

intersoil'2018

International Conference on Soils, Sediments and Water

In samenwerking met :
en co-organisation avec :



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

Techniques innovantes en dépollution des sols et eaux souterraines.

13/11/2018

R&D en bioremédiation in-situ : Nanomicro ou comment coupler la microbiologie et les nanoparticules.



www.sanifox.com



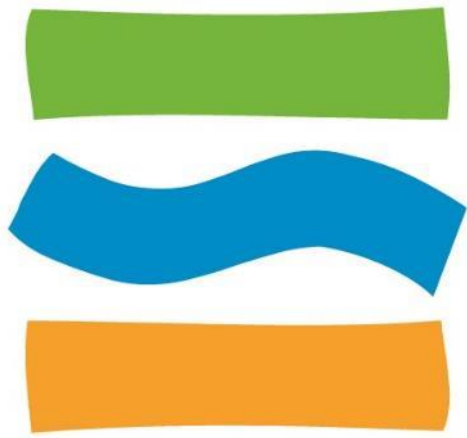
info@sanifox.com



+32 (0)83 21 59 51



sanifox
APPLIED HYDROGEOLOGY



sanifox
APPLIED HYDROGEOLOGY

BRIERS Pierre

Master en sciences géologiques

Chercheur ULg

Gestionnaire de projets – Sanifox

PME spécialisée en in-situ depuis 2002

La Bioremédiation *in situ* : technique d'assainissement

4

□ **Bioremédiation in situ :**

- Technique(s) d'assainissement mise en œuvre par le développement/optimisation du potentiel de dégradation des micro-organismes pour la dépollution des sites contaminés (sols et nappes aquifères).
- Pour quoi : BIO > composés biodégradables (dérives hydrocarbonés, POC, ...) présents dans les sols et l'eau souterraine.
- Par qui : μ biologie : μ organismes, bactéries, levures, champignons, ...
- Où : In-situ : traitement sur site, sans excavation généralisée ni transport de matériaux contaminés. Pas de contraintes d'accès ou stabilité, adapté à une dispersion importante de la pollution.
- Qui : particuliers, PME, industrie, collectivités, ...

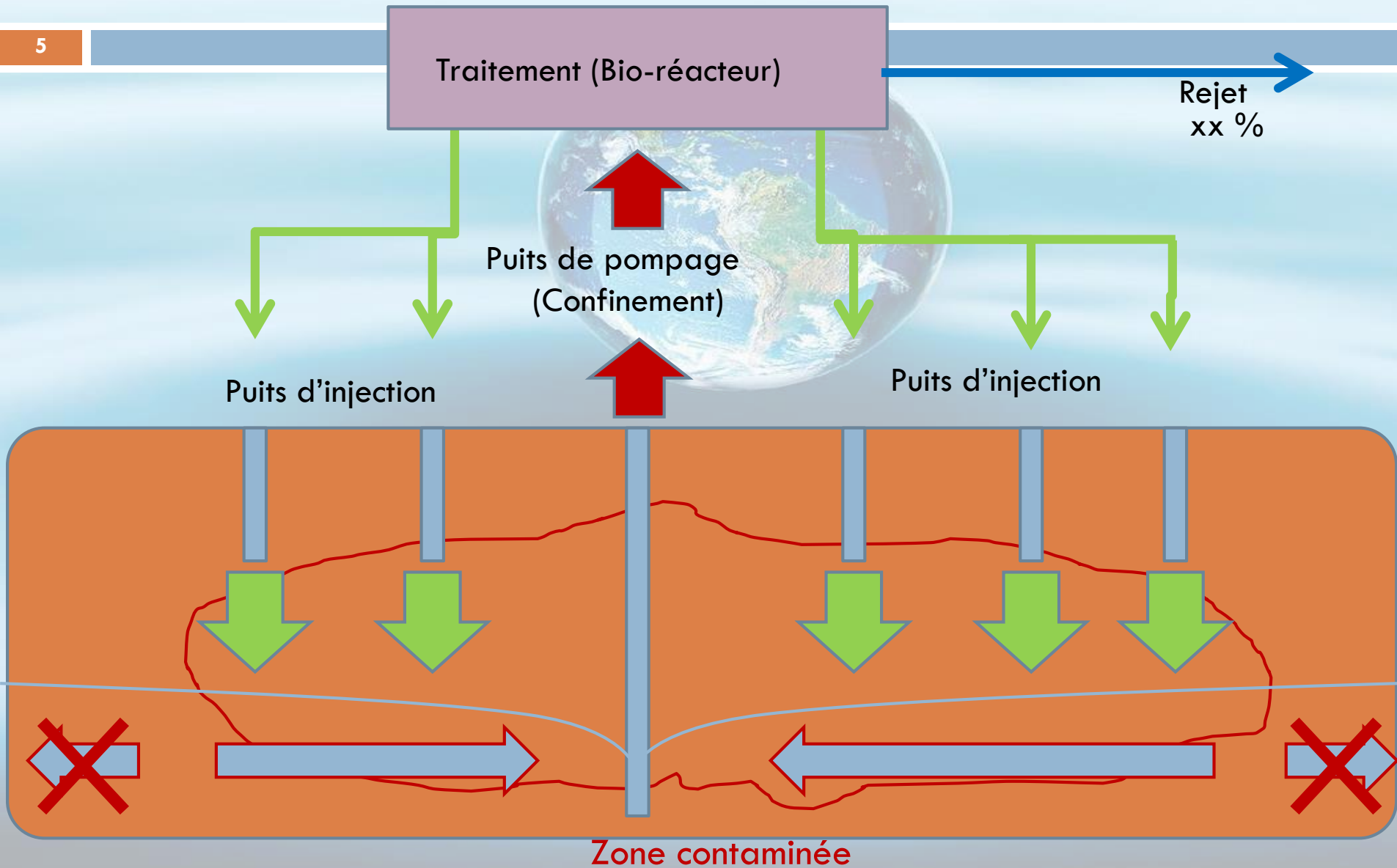
- **Biostimulation :**
stimuler l'activité des micro-organismes par apport de nutriments + ajustement des conditions du milieu

- **Bioaugmentation :** en + : inoculation de micro-organismes spécifiques



Bioremédiation *in situ*

5



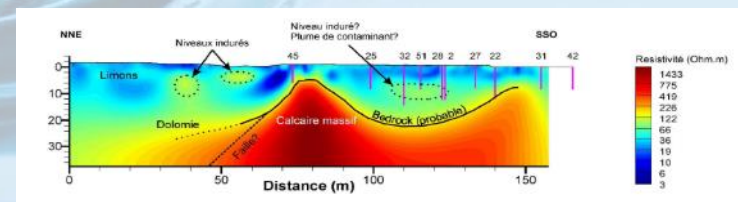
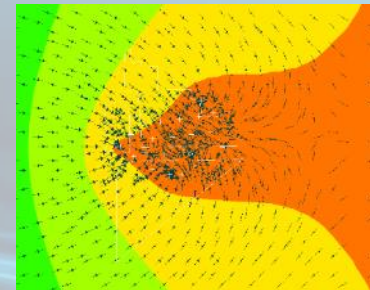
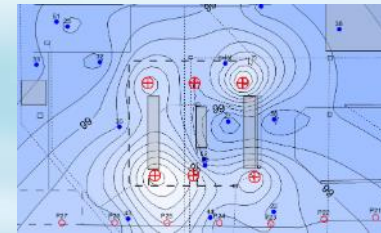
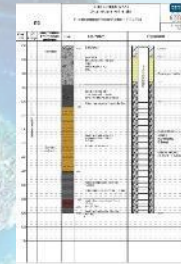
Bioremédiation *in situ*

6

□ Pré-requis : connaissance approfondie du milieu

- Géologie/Lithologie
- Hydrogéologie
- Nature contamination
- Extension contamination
- Paramètres physico-chimiques
- Microbiologie endogène
- ...

