



# Approche multiparamétrique pour la compréhension des mécanismes d'action bactéricides des NPs

C. Pagnout

S. Jomini, B. Sohm, P. Bauda

*christophe.pagnout@univ-lorraine.fr*

**Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux**  
CNRS UMR 7360 – Université de Lorraine  
Nancy-Metz

*Atelier thématique Nano-Environnement 19 nov 2013*

## La problématique :

- > Production et utilisation des NPs en constante augmentation  
*rejet dans l'environnement et interaction avec les micro-organismes*

sol :  $\sim 10^9$  bactéries/g    eau :  $\sim 10^6$  bactéries/ml

- > Rôle fondamental des bactéries dans l'environnement  
*Flux de matière, cycles biogéochimiques, source trophique...*

- > Effets bactéricides des NPs

Toxicité indirecte :

NP-TiO<sub>2</sub> = génération de ROS sous illumination UV (photocatalyse)

NP-Ag = libération d'espèces ioniques toxiques

Toxicité directe : ???

NP-TiO<sub>2</sub> sur *E. coli*

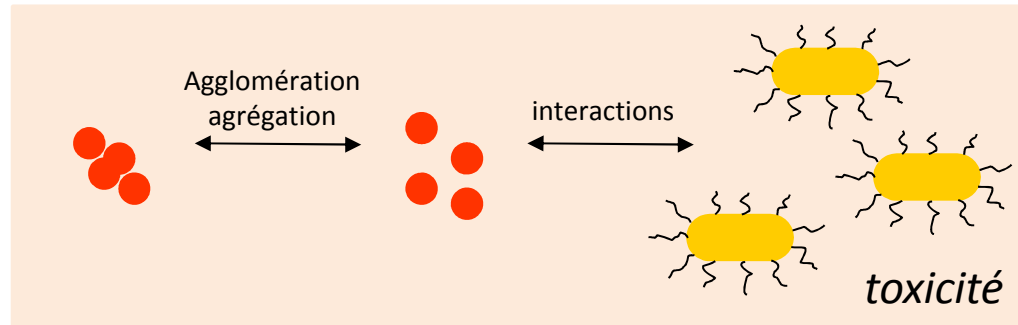
Huang et al., 2000                      = pas de toxicité

Jiang et al., 2009                        = pas de toxicité

Hu et al., 2009                            = DL<sub>50</sub> 1 105 mg/L

Simon-Deckers et al., 2009            = DL<sub>50</sub> <100 mg/L

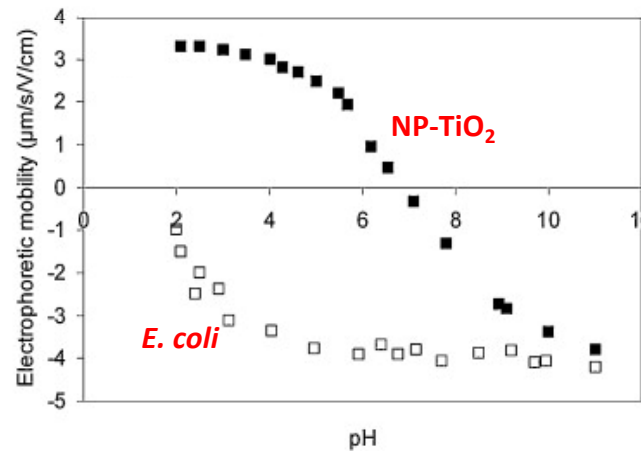
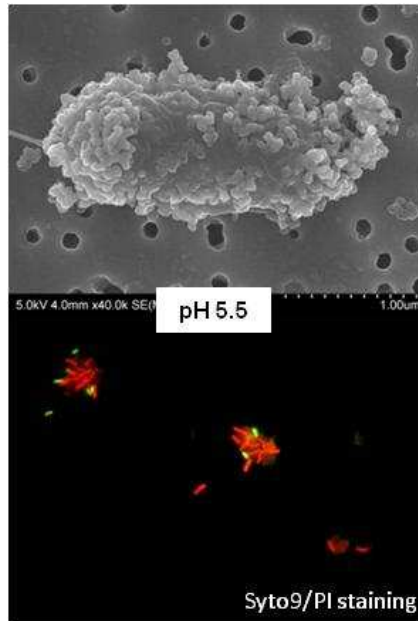
# 1. Interactions NPs-bactéries



