



# Programme ECOPLUIES

Techniques alternatives de traitement des  
eaux pluviales et de leurs sous-produits : vers  
la maîtrise du fonctionnement des ouvrages  
d'infiltration urbains  
Quelques résultats

S. Barraud (coordonnatrice)

Présentation téléchargeable à partir de  
<http://www.Ecoplui.es.org>

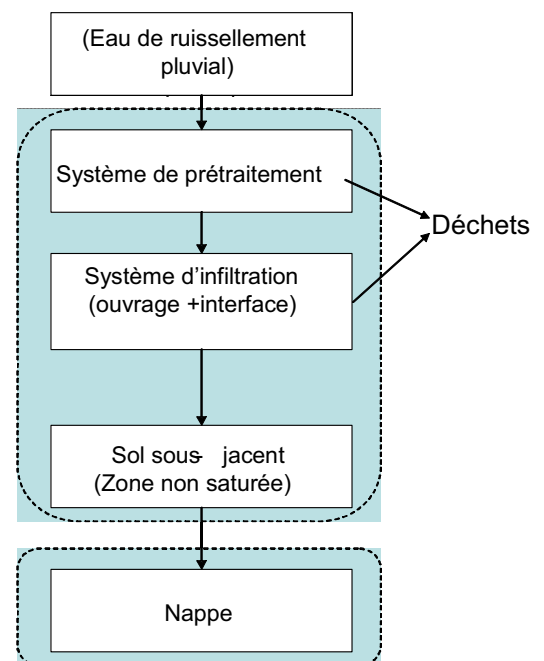


Ecoplui.es - St Malo 1er et 2 octobre 2009

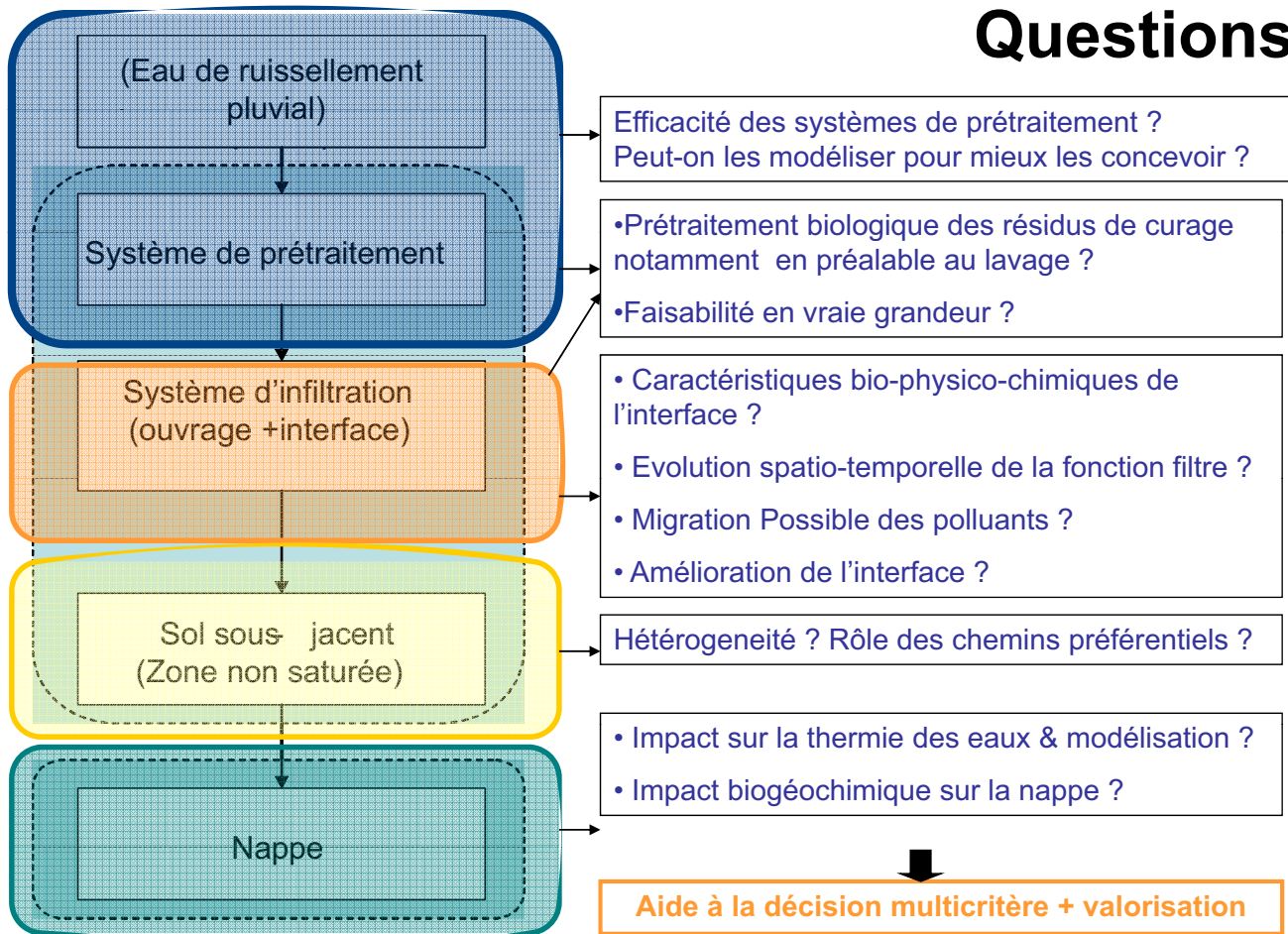


1

## Contexte & Problématique



# Questions



# Partenariats

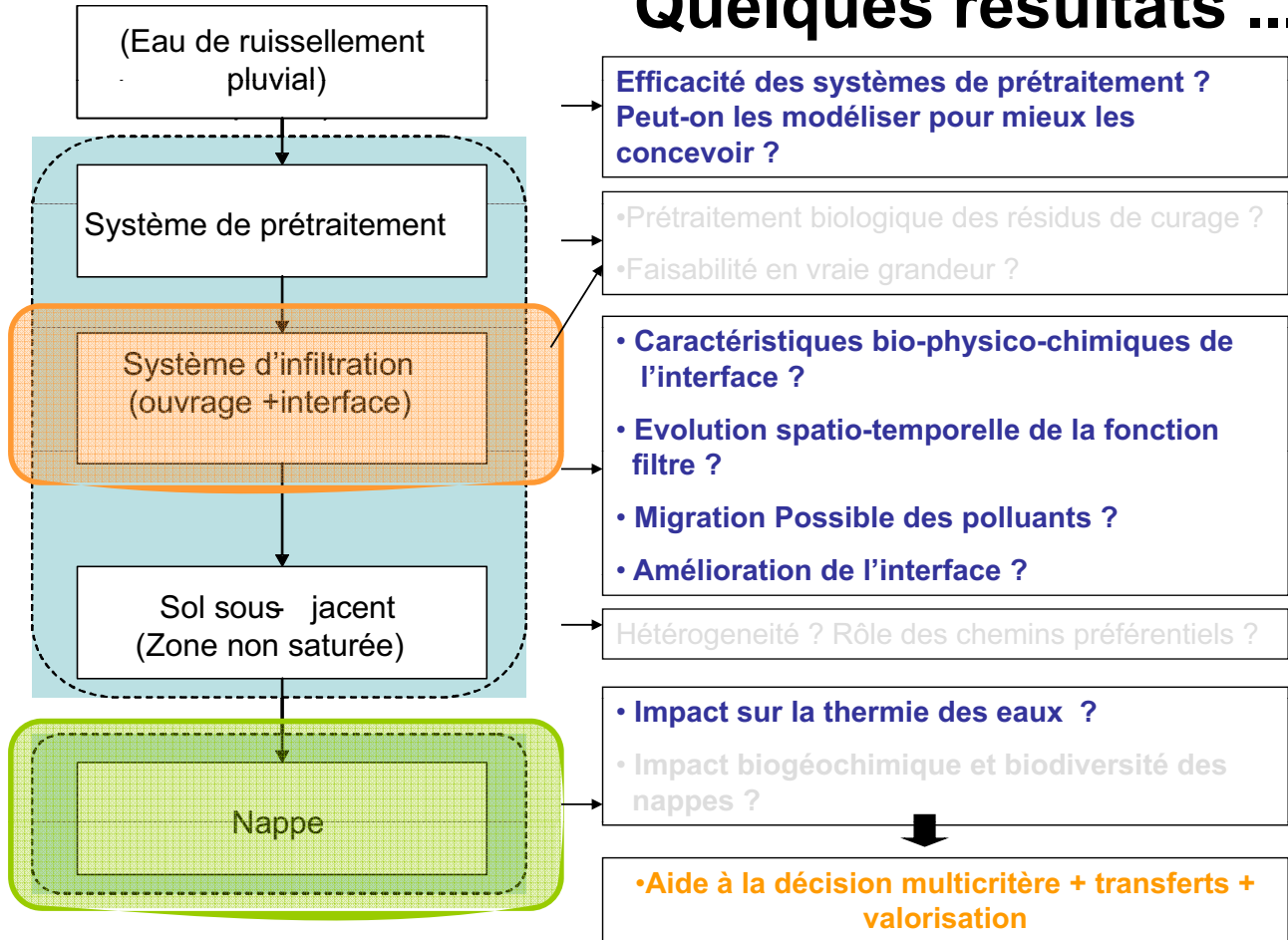
- LGCIE
- LSE
- HBES (UMR CNRS 5023)
- LSA (UMR CNRS 5180)
- BRGM
- BURGEAP
- INGEDIA
- GRAND LYON
- GRAIE

