



# GRUTTEE 2020 : 13<sup>ème</sup> congrès international du GRUTEE

18-19-20 février 2020



## Statistical analysis of biomass activities and species in a submerged membrane bioreactor: effect of SMP product on membrane fouling



**Dr Benaliouche Hana**



Laboratory of Industrial Sciences Process Engineering, University of Sciences and Technology,  
Houari Boumediene

Laboratoire de l'ingénierie des procédés de l'environnement (LIPE) , Université Constantine 3  
SALAH BOUBNIDER



# Traitement des eaux usées urbaines



➤ Phosphates, azotes, composées organiques, bactérie et virus

➤ STEP : système conventionnel

**Boue activée**

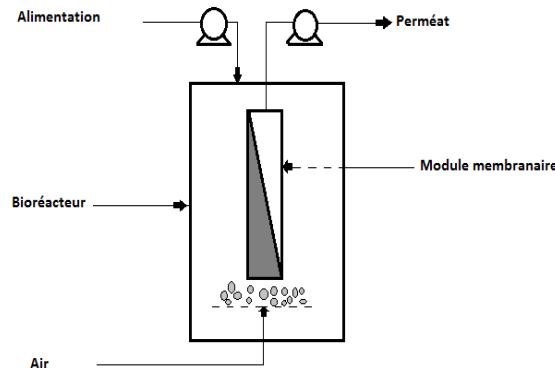
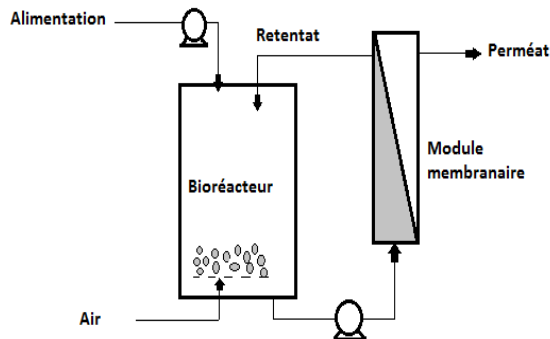
~~Clarificateur~~

➤ Intensification du procédé d'épuration

➤ Clarification extrêmes

**Bioréacteur à membranes**

➤ Le colmatage



# Colmatage membranaire



## Le colmatage des membranes :

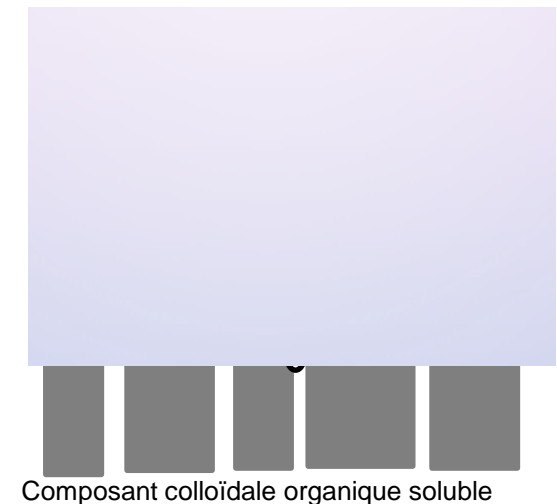
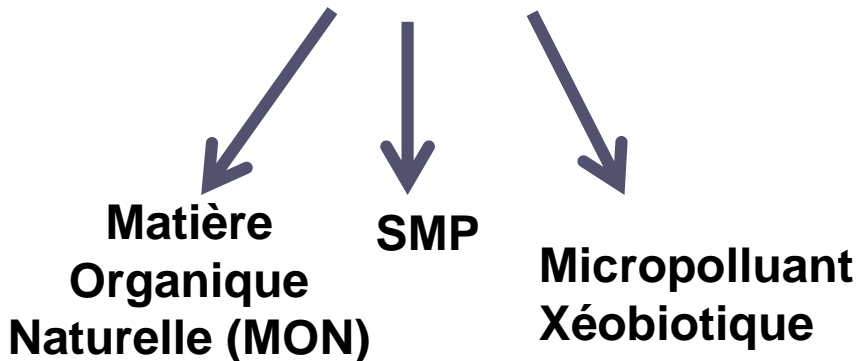
Réduit la productivité des stations de traitement des eaux usées (STEP) et, à long terme, endommage l'intégrité de la membrane.

## Les mécanismes de dépôt dépendent principalement :

### ➤ De la taille et la fraction de particules

Le récurage à l'air, le lavage à contre-courant ou l'utilisation de nettoyage mécanique des particules)