**pour qu'il y ait toxicité il faut qu'il y ait interaction!!!**

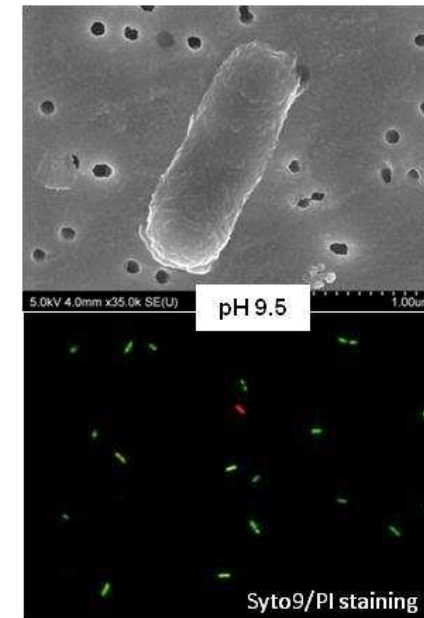
Potentiel d'interaction entre 2 particules (DLVO, xDLVO) =  $\sum$ forces interfaciales :  
*Electrostatiques, Van der Waals, stériques, etc...*  
 > modulées par les conditions du milieu (pH, FI, valence des ions, T°...)

Ex. effet du pH



**pH 5.5 : NPs chargées positivement**  
 Bactéries chargées négativement  
**= toxicité**

**pH 9.5 : NPs chargées négativement**  
 Bactéries chargées négativement  
**= pas de toxicité**

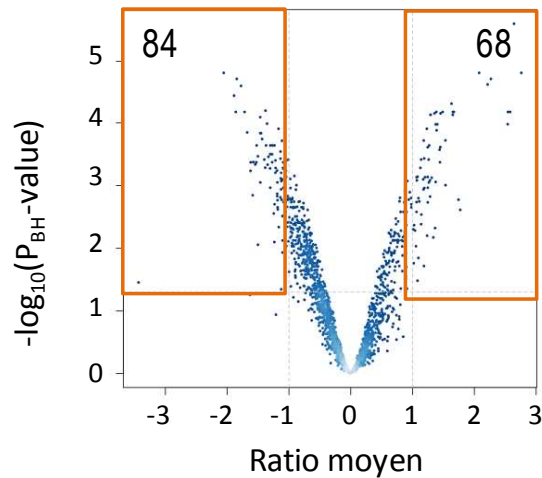
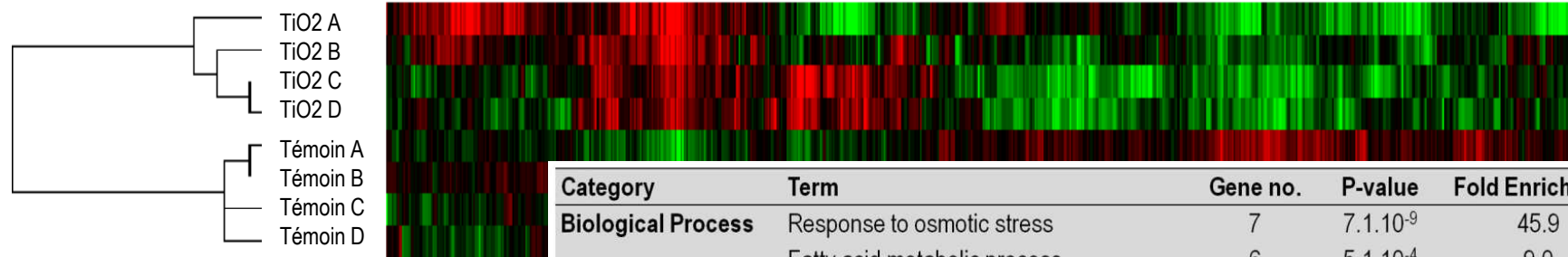