LABO

TERRAIN

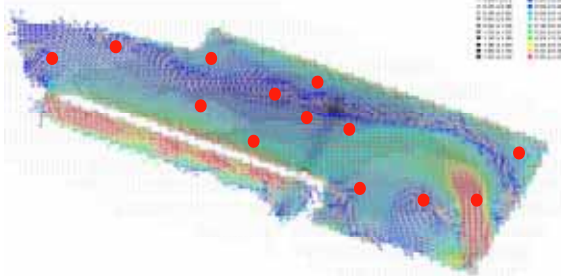
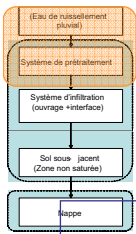


# Quelques résultats ...

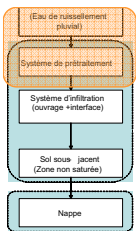


## Systeme amont de prétraitement

# Système de prétraitement (BR)

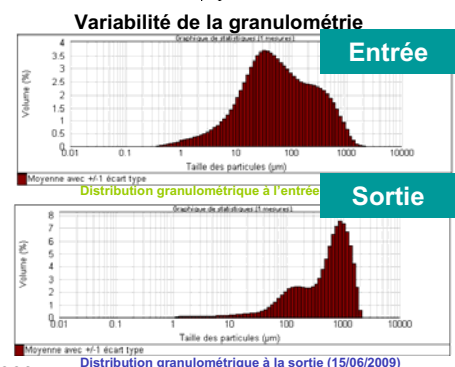
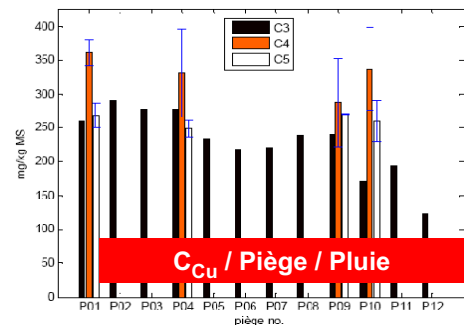
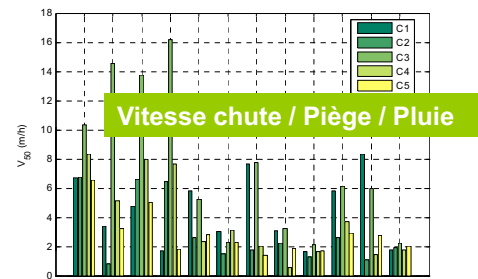


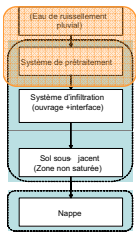
- **Analyse des apports**  
(Débitmétrie, MES / turbidité, pH, T°, Cond)
- **Caractéristiques des solides**  
(Vitesses de chute, granulométrie, Concentrations Cu, Cd, Pb, Zn, PCB, HAP)
- **Modèles 2D / 3D**



## Système de prétraitement (BR)

- Grande variabilité physico-chimique selon les pluies et la localisation
  - $V_{50}$  entre 0.5 et 16m/h et  $D_{50}$  entre 53 et 153  $\mu\text{m}$
  - Distribution granulométrique entrée/sortie très variable

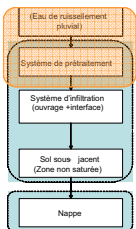
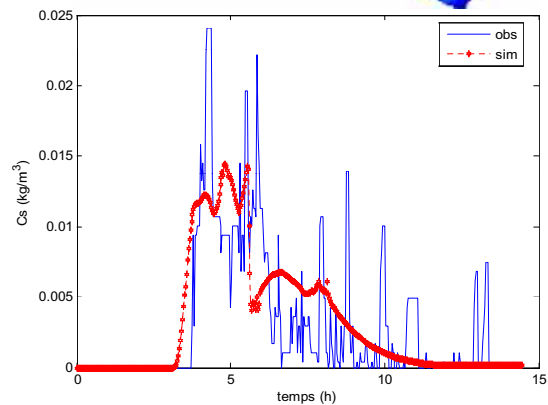
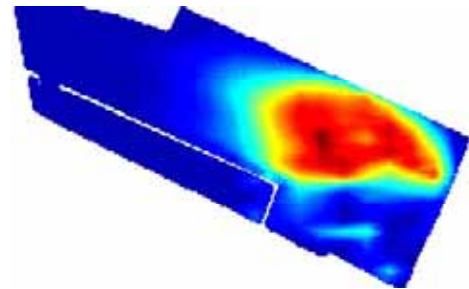




