

RELATION TURBIDITE-BACTERIE : MODELISATION PAR ANALYSES MULTIVARIEES

M. FOURNIER, N. MASSEI, J.-P. DUPONT, T. BERTHE, F. PETIT

Université de Rouen, UMR CNRS 6143



- aquifère karstique => forte vulnérabilité aux contaminations de surface

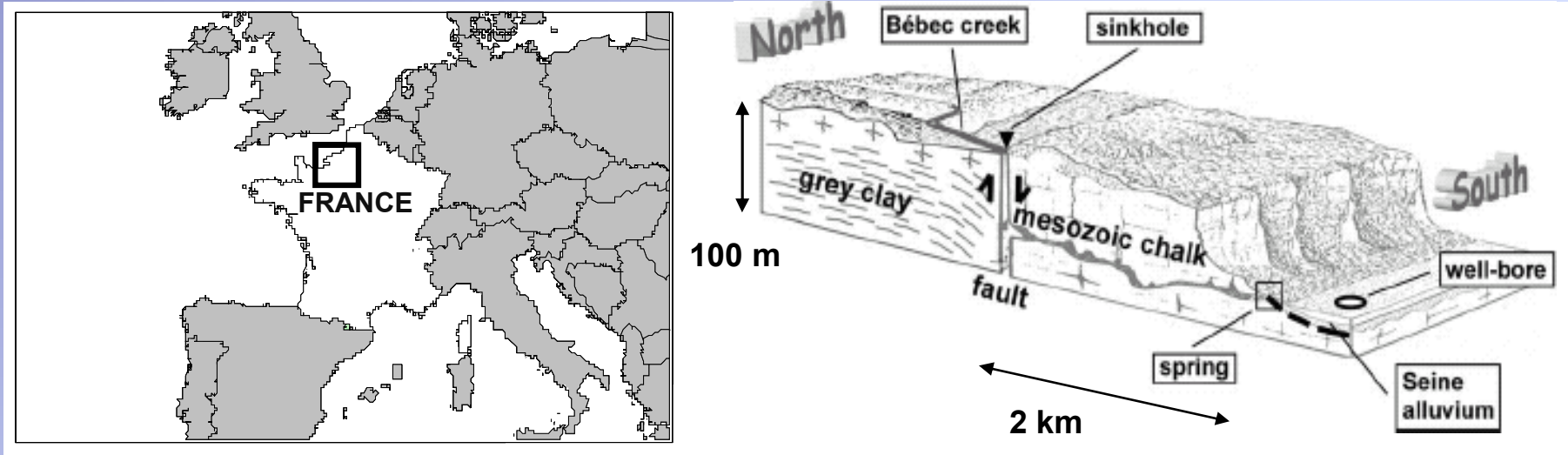
↳ pic de turbidité

↳ contamination bactérienne



- pics de turbidité => transfert particulaire de nature et d'origine différentes par transfert direct, remise en suspension ou dépôt
- la turbidité est utilisée comme marqueur de présence bactérienne
- dans l'environnement, 90% des bactéries fixées sur des particules
- étude des relations entre turbidité, contamination bactérienne, transfert particulaire dans les karsts
 - ↳ analyses multivariées
 - ↳ modèle de la contamination bactérienne par la turbidité

- Le site de Norville est situé à 40km de l'estuaire de Seine dans la plaine alluviale.

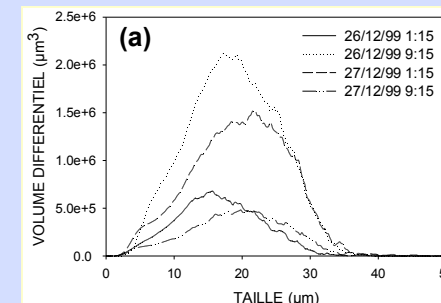


- karst binaire sous couverture :
 - ↳ une rivière pérenne drainant un BV agricole de 10 km²
 - ↳ une perte sur une faille où s'engouffre entièrement la rivière
 - ↳ une source vaclusienne en pied de plateau à l'interface craie-alluvion

- perte et source sont instrumentées avec des sondes multiparamètres, des échantillonneurs, débitmétrie.