*Unpublished data*

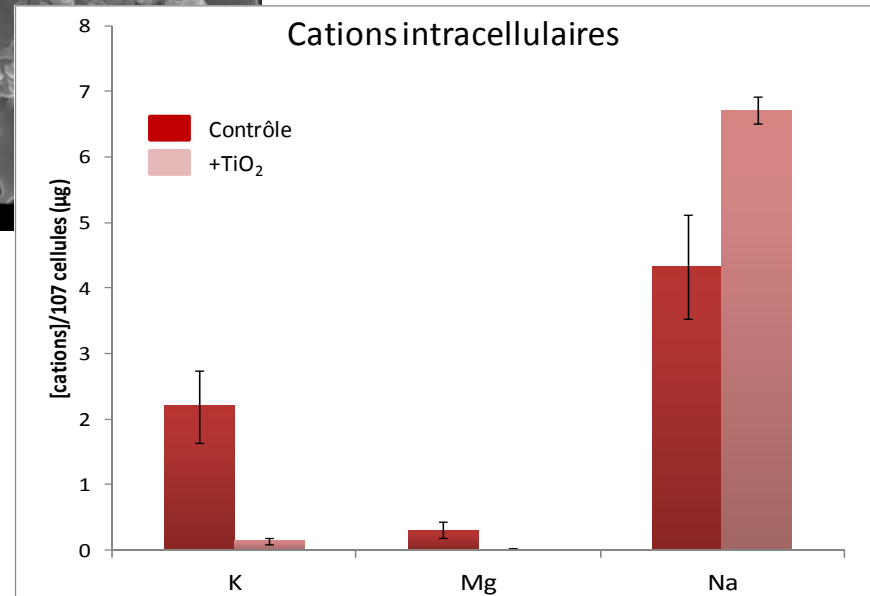
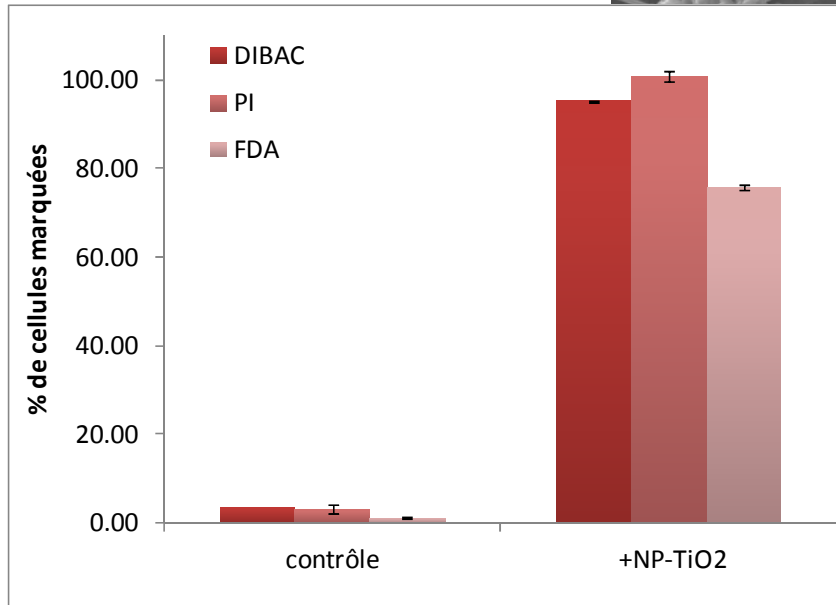
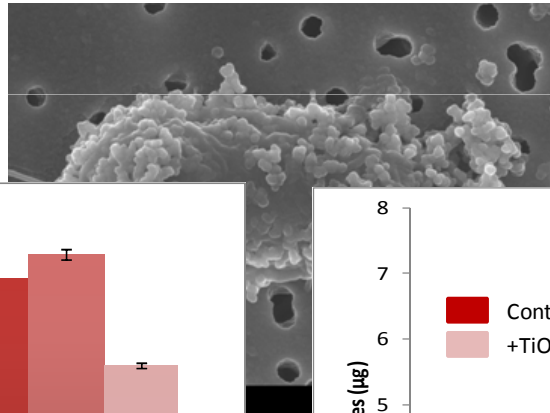
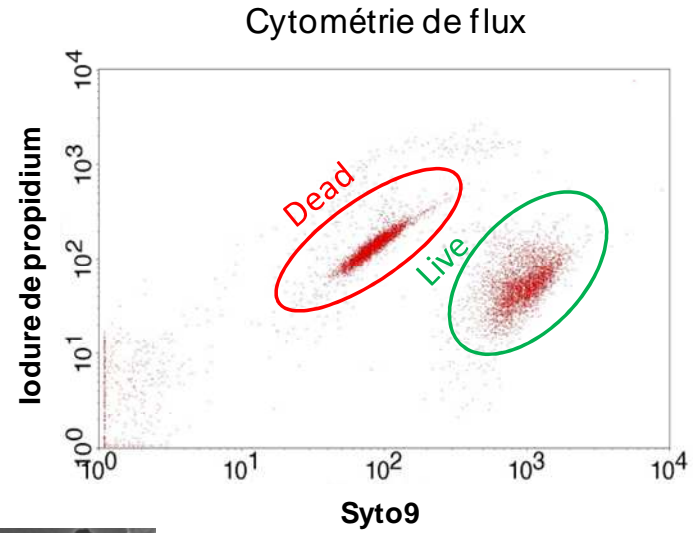
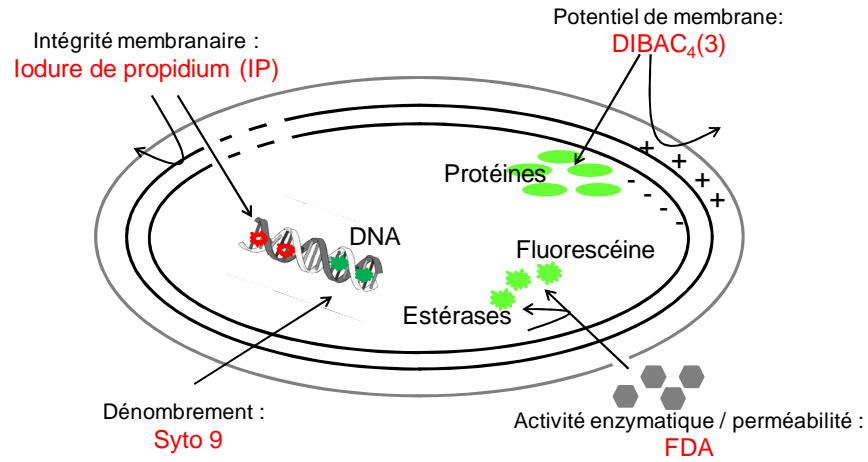
### 3. Mécanismes de toxicité.