## Système de prétraitement (BR)

- ...
- Bonne aptitude des modèles 2D à reproduire l'écoulement
- Bonne prédiction des efficacités de piègeage des sédiments
- Forte similitude entre les zones de dépôt (obs./prédit)
- Concentrations de sortie : dynamique reproduite mais pas les valeurs (& masses)

Evénement	$Eff_{obs}$	$Eff_{sim}$	$\Delta_{eff}$
20060627	94 %	90 %	4 %
20060706	94 %	84 %	10 %
20060829	94 %	93 %	1 %
20060915	93 %	85 %	8 %
20070123	79 %	96 %	-17 %



## Système de prétraitement (BR)

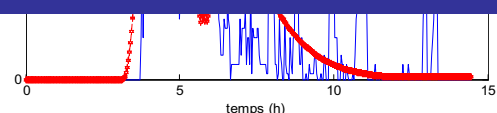
Evénement	$Eff_{obs}$	$Eff_{sim}$	$\Delta_{eff}$
20060627	94 %	90 %	4 %
20060706	94 %	84 %	10 %
20060829	94 %	93 %	1 %
20060915	93 %	85 %	8 %
20070123	79 %	96 %	-17 %

Sur un plan opérationnel :

Résultats qui ne sont pas encore transposables pour développement de modèles en conception ou en suivi car nécessité de prendre en compte l'hétérogénéité des solides (...vers des modèles simplifiées ou recommandations)

Pour la surveillance de système important, mieux vaut pour le moment avoir recours à de la mesure en continu

pas les valeurs (& masses)



# Systeme d'infiltration

## Rôle de l'interface ouvrage / Sol et migration possible des polluants

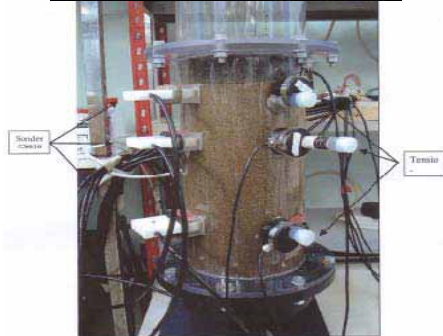
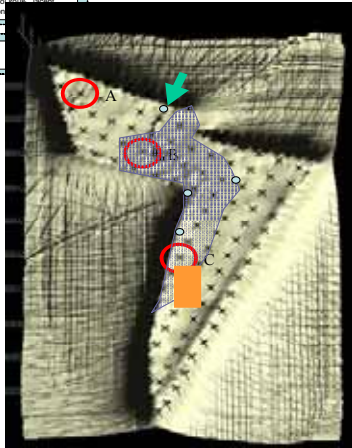
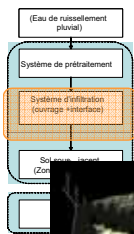


# Systeme d'infiltration

## Rôle de l'interface ouvrage / Sol et migration possible des polluants



# Rôle & évolution de l'interface et de sa fonction filtre



In Situ

- Caractérisation physico-chimique & biologique
- Caractérisation de la MO (GC-MS)
- Evolution spatio-temporelle des Concentrations et masses de métaux
- Evolution du colmatage et étude de l'influence des paramètres d'environnement

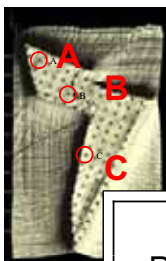
En Labo

Dynamique des polluants en ZNS :  
pour 3 scénarios de pluie et 2 sites  
(interface +ZNS)

Rôle des tubificidés

Essais de différents matériaux d'interface

(L.S.E., LGCIE, BRGM, LSA)



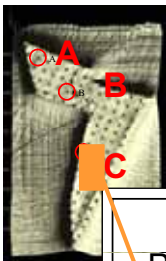
## Répartition surface /profondeur

Prof. (cm)	COT (mg/kg MB)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	HCT (mg/kg)	HAP (mg/kg)
<b>A</b> 0	31,9	7,1	313	167	2500	3553	4,4
-30	15,16	1,5	31	17	287	212	1,12
-60	16,52	2,6	6	5	54	20	<
-100	13,14	1	6	0	41	26	<
<b>B</b> 0	14,52	3,5	265	105	1338	18 722	14,2
-30	12,1	0	14	8	105	221	<
-60	10,08	0	5	0	66	105	<
-100	19,62	0	6	6	132	124	0
<b>C</b> 0	59,33	1,5	117	57	704	3640	2,2
-30	18,39	0	5	3	46	171	<
-80	12,67	0	11	7	77	32	<