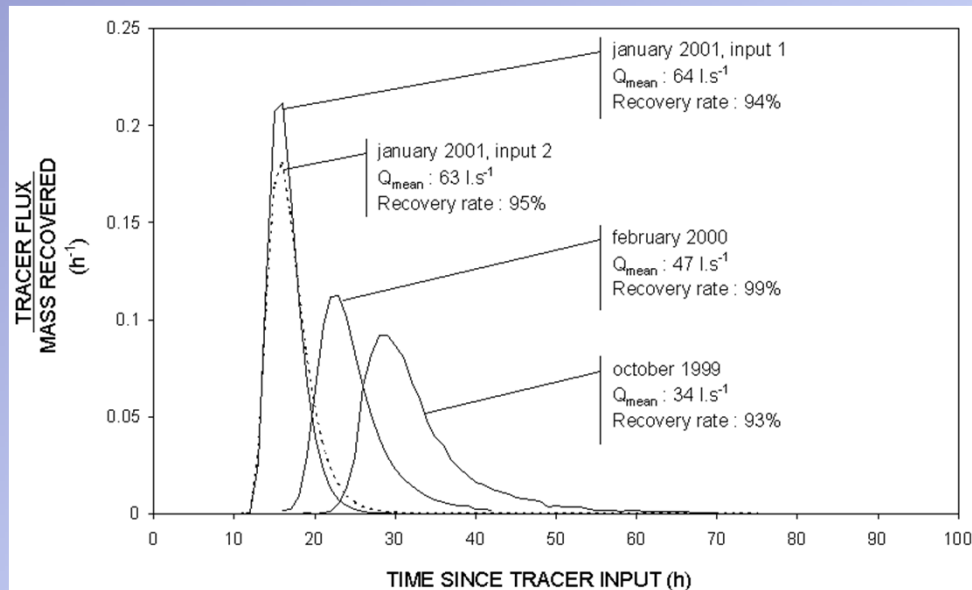


- Sur chaque prélèvement d'eau :
 - ↪ microgranulométrie des matières en suspension
 - ↪ numération bactérienne planctonique et sessile

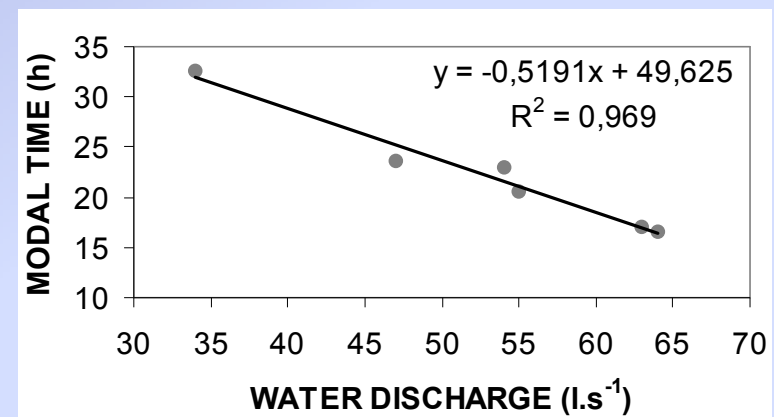


- Particle size distribution and bacteria numeration were multiplied by discharge to obtain instantaneous particle and bacteria fluxes.

- 15 traçages artificiels :
 - ↪ restitution unimodale
 - ↪ taux de restitution jusqu'à plus de 90%
 - ↪ modèle entre débit-temps modal

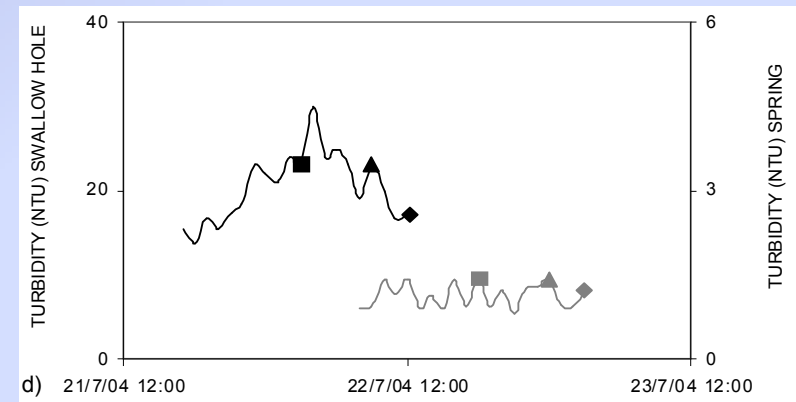
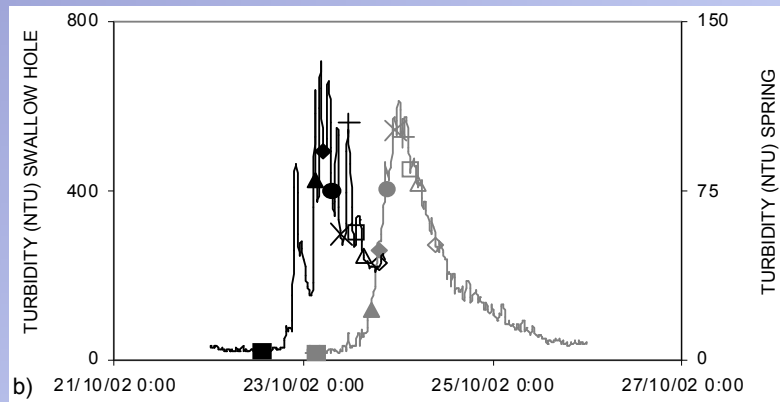
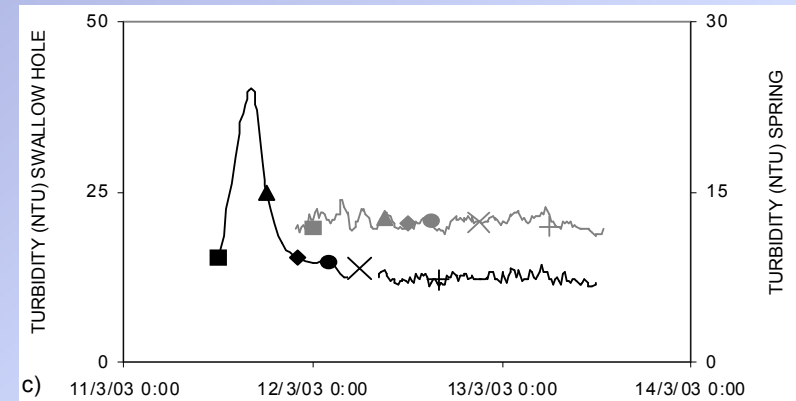
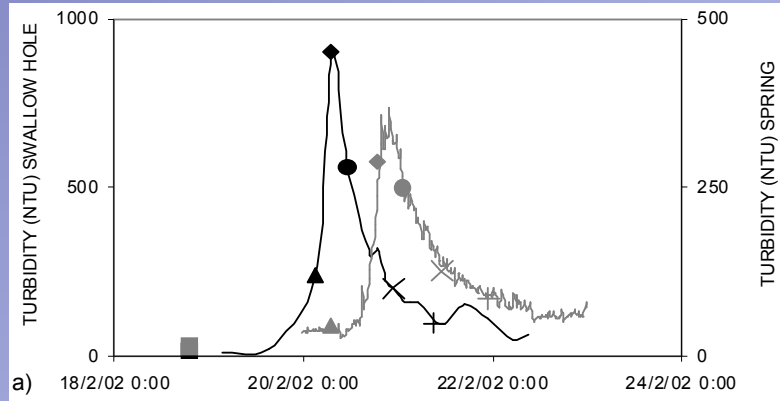