#### Analyse transcriptomique (puces ADN : 4335 gènes)



Category	Term	Gene no.	P-value	Fold Enrichment
<b>Biological Process</b>	Response to osmotic stress	7	$7.1 \cdot 10^{-9}$	45.9
	Fatty acid metabolic process	6	$5.1 \cdot 10^{-4}$	9.0
	Polysaccharide metabolic process	12	$1.5 \cdot 10^{-3}$	3.1
	Peptide transport	5	$2.4 \cdot 10^{-3}$	8.8
	Glutamine family a.a. biosynthetic process	5	$3.5 \cdot 10^{-3}$	8.0
	process	15	$3.6 \cdot 10^{-3}$	2.4
	Nitrogen compound biosynthetic process	6	$4.9 \cdot 10^{-3}$	5.4
	Protein folding	6	$6.3 \cdot 10^{-3}$	5.1
	Peptidoglycan metabolic process	3	$7.9 \cdot 10^{-3}$	22.0
	Glycoside metabolic process			
<b>Cellular Component</b>	Peptidoglycan-based cell wall	22	$1.4 \cdot 10^{-4}$	2.4
	Periplasmic space	15	$4.2 \cdot 10^{-3}$	2.3
	Organelle inner membrane	13	$7.1 \cdot 10^{-3}$	2.4
	External encapsulating structure	28	$7.7 \cdot 10^{-3}$	1.6
<b>Molecular Function</b>	Transition metal ion binding	20	$1.1 \cdot 10^{-3}$	2.2
	Cation binding	24	$1.9 \cdot 10^{-3}$	1.9
	Acetyl-CoA C-acyltransferase activity	2	$1.7 \cdot 10^{-2}$	114.0
<b>Kegg pathway</b>	ABC transporters	11	$1.7 \cdot 10^{-8}$	11.5
	Geraniol degradation	3	$1.7 \cdot 10^{-4}$	136.7
	Starch and sucrose metabolism	4	$4.7 \cdot 10^{-4}$	25.1
	Valine, leucine, isoleucine degradation	3	$9.8 \cdot 10^{-4}$	60.7
	Fatty acid metabolism	3	$1.5 \cdot 10^{-3}$	49.7
	DNA replication	3	$3.2 \cdot 10^{-3}$	34.2
	Two-component system	5	$4.0 \cdot 10^{-3}$	7.4

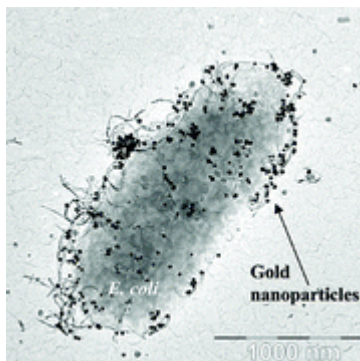
### 3. Mécanismes de toxicité



## Effets bactéricides des NPs :

### *Verrous scientifiques et technologiques :*

- > Passage de la barrière membranaire et internalisation des NPs ?



- > Pas d'endocytose
- > NPs trop grosses pour passer par les pores cellulaires

Artefact lié à la préparation TEM ???  
(centrifugation/deshydratation)

- > Séparation des NPs et des bactéries en mélange.

filtration, gradients de densité, centrifugation tangentielle...

- > courbes d'adsorption des NPs sur les bactéries

- > Comportement des NPs dans le milieu :

Agrégation/agglomération, dissolution, sédimentation...

- > Evaluation du risque environnemental... du labo à l'écosystème

Situations d'exposition réalistes : type de NPs, concentrations, ( $\mu$ )organismes pertinents...

Endpoints : effets sur les communautés et les processus fonctionnels associés, transfert trophique...