LGCIE

LSA – Lyon I

LSE – ENTPE



# Répartition surface /profondeur

A

B

C

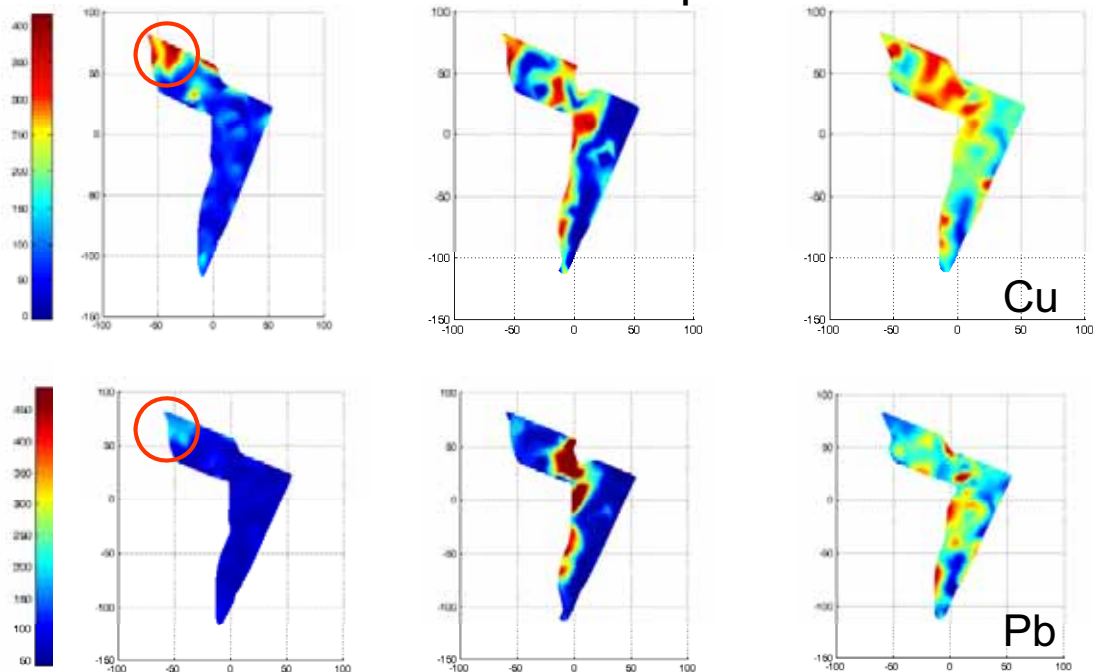
LG

Prof. (cm)	COT (mg/kg MB)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	HCT (mg/kg)	HAP (mg/kg)
0	31,9	7,1	313	167	2500	3553	4,4
-30	15,16	1,5	31	17	287	212	1,12
-60	16,52	2,6	6	5	54	20	<
-100	13,14	1	6	0	41	26	<
0	14,52	3,5	265	105	1338	18 722	14,2
Population bactérienne en surface (CFU/g MS) de 5 à 20cm (CFU/g MS)						10 <sup>9</sup> CFU/g MS 10 <sup>6</sup> CFU/g MS	
Teneur ergostérol						5.95 µg/g MS	
						LSE – ENTPE	



# Évolution spatio-temporelle des concentrations et masses de métaux

Spectromètre de Terrain



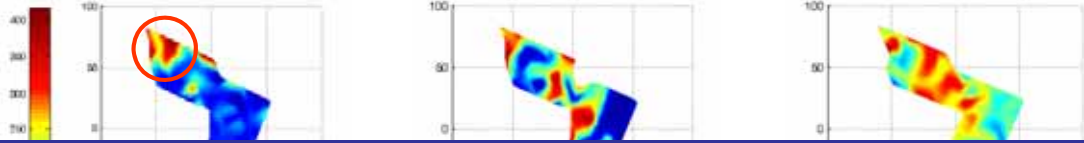
LGCIE + BRGM





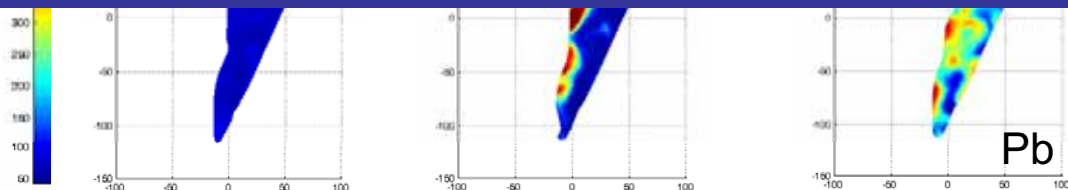
# Évolution spatio-temporelle des concentrations et masses de métaux