Massei *et al.*, 2003



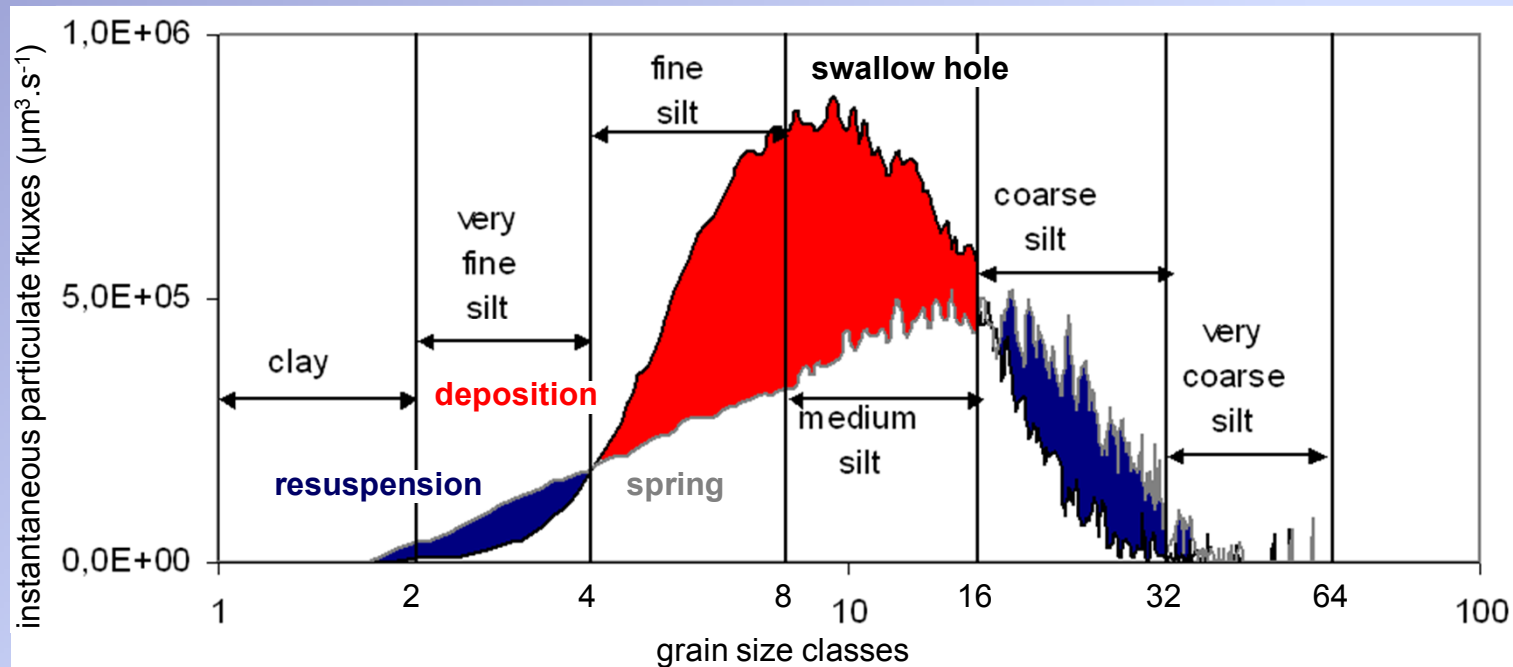
Fournier *et al.*, 2008

- depuis la perte et la source, le temps modal est évalué et permet de comparer ce qui entre avec ce qui sort du système.