### ➤ La matière organique dissoute (DOM)

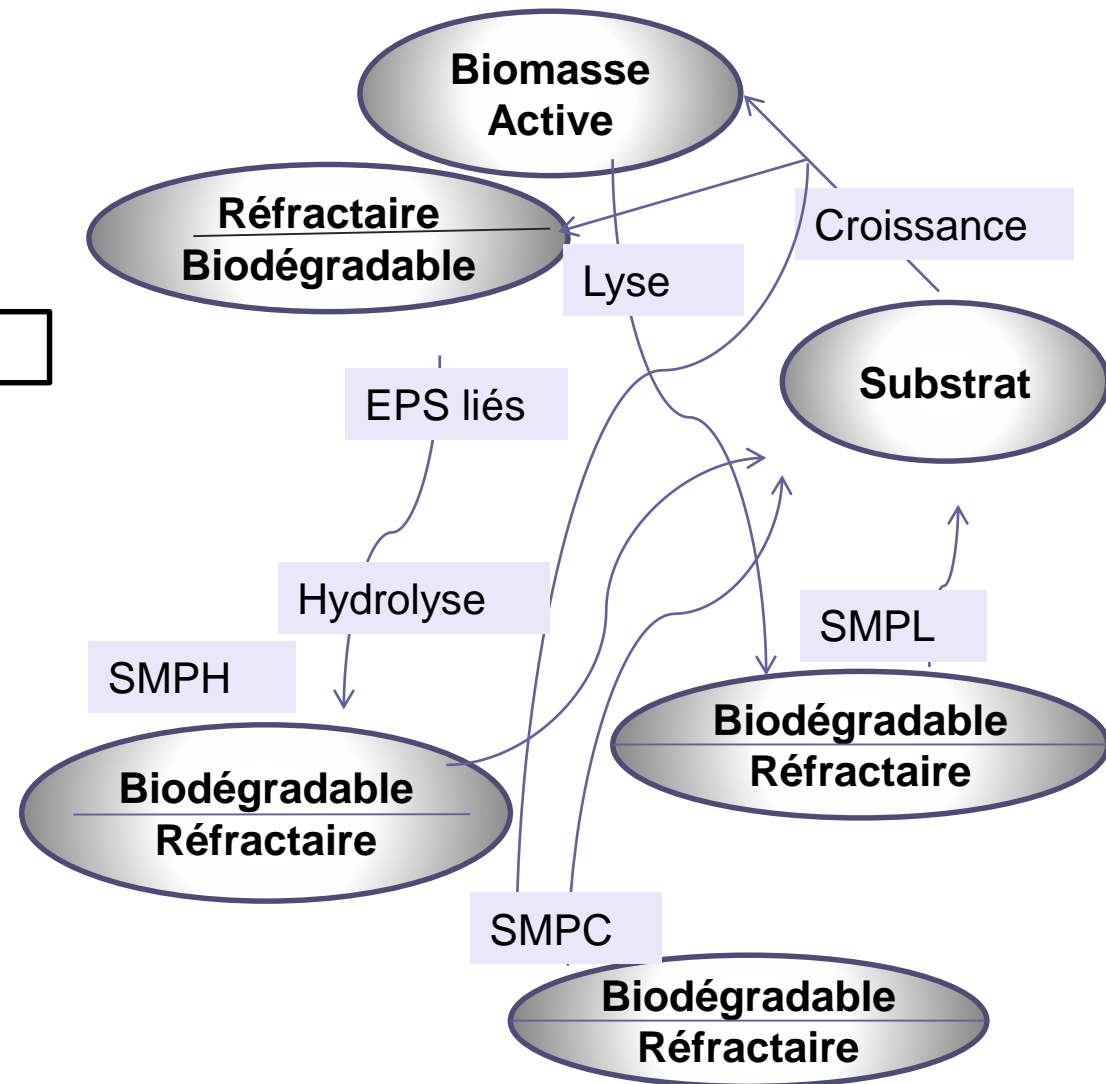


Matière Organique dissoute  
(DOM)

Production des SMP

$SMP = UAP + BAP$

Pour mieux comprendre le processus de BRM et les phénomènes de fouling une combinaison de méthode de caractérisation de biomasse active et de DOM doivent être envisagés



## Objectif



Analyser les données des paramètres biologiques à l'aide des analyses statistiques

La comparaison de l'évolution de ces paramètres avec les conditions et les paramètres de fonctionnement.

Etablir le lien entre:

Condition de  
fonctionnement

Concentration  
de la biomasse

Matière  
Organique Morte

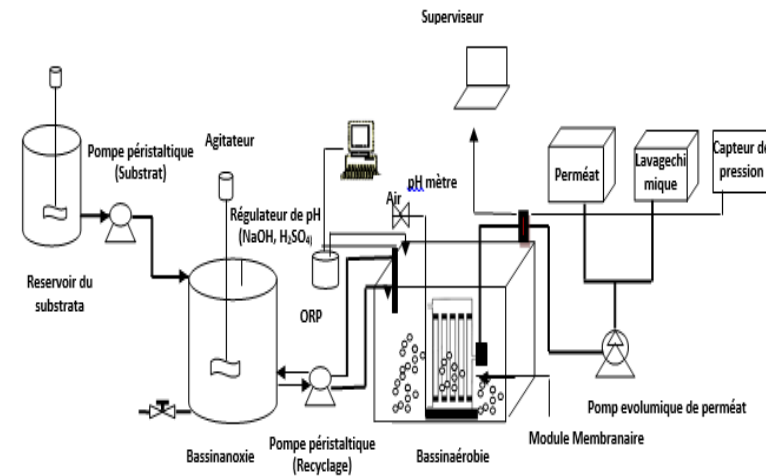
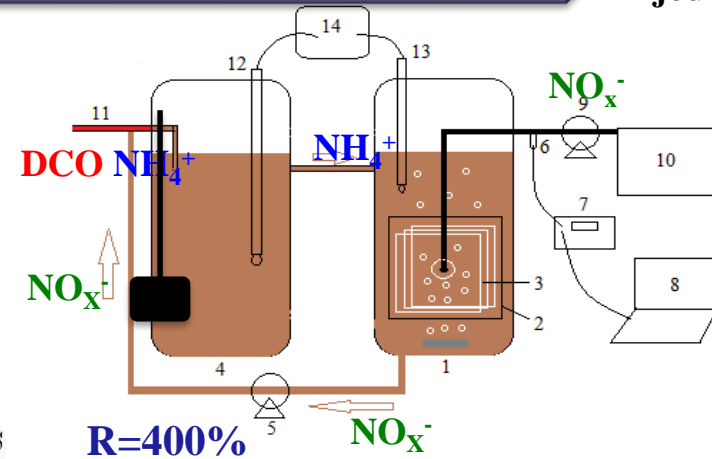
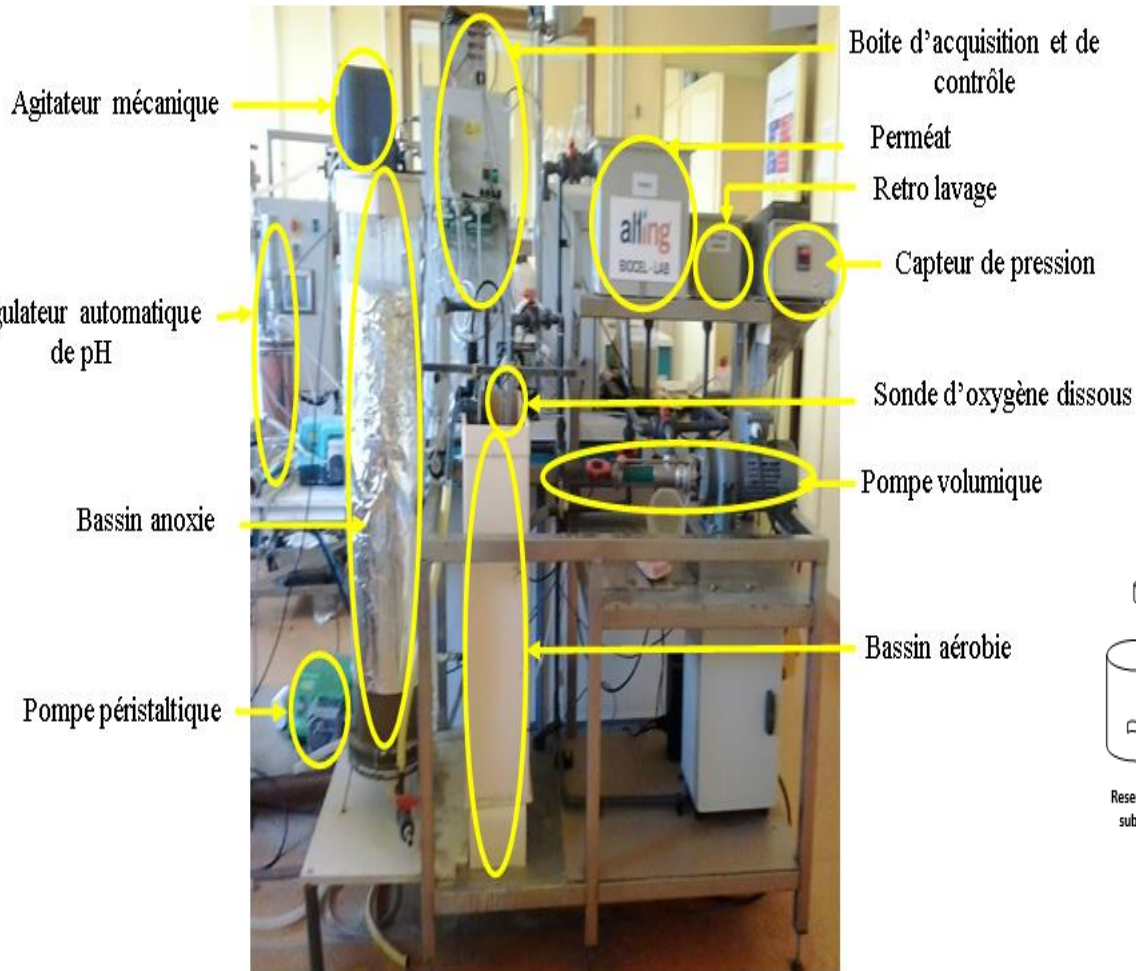
## Méthodologie Expérimentale

### Pilote Bio-cell ALTING

80<sup>ème</sup> jour

### Pilote Bio-cell ALTING

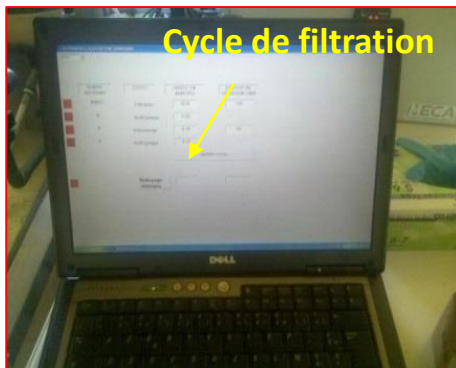
200<sup>ème</sup> jour





			$J_w$ (L/h/m <sup>2</sup> )	HRT (h)	SRT (j)	$C_{vDCO}$ (kgDCO/m <sup>3</sup> /j)	$C_{vN}$ (kgN/m <sup>3</sup> /j)	DCO/N	T°C
C1	J322-J404	sBAM	14,7	12	40	0,56	0,16	3.5	15,9
C2	J425-J517	sBAM	14,7	12	60	0,56	0,16	3.5	24,6