Spectromètre de Terrain



## Sur un plan opérationnel :

- Règles de conception des bassins (circonscrire des zones à curer plus fréquemment)
- Optimisation de la stratégie d'échantillonnage



LGCIÉ + BRGM

## Travaux sur le Diuron

Herbicides (33 Substances prioritaires)

Etude de photodégradation du Diuron et des produits de dégradation (DCPU, DCPMU, DCA).

Prélèvement fin d'hiver 2006 100 µg/kg (DR)

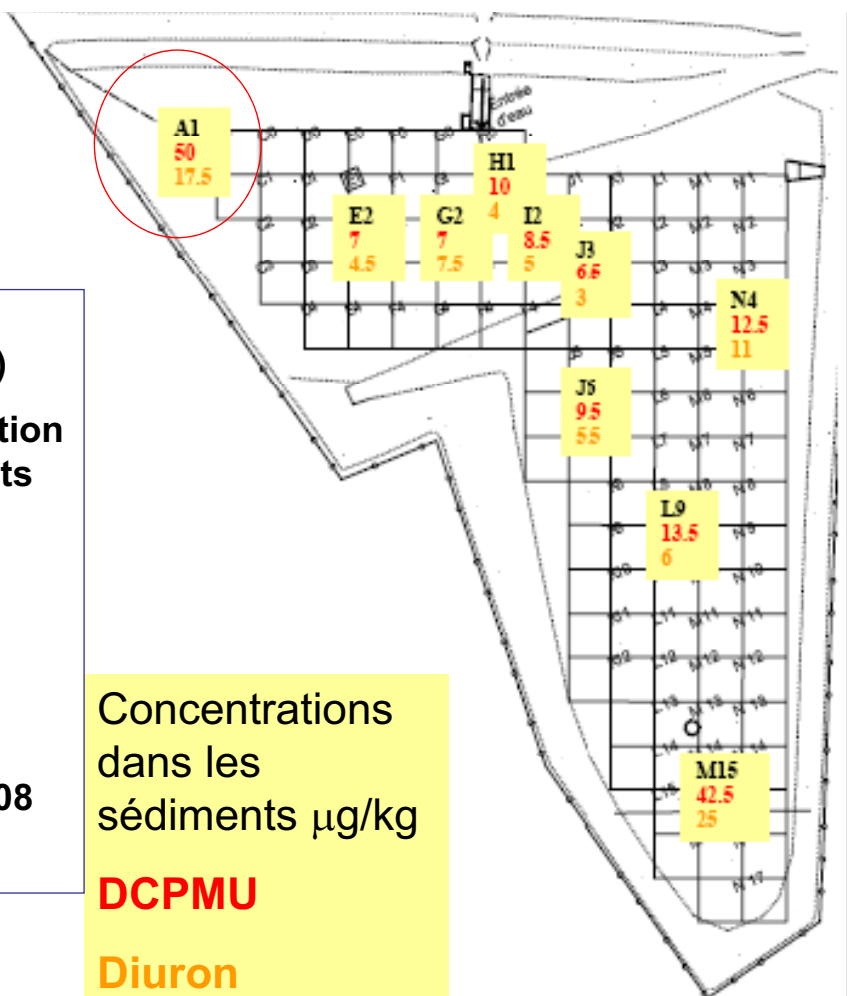
200 µg/kg (IUT)