Du point de vue 'local' !



Microbiologie

7

Q1 : Y a-t-il des micro-organismes viables dans le sol pollué?

↓ Oui

Q2 : Les micro-organismes sont-ils capables de dégrader les polluants en (an)aérobie?

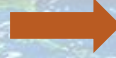
↓ Oui

Q3 : Sont-ils actifs?

↓ Oui

Atténuation naturelle

Non



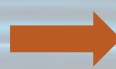
Bioaugmentation avec une flore exogène

Non



Bioaugmentation avec une flore exogène

Non



Biostimulation

Potentiel rédox négatif, présence de NH_4^+ , pas de NO_3^-

Q4 : La biostimulation est-elle suffisante pour permettre la dégradation?

↓ Oui

Q5 : Peut-on améliorer la vitesse de dégradation avec les NPs?

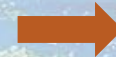
↓ Oui

**Biostimulation/bioaugmentation
avec des NPs**

Pourquoi?

Les NPs ont un effet de dégradation positif sur les composés aromatiques.

Non



Faible
biodisponibilité
des HCs, [HCs]
toxiques,...?

**Bioaugmentation avec
une flore exogène
adaptée, avec
production de
biosurfactants**

Bioremédiation *in situ*

9

□ Avantages :

Bioremédiation *in situ*

AVANTAGES PRINCIPAUX

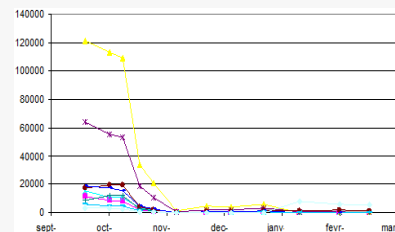
Faible coût des
équipements/zone
contaminée



Discretion de
l'installation



Haute efficacité pour
différents composés
organiques



Maintien de
l'activité sur site



Bioremédiation *in situ*

10

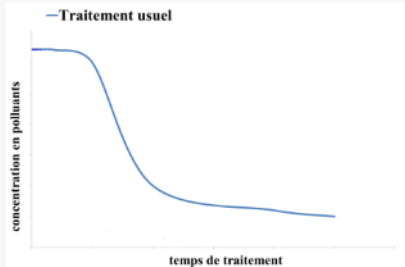
□ Inconvénients :

Bioremédiation *in situ*

INCONVENIENTS

PRINCIPAUX

**Vitesse de
dégradation**



Durée importante



Pollution inadaptée

- Uniquement polluants biodégradables
- Métaux lourds inhibiteurs

R&D



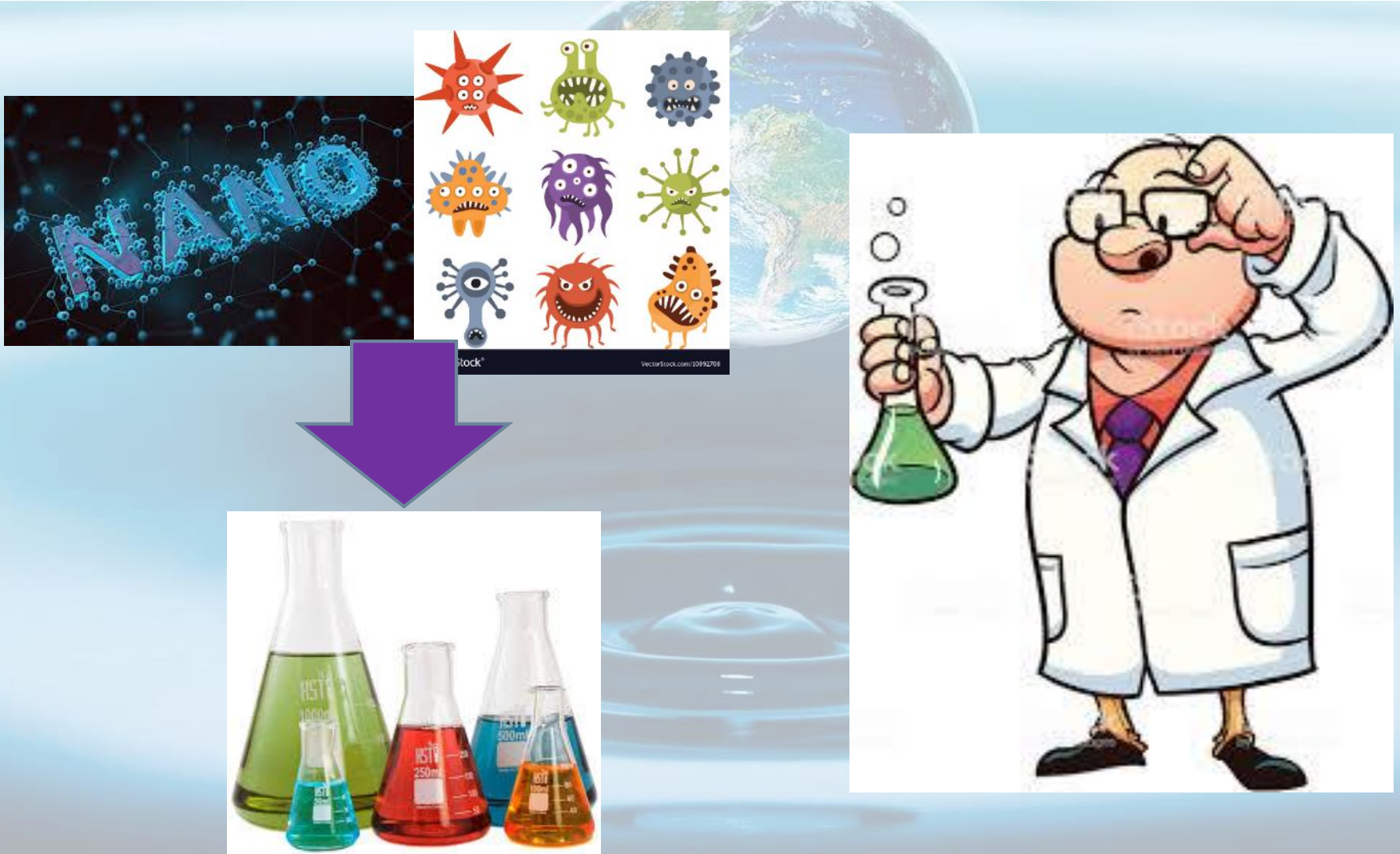


R&D en bioremédiation in-situ : Nanomicro ou comment coupler la microbiologie et les nanoparticules.