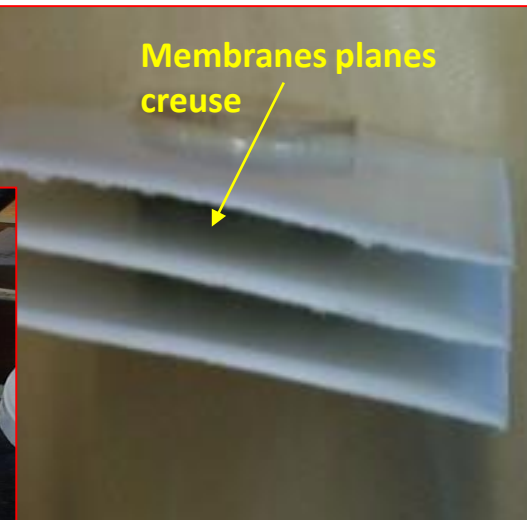
Paramètres	Caractéristiques
Type	Plane
Matériel membranaire	Polyether sulfone (PES)
Diamètre de pore (µm)	0,04
Surface filtrante (m <sup>2</sup> )	0,34
Résistance hydraulique (m <sup>-1</sup> E <sup>+12</sup> )	1,51



Séquence optimale proposée par  
Microdyn-Nadir



Module membranaire



Membranes Microdyn-Nadir

Cycle de filtration	Durée
Filtration	525 s
Relaxation	15 s
Rétro-lavage	45 s
Relaxation	15 s

## Analyses statistiques utilisées

### Régression linéaire multiple

Qualifie le lien  
entre variable-  
réponse  $y$  et  
plusieurs variable  
explicatif  $x_1$ ,  
 $x_2$ ...

Traite les  
variables comme  
connus et non  
aléatoire

- L'apport des modèle d'équation structurelles réside dans la possibilité d'une part de traiter des estimations simultanées de plusieurs relations de dépendances inter – reliées, d'autre part d'incorporer des erreurs de mesurer.
- Les indices d'ajustement.
- Les modèles SEM.

### Modélisation par équation structurelle

cul d'écart type.

ère globale

Permet de mettre en  
relation des concept  
non observable.

ercentage de

ance).

sensation des

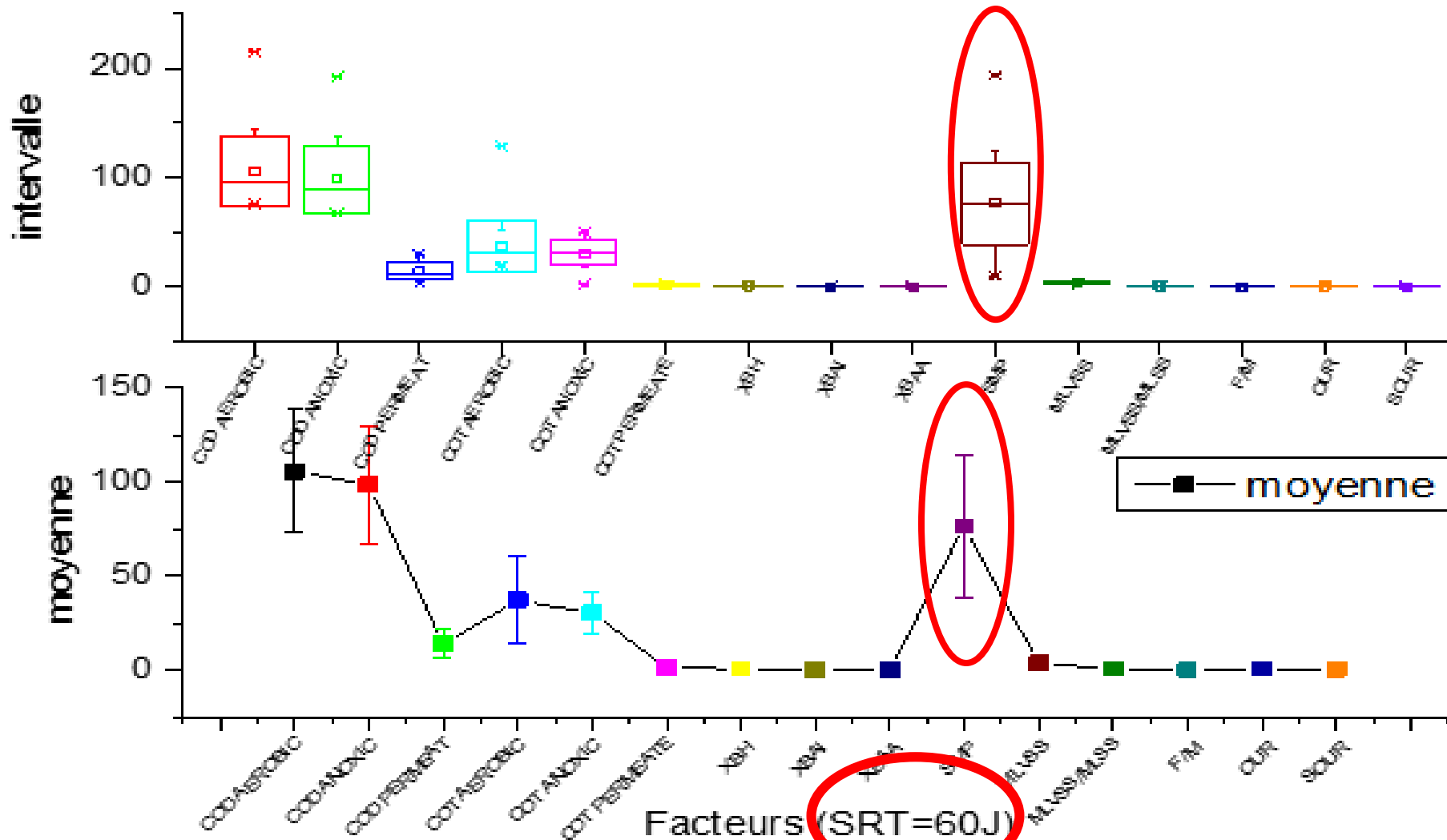
les de corrélation.