- Choix des prélèvements selon la turbidité
- 4 périodes ont été échantillonnées
 - 2 périodes humides : février 2002 (1.24 mm.h^{-1}) et octobre 2002 (0.22 mm.h^{-1})
 - 2 périodes sèches : mars 2003 et juillet 2004

- Type de transfert pour 6 classes granulométriques, en comparant l'entrée et la sortie



- Indice de transfert pour chaque classe granulométrique :

$$A_{\text{gsc}} = S_{\text{w}_{\text{gsc}}} - S_{\text{p}_{\text{gsc}}}$$

si $A_{\text{gsc}} < 0 \Rightarrow$ resuspension = R_{gsc} ; si $A_{\text{gsc}} > 0 \Rightarrow$ dépôt = D_{gsc}

- Variables quantitatives :
conductivité, turbidité,
flux bactériens sessile et planctonique
flux particulaires

at spring
and
swallow
hole

- Variables qualitatives :
 - ↳ dépôt ou resuspension pour chaque classe granulométrique
 - ↳ dépôt ou resuspension des bactéries deposition or resuspension of sessile and planktonic bacteria
 - ↳ position au sein du turbidigramme (montée, pic, décruée, récession)

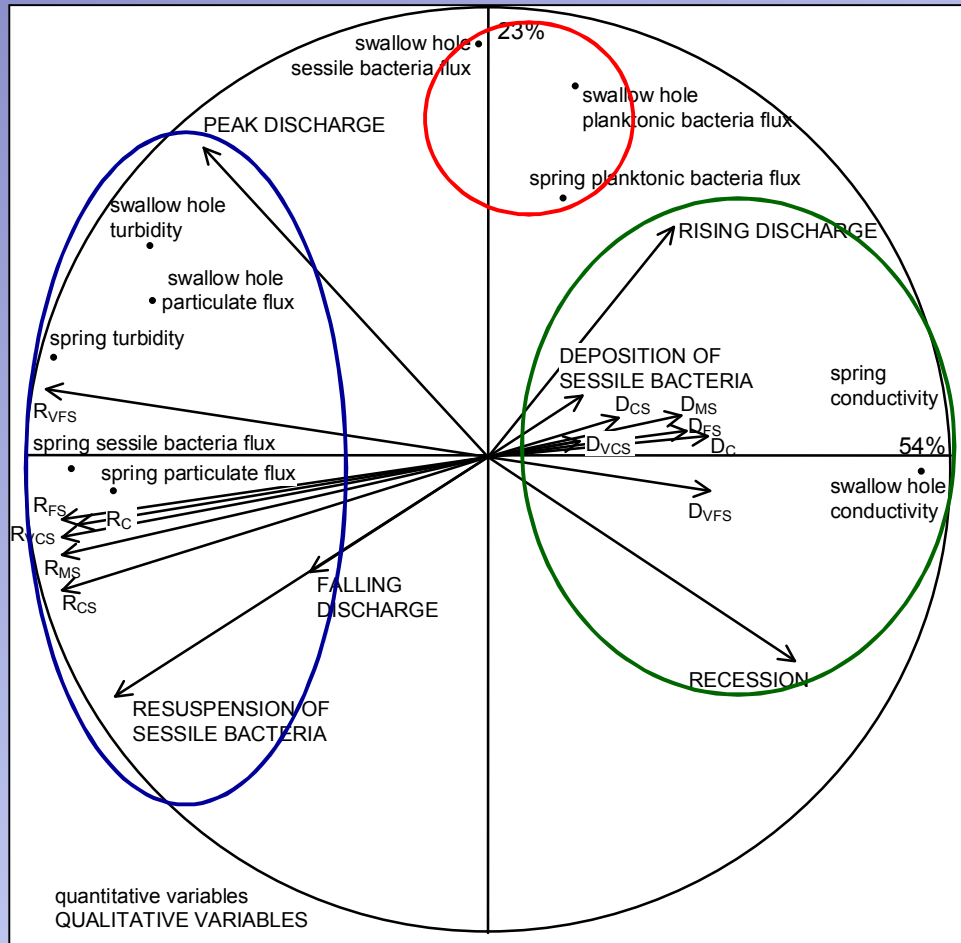
Hill and Smith analysis (Hill and Smith, 1973)