Accélérer la cinétique de biodégradation des polluants

Nanomicro : genèse du projet

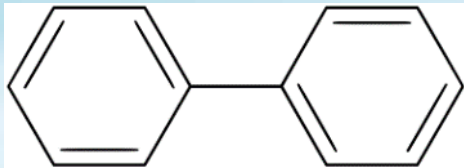
12



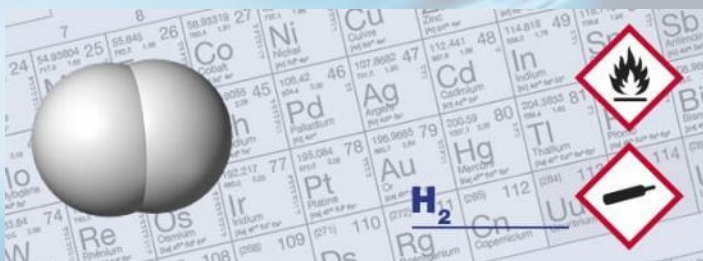
Nanomicro : genèse du projet

13

Biodégradation du biphényle : augmentation significative de la cinétique de dégradation en présence de NP



Bio-production d'hydrogène par μ organismes spécialisés > augmentation de la cinétique et de la concentration finale en H_2 en présence de **certaines** NP et ce à des concentrations **spécifiques aux conditions opératoires.**



Nanomicro : les premiers freins ...

14

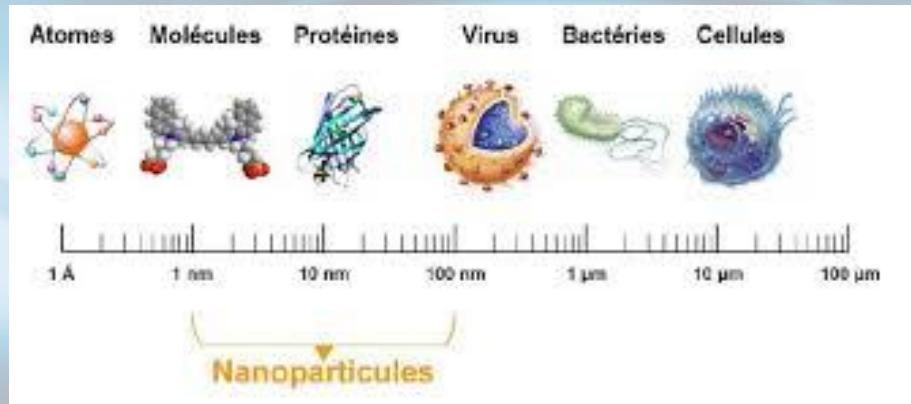


Nanoparticules

15

Définition :

Une **nanoparticule** est selon la norme ISO TS/27687 un nano-objet dont les trois dimensions sont à l'échelle nanométrique, c'est-à-dire une particule dont le diamètre nominal est inférieur à 100 nm environ. D'autres définitions évoquent un assemblage d'atomes dont au moins une des dimensions se situe à l'échelle nanométrique (ce qui correspond au « nano-objet » tel que défini par la norme ISO précitée) ou insistent sur leurs propriétés nouvelles (dues au confinement quantique et à leur surface spécifique) qui n'apparaissent que pour des tailles de moins d'une centaine de nanomètres.



Nanoparticules???

16

Oui mais ...

- Lesquelles ?
- MO de production : broyage mécanique ou synthèse chimique ?
- Bénéfice coût $><$ réactivité ?
- Quid du risque de dispersion dans l'environnement et des effets à long terme ?





Nanomaterials, Catalysis, Electrochemistry

Encapsulation des nanoparticules
par le procédé sol-gel.

Nanoparticules : projet de pôle Greenwin

18

1.700.000 €

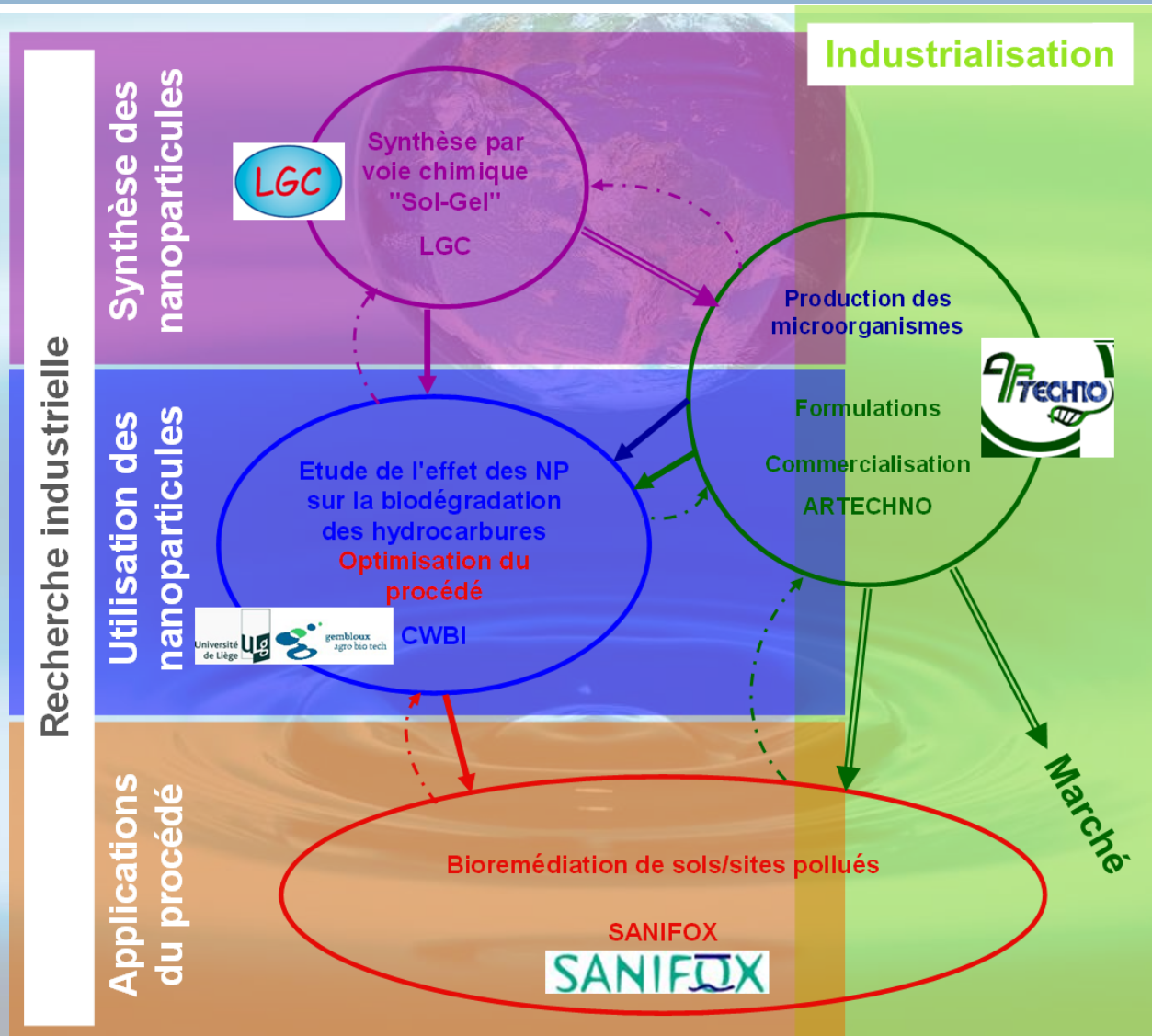
4 ans et un peu plus ...