Basé sur le maximum  
de vraisemblance et  
les moindres carrés  
partiels



# Régression linéaire multiple (MLR)

## Description statistique globale



Graphique des moyennes et des intervalles

## Test de simultanéité de Tukey

Limite inférieure du contrôle

SRT=40 J	MeanDiff	SEM	q Value	P	Alpha	Sig	LCL	UCL	SRT=60J	MeanDiff	SEM	q Value	P	Alpha	Sig	LCL	UCL
SMP DCO <sub>AER</sub>	-11.5125	2.10541	7.73299	1.07969E-5	0.05	1	-18.72095	-4.30405	SMP DCO <sub>AER</sub>	-29.35862	7.02618	5.90923	0.00414	0.05	1	-53.68885	-5.0284
SMP DCO <sub>ANO</sub>	-5.44583	2.10541	3.65799	0.38377	0.05	0	-12.65428	1.76262	SMP DCO <sub>ANO</sub>	-21.9902	7.13477	4.35877	0.14467	0.05	0	-46.69645	2.71605
SMP DCO <sub>PER</sub>	16.89583	2.10541	11.349	5.95513E-10	0.05	1	9.68738	24.10428	SMP DCO <sub>PER</sub>	62.42638	7.02618	12.56503	0	0.05	1	38.09615	86.7566
SMP COT <sub>AER</sub>	18.38779	2.10541	12.35115	0	0.05	1	11.17934	25.59624	SMP COT <sub>AER</sub>	39.25664	7.13477	7.78122	1.11871E-5	0.05	1	14.55039	63.9629
SMP COT <sub>ANO</sub>	18.74579	2.10541	12.59162	0	0.05	1	11.53734	25.95424	SMP COT <sub>ANO</sub>	46.07559	7.13477	9.13284	9.00389E-8	0.05	1	21.36934	70.78184
SMP COT <sub>PER</sub>	29.58629	2.10541	19.87323	2.39889E-8	0.05	1	22.37784	36.79474	SMP COT <sub>PER</sub>	75.2347	7.13477	14.91258	0	0.05	1	50.52844	99.94095
SMP X <sub>BH</sub>	30.42555	2.9775	14.45112	0	0.05	1	20.23126	40.61983	SMP X <sub>BH</sub>	75.90601	10.17979	10.54514	1.16251E-8	0.05	1	40.65551	111.15651
SMP X <sub>BAI</sub>	30.84926	2.9775	14.65236	0	0.05	1	20.65497	41.04355	SMP X <sub>BAI</sub>	76.46813	10.17979	10.62324	1.10765E-8	0.05	1	41.21763	111.71864
SMP X <sub>BAA</sub>	30.75849	2.9775	14.60925	0	0.05	1	20.56421	40.95278	SMP X <sub>BAA</sub>	76.41322	10.17979	10.61561	1.11292E-8	0.05	1	41.16272	111.66372
MLVSS SMP	-27.21196	2.10541	18.27838	0	0.05	1	-34.42041	-20.00351	MLVSS SMP	-72.99932	7.38399	13.98115	0	0.05	1	-98.56854	-47.4301
MLVSS/MLSS SMP	-30.03939	2.04609	20.76256	1.11727E-7	0.05	1	-37.04474	-23.03404	MLVSS/MLSS SMP	-75.89626	6.83455	15.70454	0	0.05	1	-99.56291	-52.2296
F/M SMP	-30.81197	2.31201	18.84712	0	0.05	1	-38.72776	-22.89618	F/M SMP	-76.43389	7.68807	14.05995	9.14215E-10	0.05	1	-103.05608	-49.8117
OUR SMP	-30.67011	2.74512	15.80043	0	0.05	1	-40.06877	-21.27144	OUR SMP	-75.77433	9.22374	11.61797	4.8818E-9	0.05	1	-107.71424	-43.83443
SOUR SMP	-30.88659	2.74512	15.91195	0	0.05	1	-40.28526	-21.48792	SOUR SMP	-76.37671	9.22374	11.71033	4.33894E-9	0.05	1	-108.31662	-44.4368

## L'analyse de corrélation (rp)

### Matrice de corrélation

60 jr	SMP	DCO <sub>AE</sub>	DCO <sub>AN</sub>	DCO <sub>PE</sub>	COT <sub>AE</sub>	COT <sub>AN</sub>	COT <sub>PE</sub>	MVS	F/M	OUR	SOUR	X <sub>BH</sub>	X <sub>BAI</sub>	X <sub>BAA</sub>
SMP	1.000													
DCO <sub>AE</sub>	-0.327	1.000												
<b>MVS &gt; X<sub>BH</sub> &gt; X<sub>BAA</sub> &gt; X<sub>BAI</sub> &gt; COT<sub>ANO</sub> &gt; DCO<sub>PER</sub> &gt; DCO<sub>ANO</sub> &gt; DCO<sub>AER</sub> &gt; COT<sub>PER</sub> &gt; COT<sub>AER</sub></b> <b>Influence relative des paramètres de la biomasse</b>														
COT <sub>AE</sub>	-0.0295	0.63854	0.61195	0.0038	1.000									
COT <sub>AN</sub>	-0.3861	0.61515	0.60126	-0.0150	-0.2974	1.000								
COT <sub>PE</sub>	-0.3012	0.60133	0.58179	0.22067	0.04848	0.06073	1.000							
MVS	-0.5508	1	1	1	-1	-1	1	1.000						
F/M	0.37011	-0.2655	-0.3625	-0.1401	0.24053	-0.6388	0.096	-0.867	1.000					
OUR	0.29534	-0.5238	-0.5743	-0.3790	0.22817	-0.2234	-0.29	-0.530	0.366	1.000				
SOUR	0.31648	-0.3678	-0.4689	-0.1514	0.27365	-0.2525	-0.340	-0.529	0.524	0.730	1.000			
X <sub>BH</sub>	-0.4606	0.32838	0.22996	0.46129	0.02094	-0.2193	0.637	0.318	0.340	-0.046	0.136	1.000		
X <sub>BAI</sub>	-0.4465	0.33016	0.2335	0.47309	0.01848	-0.2358	0.638	0.315	0.348	-0.062	0.128	0.977	1.000	
X <sub>BAA</sub>	-0.4574	0.3396	0.24218	0.44079	0.01021	-0.2233	0.6602	0.350	0.338	-0.073	0.108	0.985	0.998	1.000

