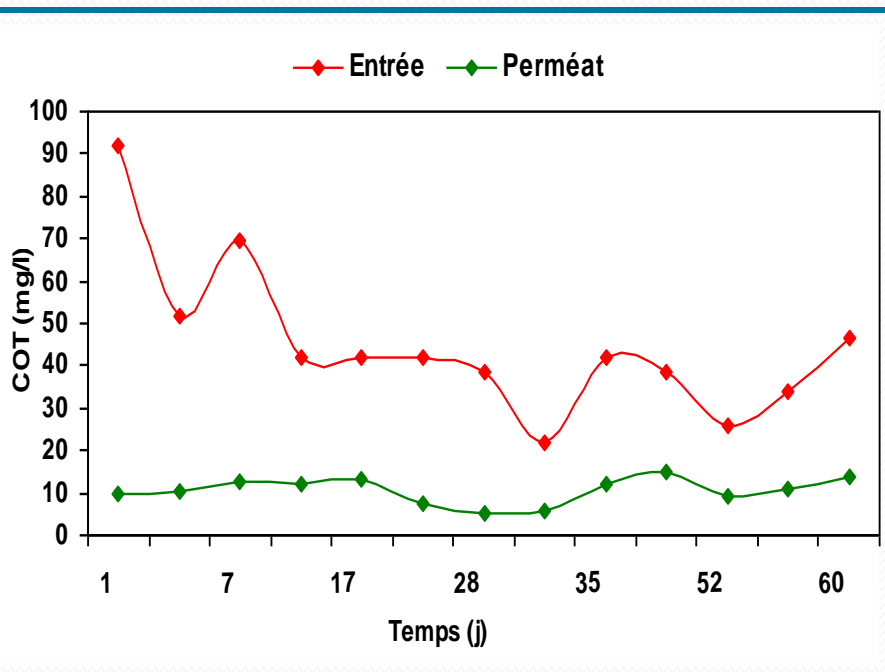


Abattement de la DCO

Le rendement épuratoire en terme de DCO est 90.3 % (moyenne).

Performances épuratrices du BRM

Evolution et abattement du COT



Evolution du COT dans l'influent et le perméat

Abattement du COT

Les teneurs en carbone organique total (COT) dans l'entrée du bioréacteur fluctuent entre 22 et 92 mg/l.

L'abattement du COT après traitement atteint 89 %.

Performances épuratrices du BRM

Abattement de la DBO₅

Evolution de la DBO₅

		Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4
DBO ₅ (mg/l)	Entrée	240	230	230	240
	Perméat	5	10	5	5

L'abattement de la DBO₅ après traitement est en moyenne 97.3 %.

Performances épuratrices du BRM

Abattement de l'azote

Evolution de l'azote total

		Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4
NTK (mg/l)	Entrée	93,2	84	78,4	91
	Perméat	7,8	6.4	5,6	9,8

L'abattement de l'azote atteint après le traitement est 88.6 % (moyenne).

Performances épuratrices du BRM

Analyses microbiologiques

Germe	Densité dans l'influent (min-max)	Densité dans le perméat
Germes totaux (UFC/100 ml)	$9 \cdot 10^6$ - $60 \cdot 10^6$	14
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	$10 \cdot 10^4$ - $40 \cdot 10^4$	0
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	$34 \cdot 10^3$ - $106 \cdot 10^3$	0
Streptocoques fécaux (NPP/100 ml)	$15 \cdot 10^5$ - $45 \cdot 10^5$	0
Staphylococcus (UFC/100 ml)	$6 \cdot 10^2$ - $136 \cdot 10^2$	0
Pseudomonas (UFC/100 ml)	0 - 47	0
Salmonelle	présent	absent

Performances épuratrices du BRM

Analyses parasitologiques

	Densité dans l'influent (min-max)	Densité dans le perméat
Œuf d'helminthes (œufs/l)	190 - 250	0
Kyste de protozoaires (kystes/l)	620 - 1100	0

Capacité de la membrane de microfiltration dans la rétention des bactéries, des protozoaires et des helminthes.

Performances épuratrices du BRM

Microtoxicité

Microtoxicity, expressed as a percentage of *Vibrio fischeri* luminescence inhibition after 30 min incubation in the effluent and the permeate.

The toxicity of the waste water was expressed as the percent of the inhibition of bioluminescence (% IB) relative to a non-contaminated reference.

Toxicité de l'influent et du permeat

	A	B	C	D	E	F
Influent	33	37	65	17.9	31	28
Effluent	0.17	0.2	0.05	0.07	0.09	0.07

Conclusions

Conclusions

- Le bioréacteur à membranes est efficace pour le traitement des eaux usées urbaines.
- Les rendements épuratoires en terme d'abattement de MES, DCO, COT, DBO₅ et azote total atteignent respectivement 100 %, 93.5 %, 89 %, 97.3 % et 88.6 %.
- L'eau traitée obtenue est exempt de toute contamination microbienne.
- Les qualités physicochimique et microbiologique du perméat répondent aux normes exigées pour les eaux usées traitées destinées à être réutilisé en irrigation.



**Merci pour votre
attention**

La République Tunisienne
Ministère d'Enseignement
Supérieure



Université de Sfax
Institut Supérieur de
Biotechnologie de Sfax

Traitement des eaux usées urbaines par Bioréacteurs à Membranes (BRM)

Mouna JRAOU

Encadré par : Pr. Sami SAYADI

Laboratoire des Bioprocédés (LBP)



Année universitaire 2008/2009