Start 01/01/2013
+ les prolongations



Nanomicro : structuration du projet

19





**Institut Chimie-Bâtiment B6
4000 LIEGE
BELGIQUE**



?????



????



...

Implication dans le projet NANOMICRO

Synthèse des nanoparticules par procédé sol-gel

Recherche de particules synthétisées par d'autres voies de synthèse

**Comparaison technico-économique des procédés de synthèse
(particules métalliques et starters microbiens)**

sous
traitance

Etude de l'impact environnemental des nanoparticules

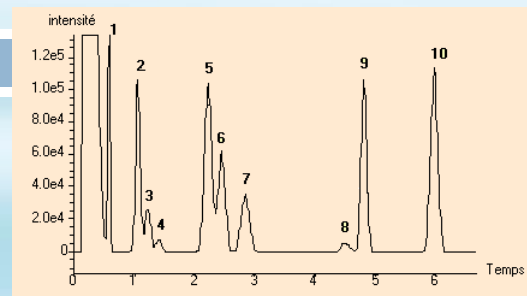


**Passage des déportés, 2
5030 GEMBOUX
BELGIQUE**

Caractérisation des polluants

Analyses biologiques

...

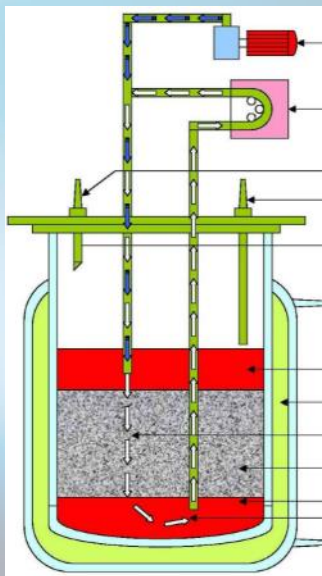


Implication dans le projet NANOMICRO

Caractérisation de l'effet sur la biodégradation aérobie et anaérobie du biphenyl

Sélection du couple nanoparticule(s)-microorganisme le plus adapté pour la biodégradation aérobie et anaérobie du biphenyl

Recherche des conditions optimisées de biodégradation : application en microcosmes et bioréacteurs liquides avec biphenyl





**Rue Francois Bovesse, 1
5030 GEMBLoux
BELGIQUE**



culture de microorganismes



formulation



...



Implication dans le projet NANOMICRO



Production de microorganismes

Formulation du couple nanoparticule(s)-microorganismes



SOIL & GROUNDWATER REMEDIATION

www.sanifox.com

info@sanifox.com



Bioremédiation



Bioventing



Air sparging



...



Implication dans le projet NANOMICRO

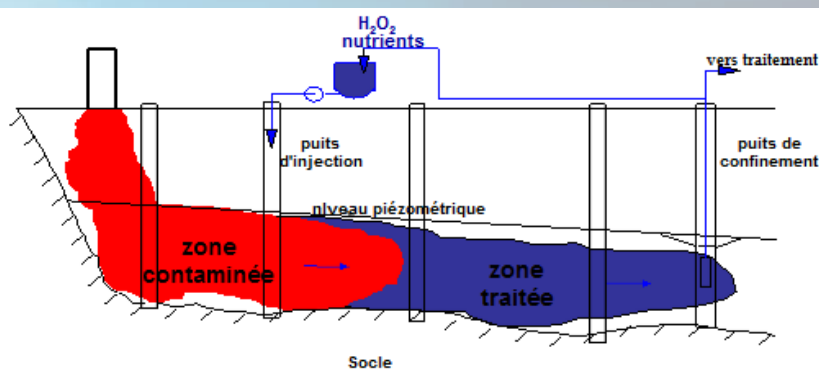
Application du procédé à l'échelle du laboratoire