# Analyse en composantes principale (ACP)

## L'écart types

### Les descriptives statistiques

•SD Petit — série  
Homogène

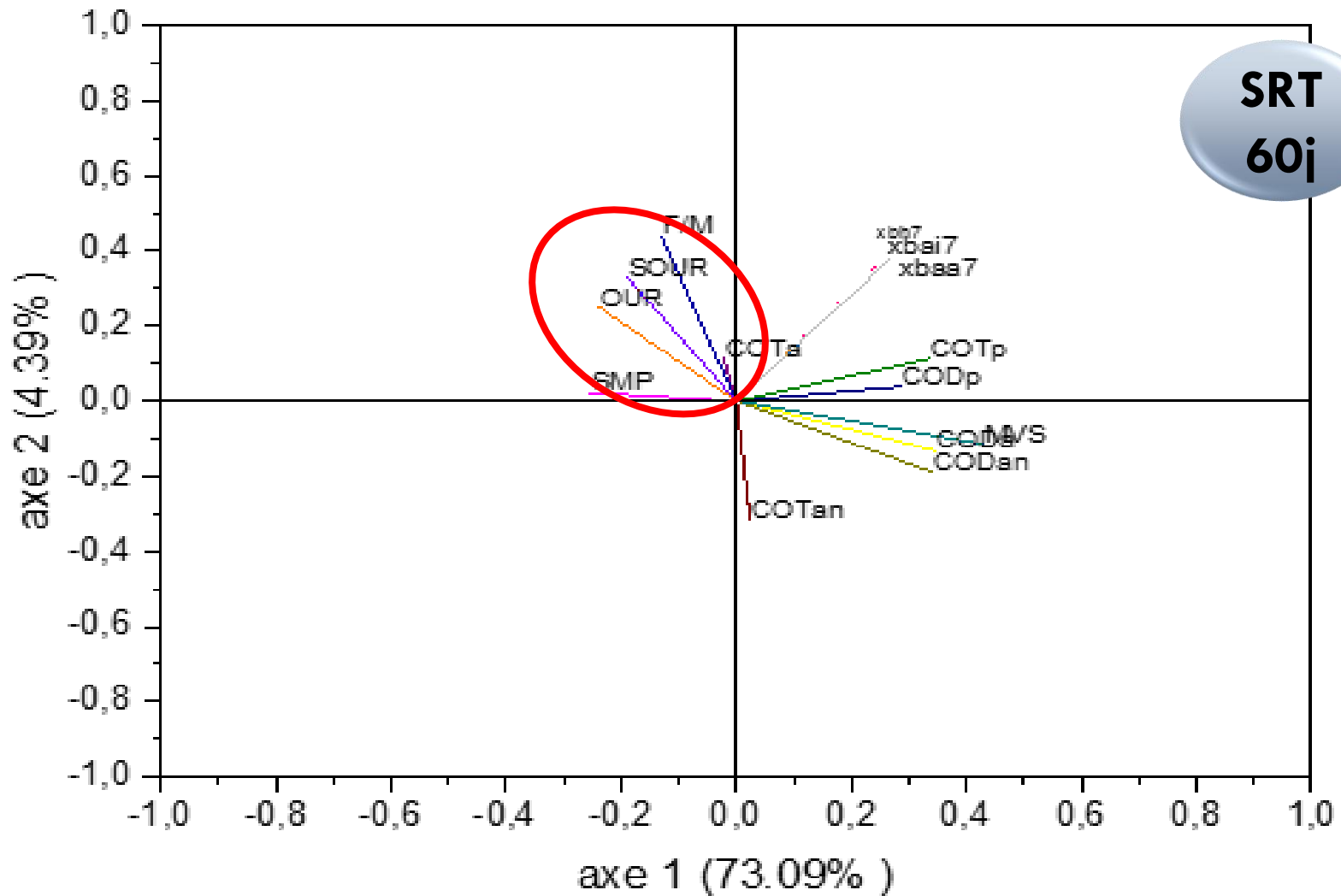
•SD élevé — série  
Hétérogène

Le COTaer a  
changé de la série  
homogène dans  
SRT=40j à la série  
hétérogène  
SRT=60j