	quantitative variables	qualitative variables
samples		

Statistical processing of the quantitative variables by PCA

Statistical processing of the qualitative variables by MCA

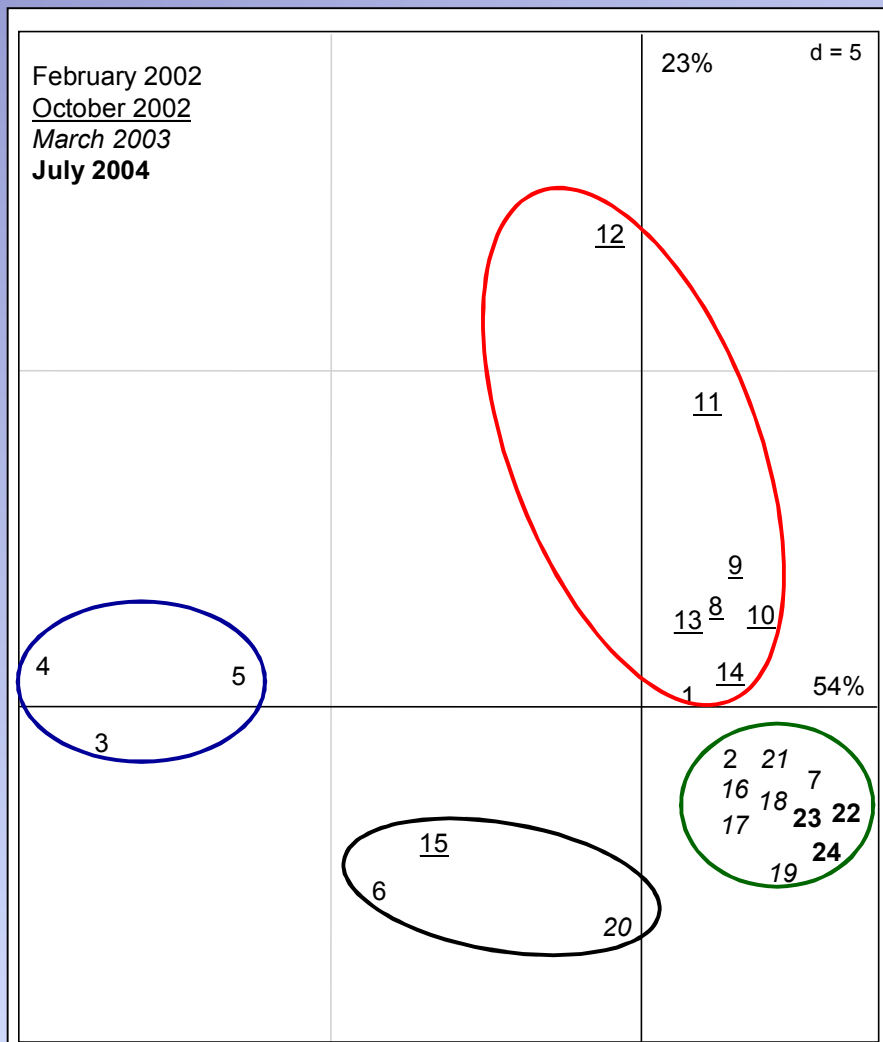
Study of the relations between the variations of the quantitative and qualitative variables



- PC1-PC2 \Rightarrow 77%
- PC1 - \Rightarrow turbidity and resuspension of intrakarstic sediments and sessile bacteria, the peak and falling turbidity discharge
- PC1 + \Rightarrow EC, the deposition of sessile bacteria and suspended matter, rising turbidity discharge and recession
- PC2 + \Rightarrow planktonic and sessile bacteria at the swallow hole and planktonic bacteria at the spring

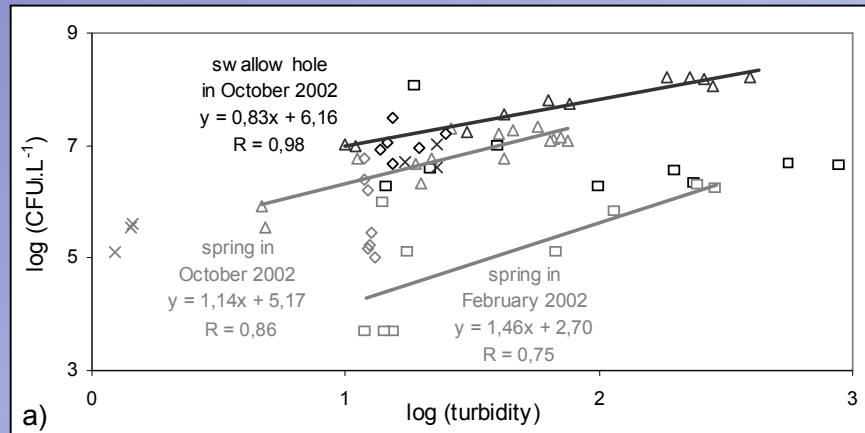
Relations entre la turbidité et les restitutions bactériennes dépendent des modalités de transfert et l'état des bactéries (libres ou fixés)

Les individus ne sont pas classés par période d'échantillonnage mais selon leur position dans le turbidigramme.