Application du procédé à l'échelle industrielle

Étude économique et ACV

**sous
traitance**

Management et propriété intellectuelle

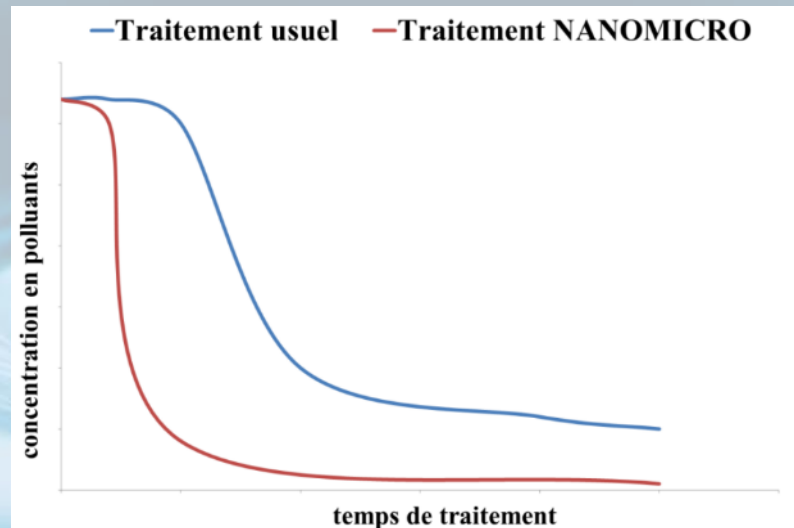


Étudier de nouvelles potentialités de décontamination des sols pollués

Améliorer les procédés de traitement
in situ des sols contaminés

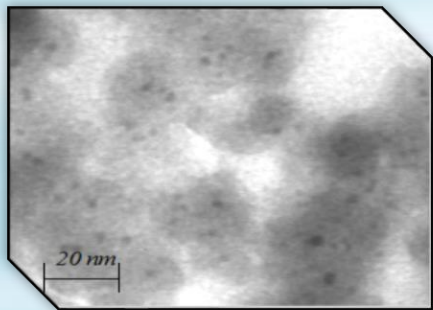


Accélérer la cinétique de
biodégradation des polluants



Nano(particules) – micro(biologie) : projet de pôle Greenwin

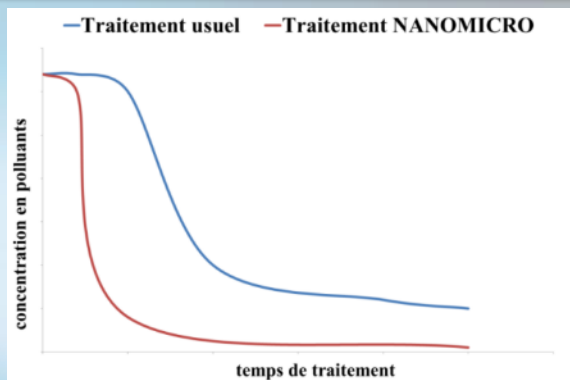
25



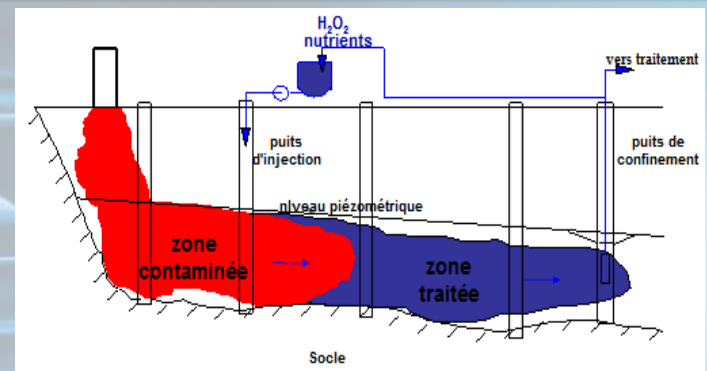
Couple(s) adapté(s) à
la dégradation des
polluants



Diminution du temps de traitement



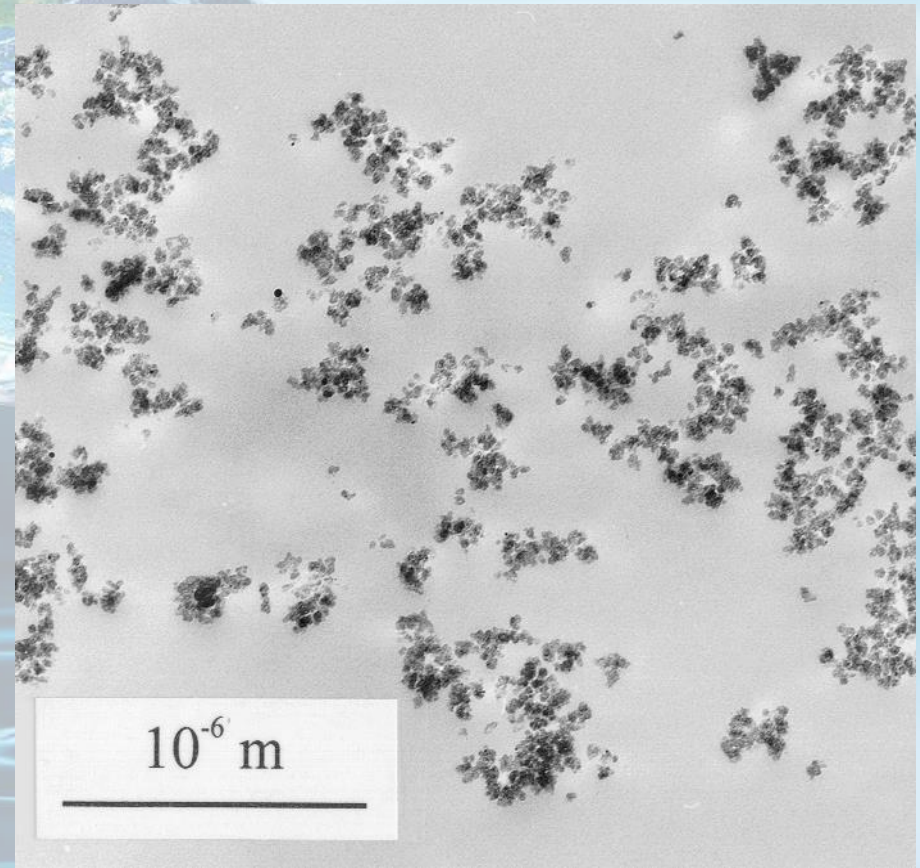
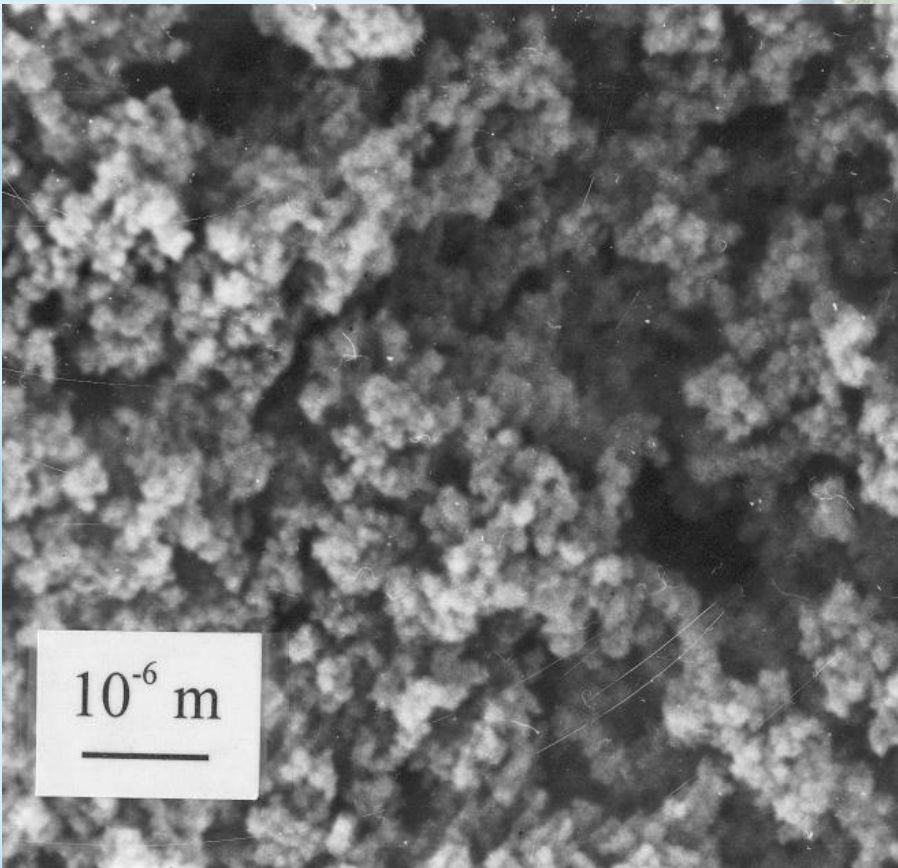
Traitement de sites peu accessibles