	SRT 40 jours				SRT 60 jours			
	N analysis	N missing	Mean	Standard Deviation	N analysis	N missing	Mean	Standard Deviation
SMP	59	309	31.18305	10.53317	86	1593	76.9186	38.19027
DCO <sub>AER</sub>	24	344	42.49167	11.55373	20	1659	106	32.43942
DCO <sub>ANO</sub>	24	344	36.425	18.38537	19	1660	98.63158	30.96093
DCO <sub>PER</sub>	24	344	14.08333	3.7709	20	1659	14.215	7.52318
COT <sub>AER</sub>	24	344	12.59138	3.78043	19	1660	37.38474	23.53649
COT <sub>ANO</sub>	24	344	12.23337	3.66967	19	1660	30.56579	11.12481
COT <sub>PER</sub>	24	344	1.39287	0.34573	19	1660	1.40668	0.49768
MLVSS	24	344	3.76721	0.41288	18	1661	3.67639	0.48511
OUR	101	267	0.28598	0.0808	91	1588	0.83651	0.49989
SOUR	101	267	0.08639	0.0234	91	1588	0.26901	0.14164
F/M	17	351	0.1672	0.02537	93	1586	0.20091	0.02023
X <sub>BH</sub>	101	267	0.53716	0.17188	1679	0	1.93847	1.66472
X <sub>BAI</sub>	101	267	0.126	0.04366	1679	0	0.3926	0.39117
X <sub>BAA</sub>	101	267	0.20666	0.10014	1679	0	0.24845	0.37068

## Cercle de corrélation

SRT  
60j

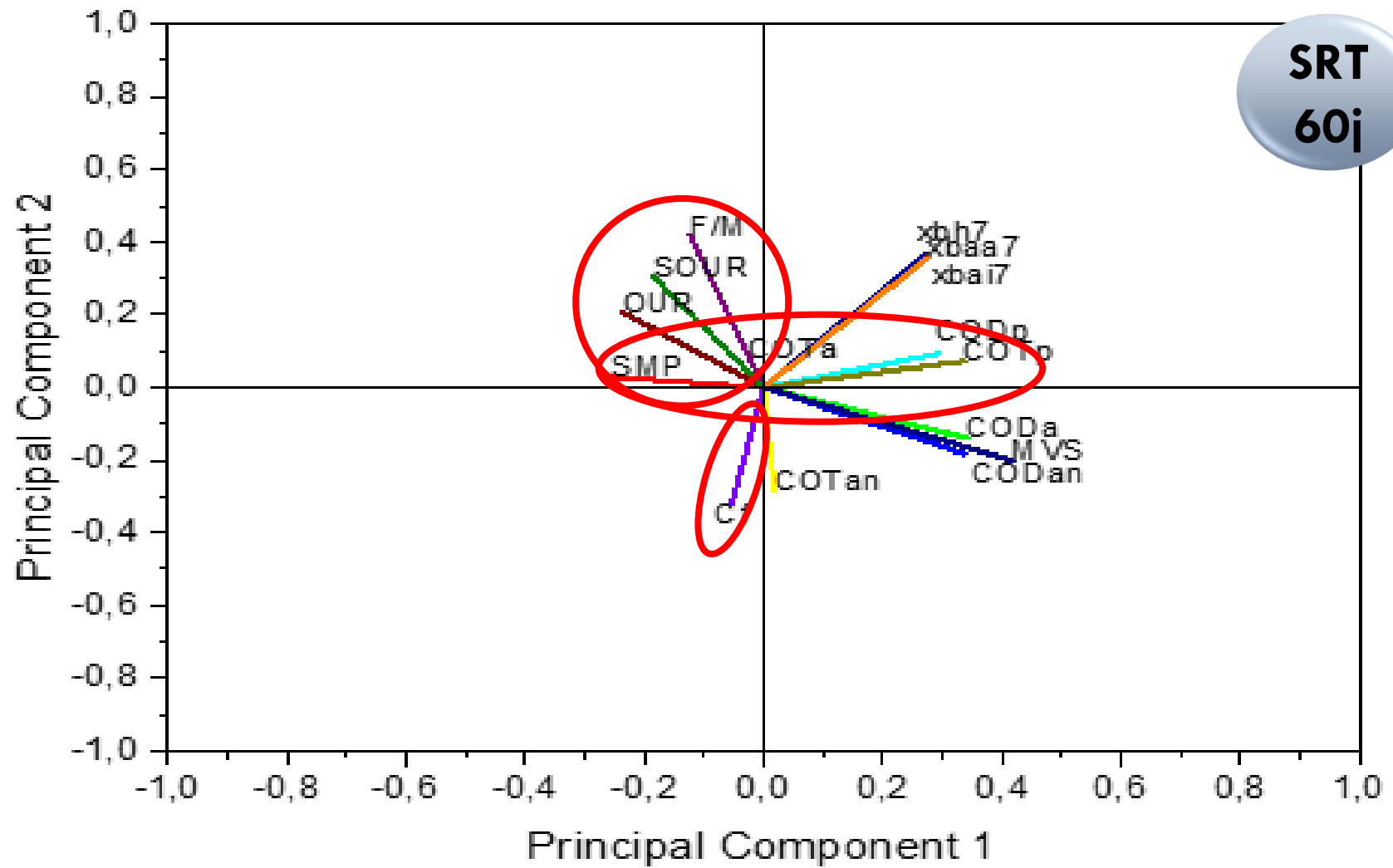


Petit ongle —  
corrélés

Grand ongle — non  
corrélés


## Cercle de corrélation avec le Facteur de concentration (Cf)

SRT  
60j





## Comparaison



La composante principale a change de SRT  
40 j à SRT 60 j pour être prise par les  
SMP pour un pourcentage de variance  
égale à 41.23%.