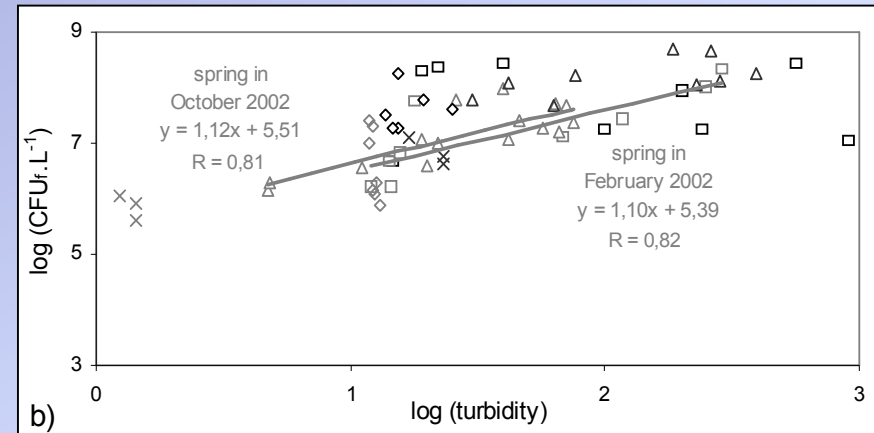


- Group A \Rightarrow resuspension of intrakarstic sediments and sessile bacteria during falling turbidity discharge
- Group B \Rightarrow large amount of particle discharge resulting from direct transport during peak turbidity discharge
- Group C \Rightarrow large amount of planktonic bacteria and deposition of sessile bacteria during rising turbidity discharge
- Group D \Rightarrow electrical conductivity and less particle discharge during the beginning of rising discharge and dry periods