Prélèvements en été 2008

Concentrations dans les sédiments µg/kg

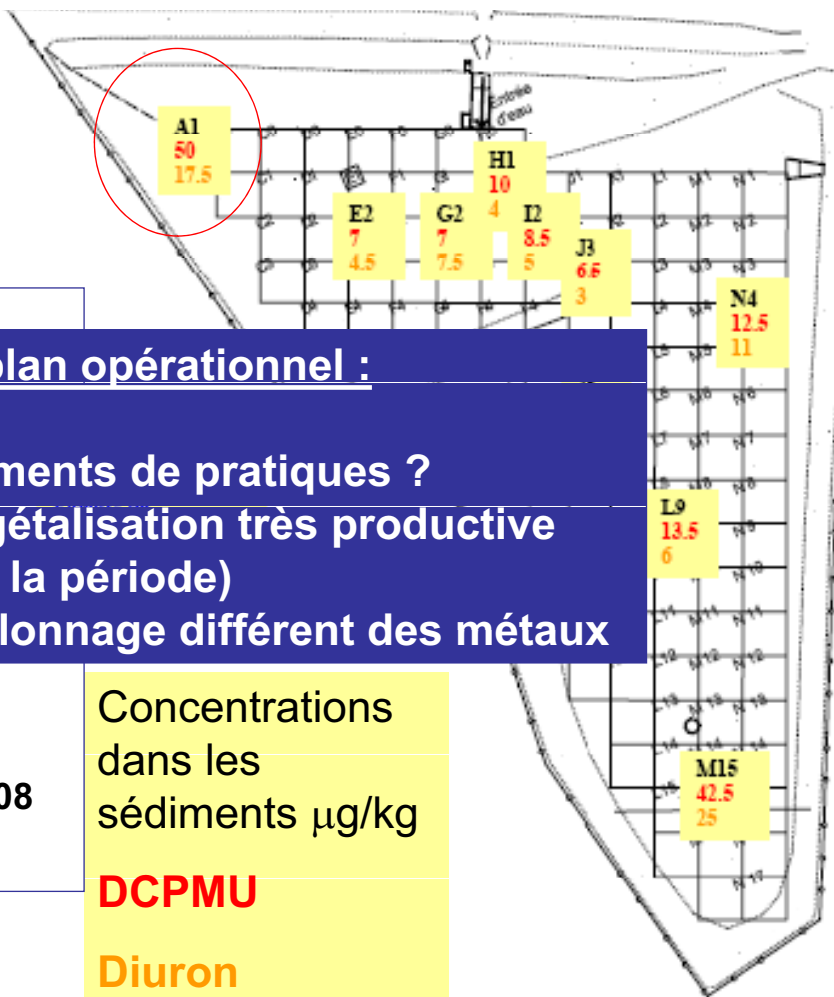
**DCPMU**

**Diuron**



LSA – Lyon 1

# Travaux sur le Diuron



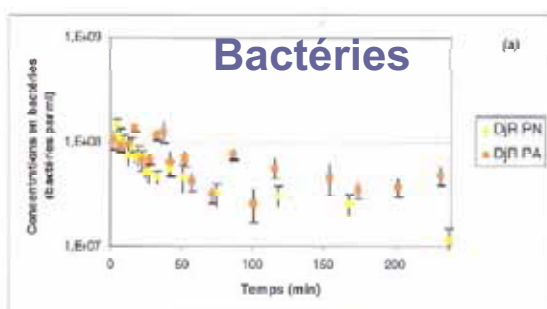
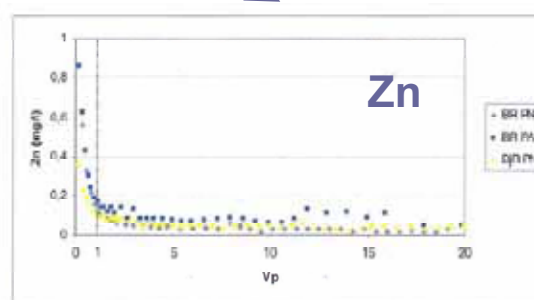
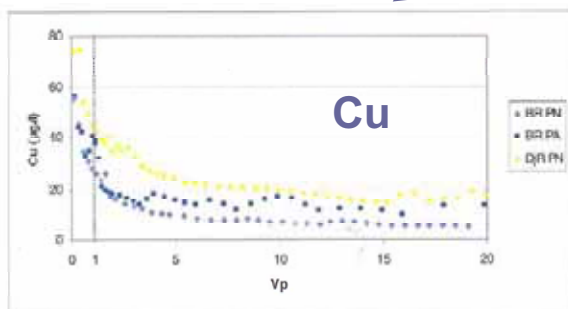
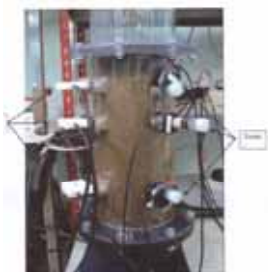
Herbicides (33 Substances)  
 Etude de photodégradation du Diuron et de ses produits de dégradation (DCPMU, DCA)  
 Prélèvements en 2006 : 100 µg/kg (DK), 200 µg/kg (IUT)  
 Prélèvements en été 2008

**Sur un plan opérationnel :**  
 Changements de pratiques ?  
 (car végétalisation très productive pendant la période)  
 Echantillonnage différent des métaux

Concentrations dans les sédiments µg/kg  
**DCPMU**  
**Diuron**

LSA – Lyon 1

## Dynamique des polluants



Zn,  
 COT,  
 Cd,  
 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ..