Microscope électronique

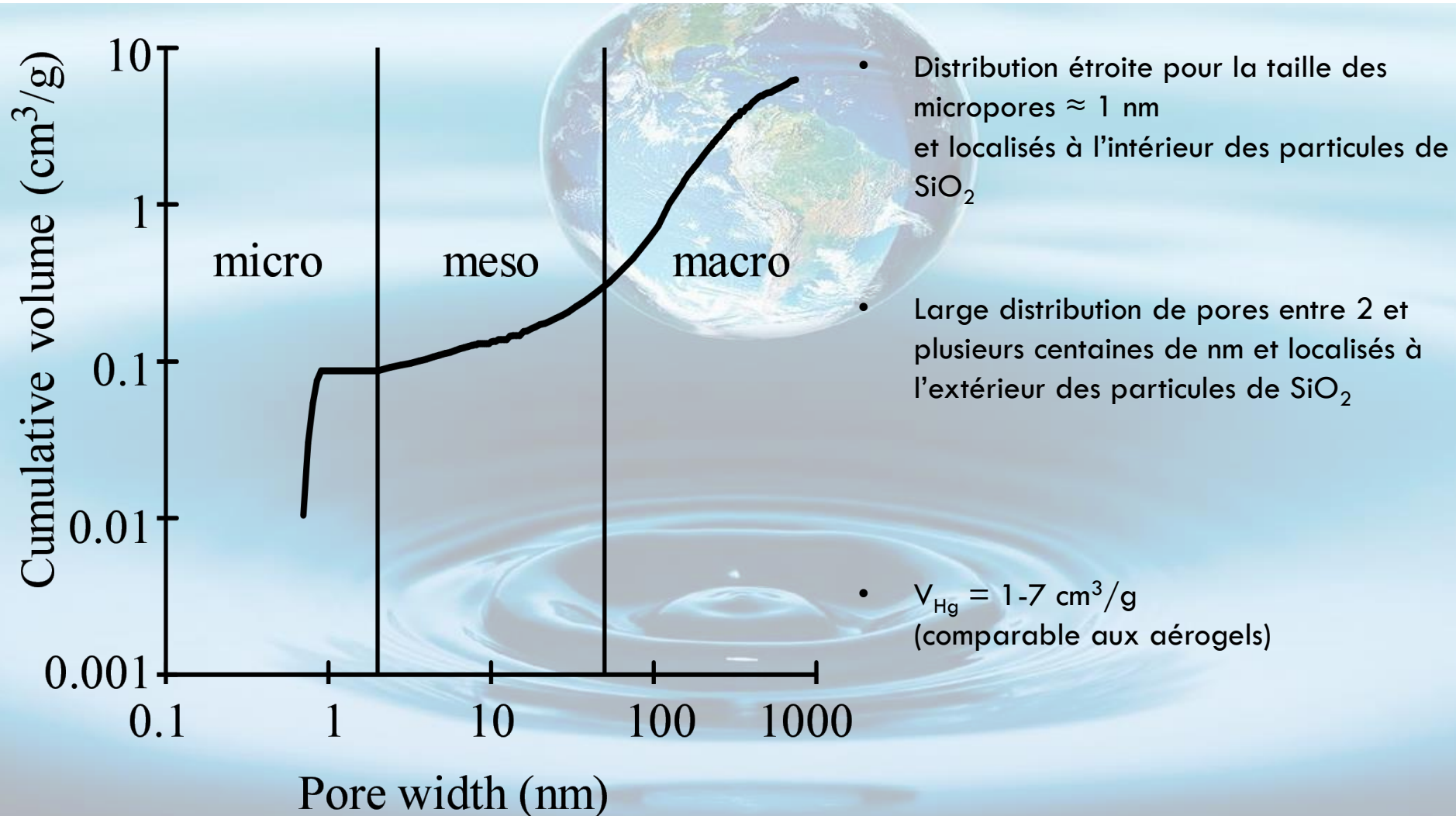
Xérogel cogélique 1.9%A-3.7%B/SiO₂

26



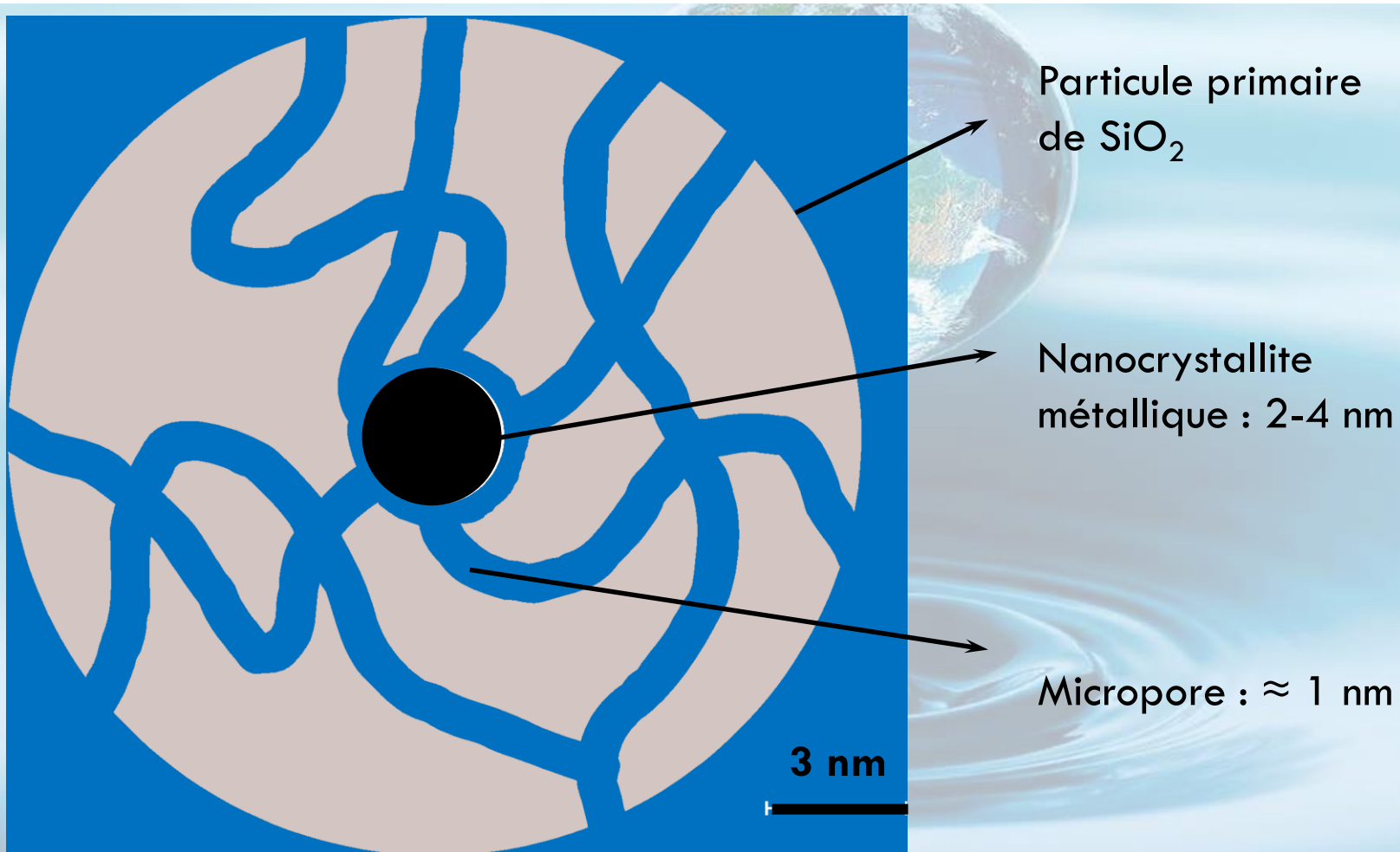
Texture des xérogels cogélifiés : distribution de la taille des pores