Relation entre turbidité et concentration bactérienne



PLANKTONIC BACTERIA



SESSILE BACTERIA



transformation logarithmique

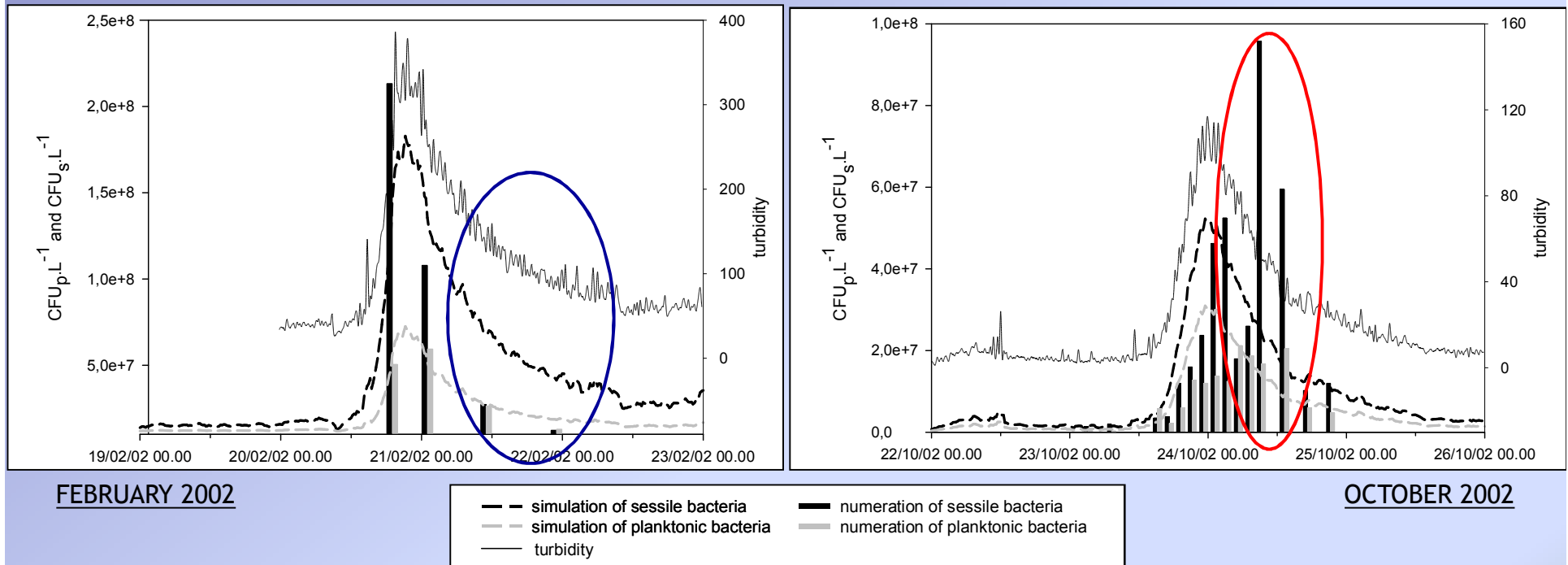


Régression linéaire



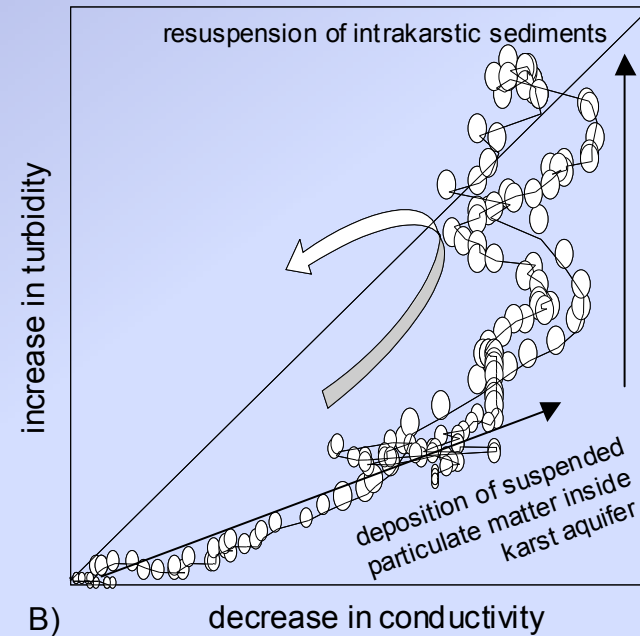
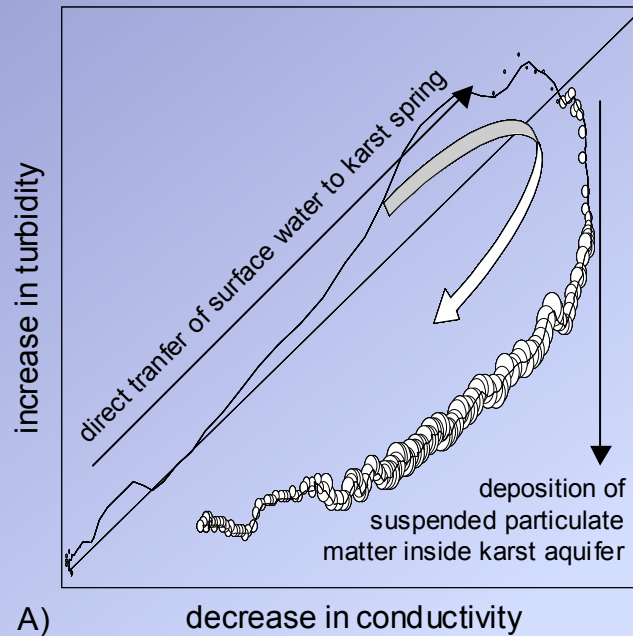
- Pas de relation bacterie-turbidité en périodes sèches
- Bonne relation bacterie-turbidité (selon les formes libres ou fixées) durant les pluies

Modélisation des restitutions bactériennes à la source selon les données de turbidité



- Bonne simulation des restitutions de bactéries libres en février et octobre 2002
- Mauvaise simulation des restitutions de bactéries fixées durant la décrue (**sur-estimation** / **sous-estimation**)

Identification des modalités de transfert à la source hystérésis 3D (EC, turbidité, débit)



○ NORMALIZED VALUES OF WATER DISCHARGE: the more important the water discharge, the higher the size circle.