Plus de viabilité des microorganisme  
autotrophe nitrosomonas à SRT 40j

# Modélisation par équations structurelles (MES)

## Indice d'ajustement

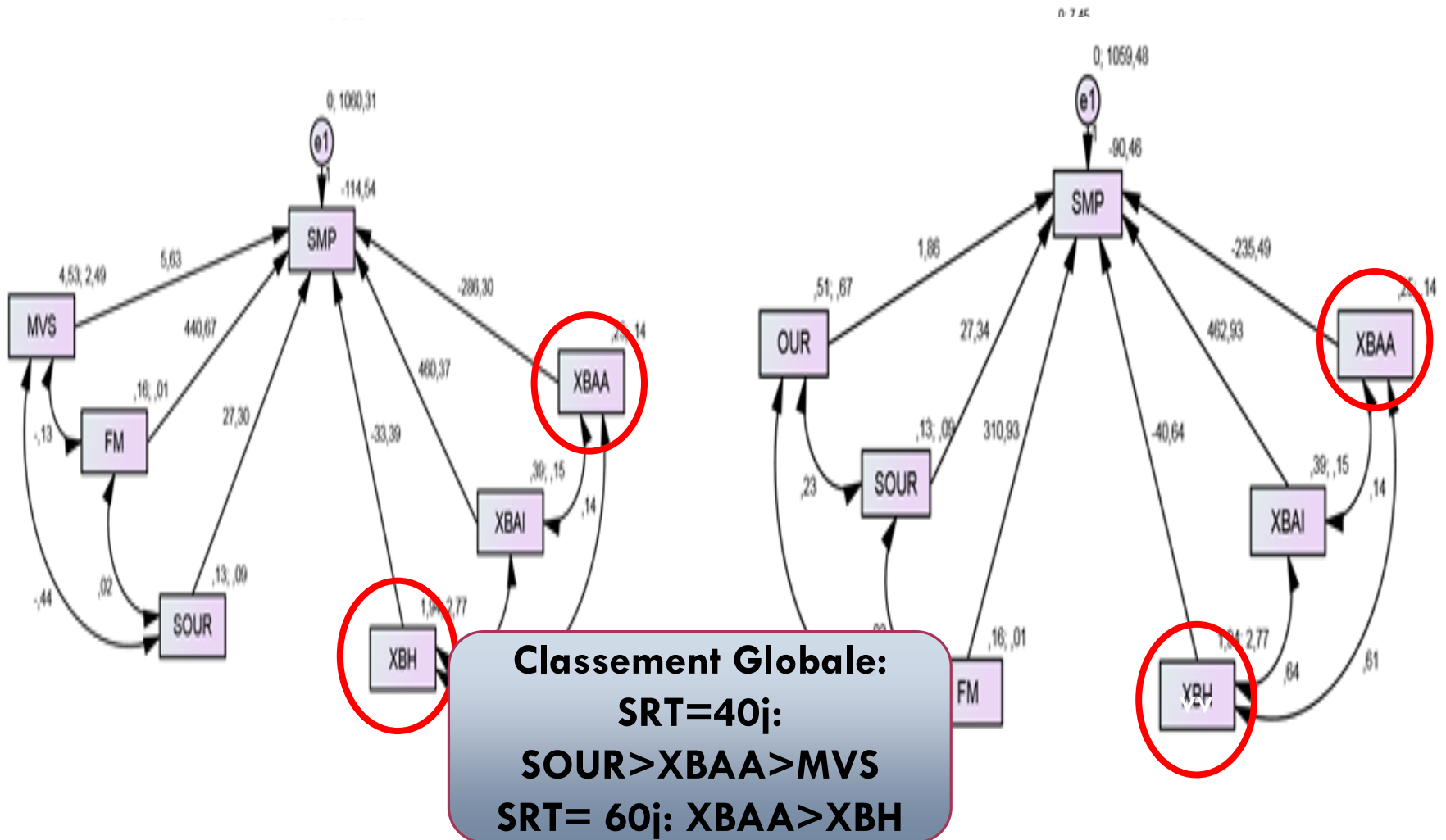
	SRT = 40 JR						SRT = 60 JR					
	$\chi^2$	DF	P	RMSEA	NFI	CFI	$\chi^2$	DF	P	RMSEA	NFI	CFI
Modèle 1	1197,916	27	0.0000	0.344	0.741	0.744	262,814	9	0.00	0.130	0.987	0.988
Modèle 2	193.089	27	0.0000	0.343	0.742	0.744	261,292	9	0.00	0.129	0.987	0.988

- Un CFI (l'indice d'ajustement comparatif) proche de 1 indique un très bon ajustement

# Les modèles SEM

Estimation des paramètres des modèles de transport aux SMP

## Les Modèles MES

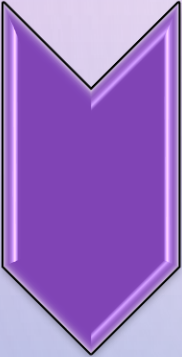


# Comparaison

Une légère augmentation de la quantité de XBH dans un SRT égale à 40 jours avec une estimation positive et l'inverse dans un SRT 60 jours.

La corrélation des XBAI avec les SMP est positive. On obtient pas ces résultats avec MLR et CPA mais avec MES nous avons découvert qu'il y a un shunt des nitrates qui provoque la production des SMP.

## Conclusion



**Dans un BRMI avec une faible charge volumique ( $C/N=3.5$ ) et d'après les résultats des trois méthodes MLR CPA MES nous avons découvert que : XBH est le facteur incontestable pour la réduction de la production des SMPHMW.**

**Merci de  
votre  
attention!**



Thank you