27



Stabilité des nanoparticules métalliques

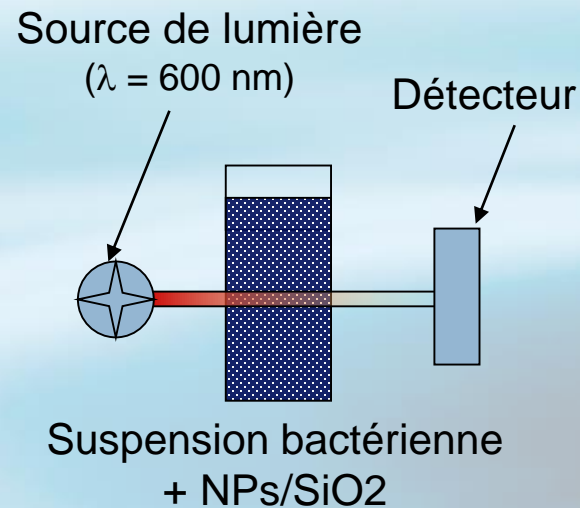
28



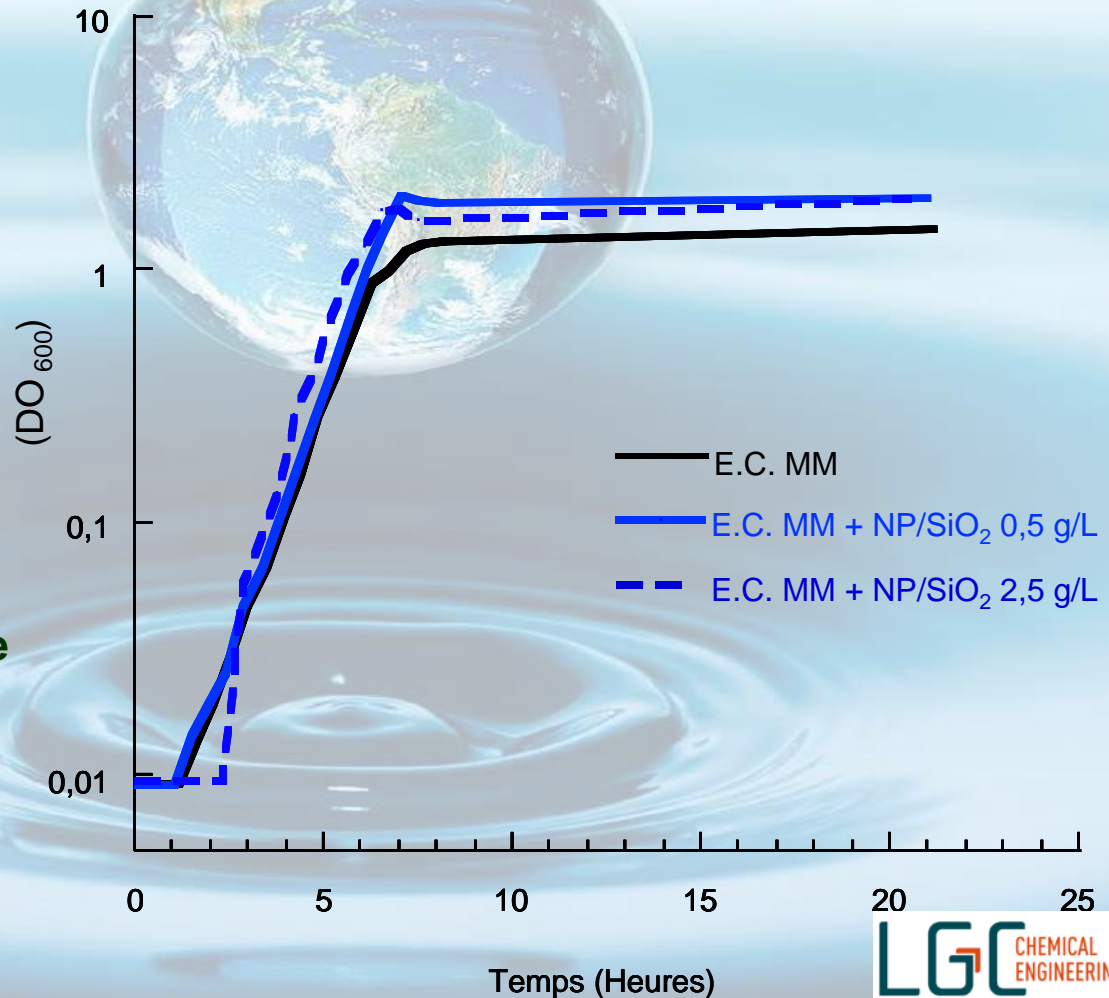
nanocrystallites immobilisées \Rightarrow pas de migration