↻ LOOP DIRECTION

↗ MEAN SLOPE (α) AND DIRECTION OF LOOP

February 2002
dépôt en décroue



Sur-estimation du modèle

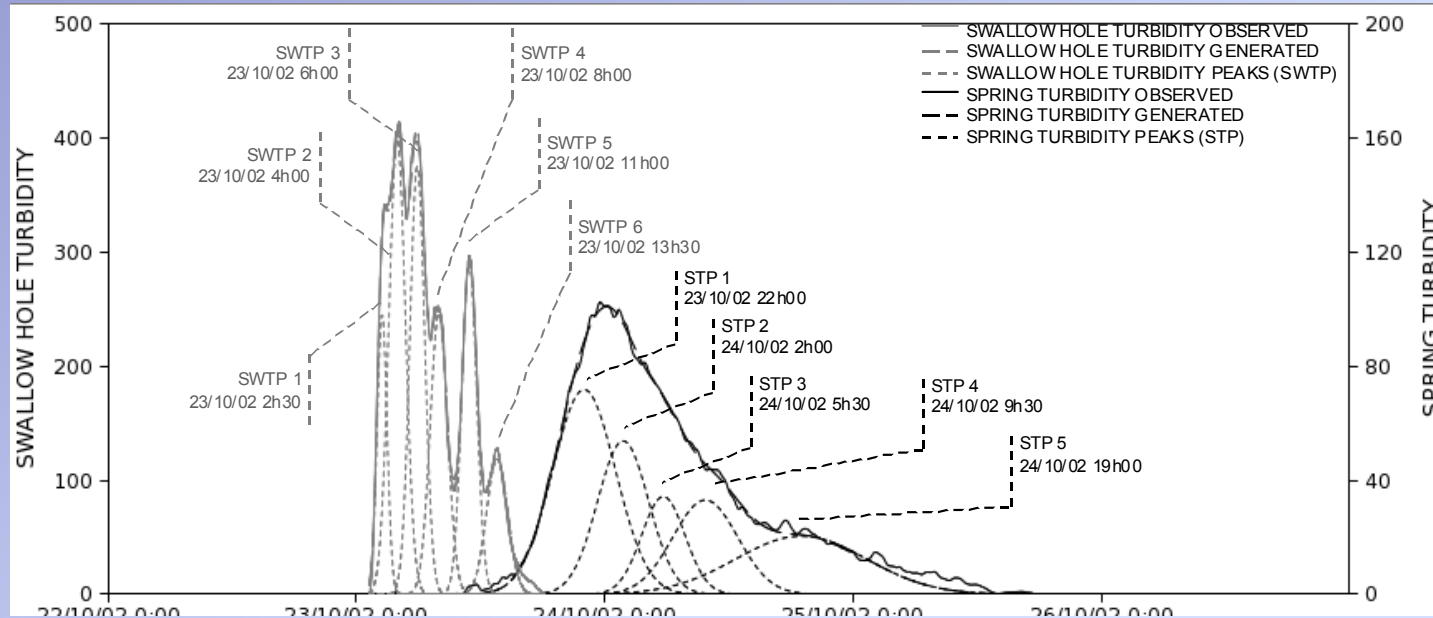
October 2002
resuspension en décroue



Sous-estimation du modèle

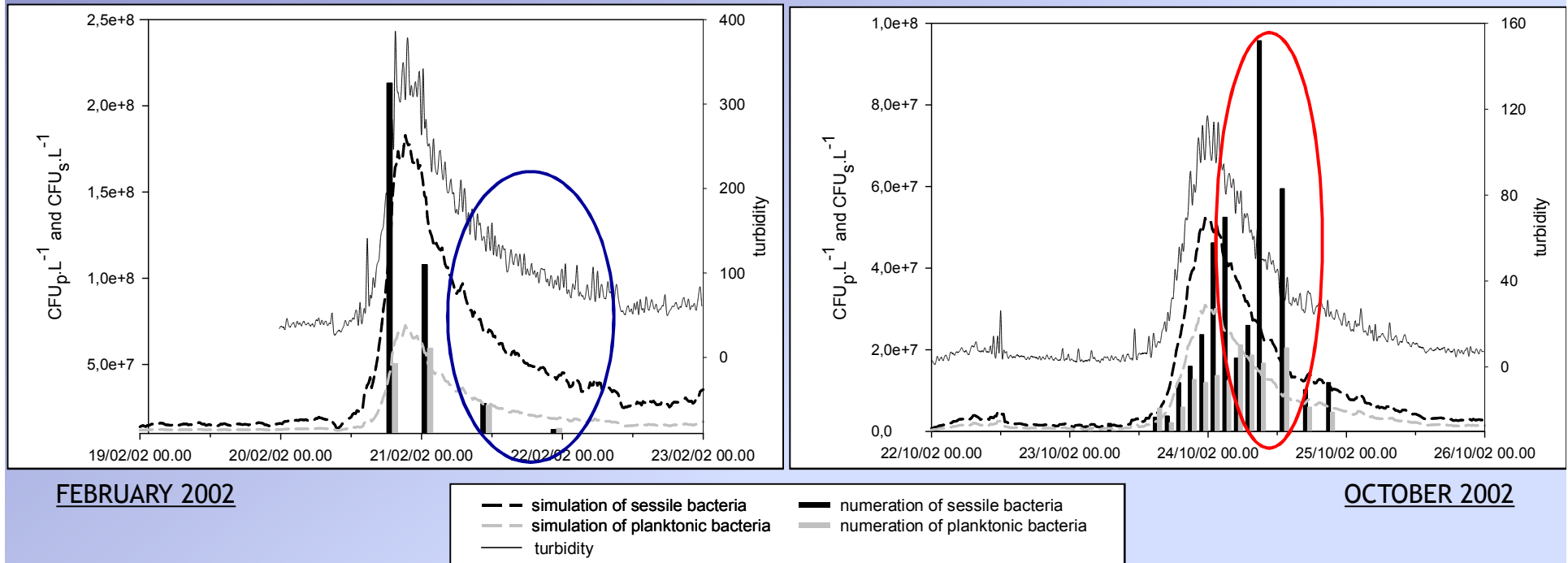
Séparation du turbidigramme par décomposition signal (October 2002)

Comparaison entrée-sortie selon les temps modaux



SWALLOW HOLE TURBIDITY PEAKS (SWTP)	SPRING TURBIDITY PEAKS (STP)	HYDROLOGICAL SENSE
SWTP1	not recovery	deposition of suspended matter
SWTP2	not recovery	deposition of suspended matter
SWTP3-SWTP4	STP1	direct transfer
SWTP5	STP2	direct transfer
SWTP6	STP3	direct transfer
not introduced	STP4	resuspension of intrakarstic sediments
not introduced	STP5	resuspension of intrakarstic sediments

Modélisation des restitutions bactériennes à la source selon les données de turbidité



- Bonne simulation des restitutions de bactéries libres en février et octobre 2002
- Mauvaise simulation des restitutions de bactéries fixées durant la décrue (**sur-estimation à cause du dépôt** / **sous-estimation à cause de la remise en suspension**)

Les relations entre la turbidité et la contamination bactérienne dépendent de l'état des bactéries (libres ou fixées) et des modalités de transfert.

Turbidité = bon marqueur de la contamination bactérienne libre

Turbidité = bon marqueur de la contamination bactérienne fixée en cas de transfert direct perte-source

Dépôt = sur-estimation de la contamination bactérienne fixée

Resuspension = sous-estimation de la contamination bactérienne fixée

Merci de votre attention