Croissance de bactéries en présence de nanoparticules métalliques

29

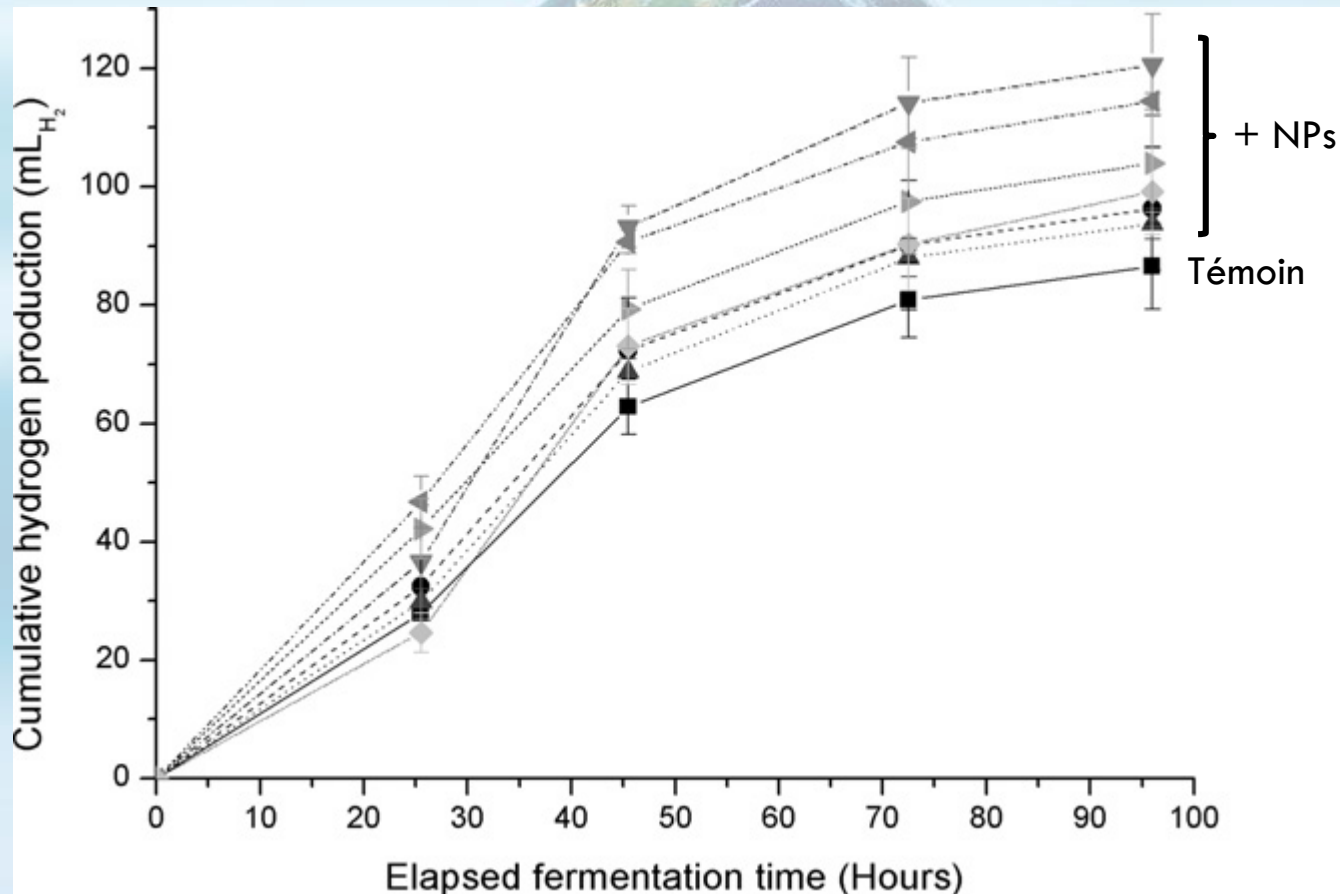


Mesure de la densité optique



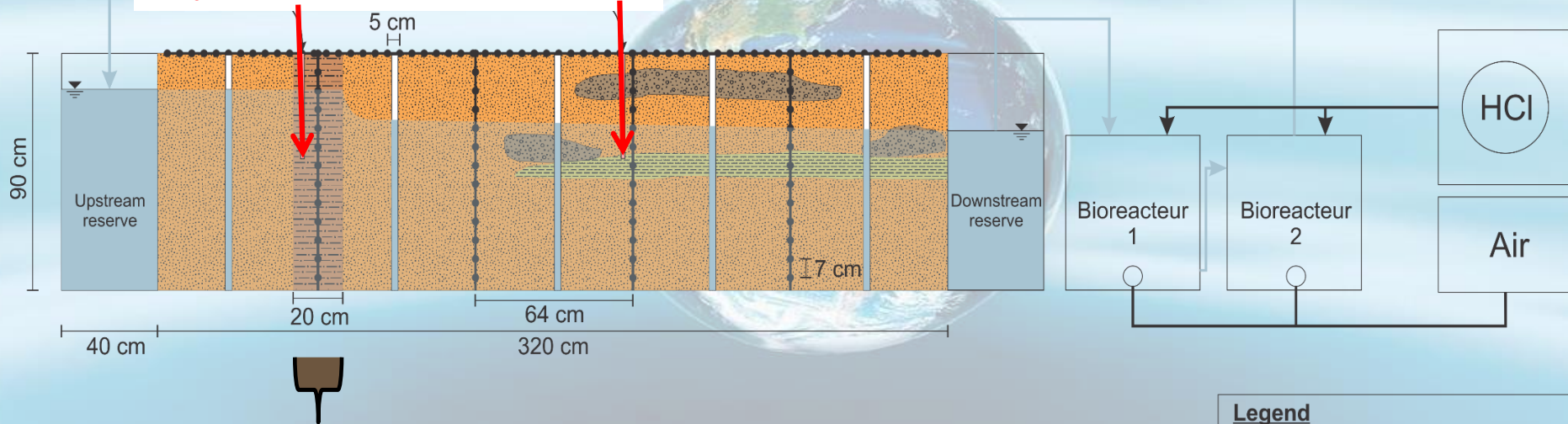
Production d'hydrogène par un consortium de micro-organismes et de NPs

30



Expérience pilote : cuve Geo³

Injections de *Rhodococcus*



Argile contaminée
[HC]=7200 mg/kg ms

Sens de l'écoulement

Abattement variable sur 24 jours
Effet « bords » négatif

Legend

- Sands of the Rhine
- Clay (bentonite)
- Gravels and sands
- Contaminated loam
- Electrodes and cables
- Piezometer
- Width of the tank = 0.6 m

Conclusions – points d'attention

- Méthodologie de séchage > relargage !!!
- Bénéfice réel NP enrobées « sol-gel) >< NP « mécaniques »
- Sélection du couple NPM propre aux conditions du site et de la contamination > actuellement pas de produit universel
- Paramètres et conditions physico-chimiques sur site à optimiser pH, T et Rédox
- Sélection de MO adaptés a la présence d'inhibiteurs

Conclusions – points d'attention

- Flore globale équilibrée même si pas implication directe dans le métabolisme/décontamination
- Essais labo : bénéfice compris entre 10 et 50 % par rapport à un témoin sans NP dans conditions identiques
- Dispersion du NPM dans l'environnement (nappes aquifères?) > tests style ELISA?
- Innocuité à court/long terme ? Préparation, stockage, mise en œuvre sur site > tests à réaliser

PERSPECTIVES du projet NANOMICRO

34

1. Poursuite des expériences labo – identification des inhibiteurs > constitution d'un catalogue « commercial »
2. Essais pilotes sur site avec traceurs (ELISA?)
3. Fixation des NP/SiO₂ sur supports au niveau du bioréacteur



MERCI POUR VOTRE ATTENTION



sanifox
APPLIED HYDROGEOLOGY

SOIL & GROUNDWATER REMEDIATION

www.sanifox.com

info@sanifox.com