# Dynamique des polluants

Proportion massique éluée/ teneurs initiales

		% de Zn élué	% de Cu élué	% de Cd élué	% de COT élué	% de bactéries éluées	% de Ca total élué	% de Ca échangeable élué
A BR	PN	0,08%	0,13%	9,42%	0,07%	3,59%	*	7,62%
	PA	0,20%	0,36%	0,34%	0,15%	55,76%	*	12,88%
	PO	0,19%	0,22%	1,68%	0,20%	5,25%	*	13,07%
A DjR	PN	0,05%	0,25%	0,04%	0,13%	4,65%	0,39%	5,55%
	PA	0,11%	0,50%	1,29%	0,28%	16,82%	1,04%	14,92%
	PO	0,10%	0,22%	0,04%	0,20%	7,55%	0,60%	8,55%
	PO BIS	0,09%	0,28%	0,07%	*	11,28%	0,49%	6,97%

Rôle encore moins marqué pour la couche sous-jacente et avec des dynamiques plus rapides (PO)



# Dynamique des polluants

Proportion massique éluée/ teneurs initiales

		% de Zn élué	% de Cu élué	% de Cd élué	% de COT élué	% de bactéries éluées	% de Ca total élué	% de Ca échangeable élué

## Sur un plan opérationnel :

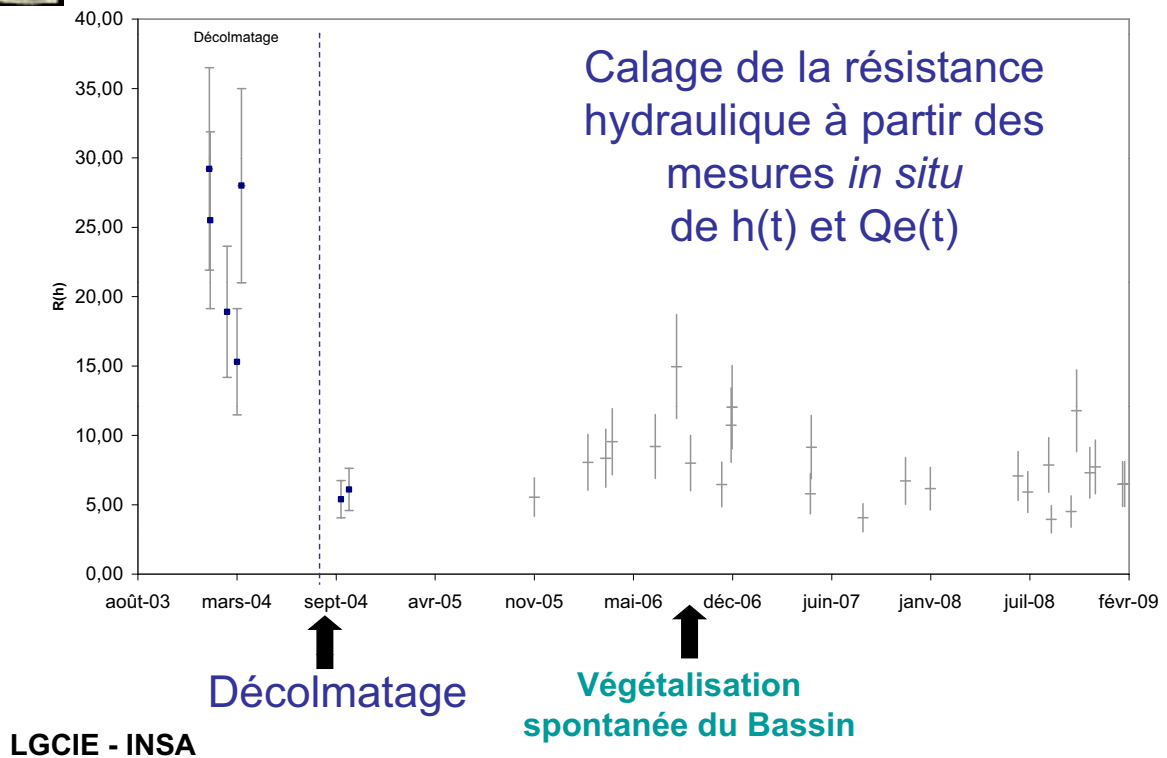
Le risque de migration des polluants est faible à condition d'avoir une épaisseur de ZNS non négligeable 1 m pour les principaux polluants (Métaux, HC notamment) voire 3 m sans perturbation bio-géochimique

Rôle encore moins marqué pour la couche sous-jacente et avec des dynamiques plus rapides (PO)



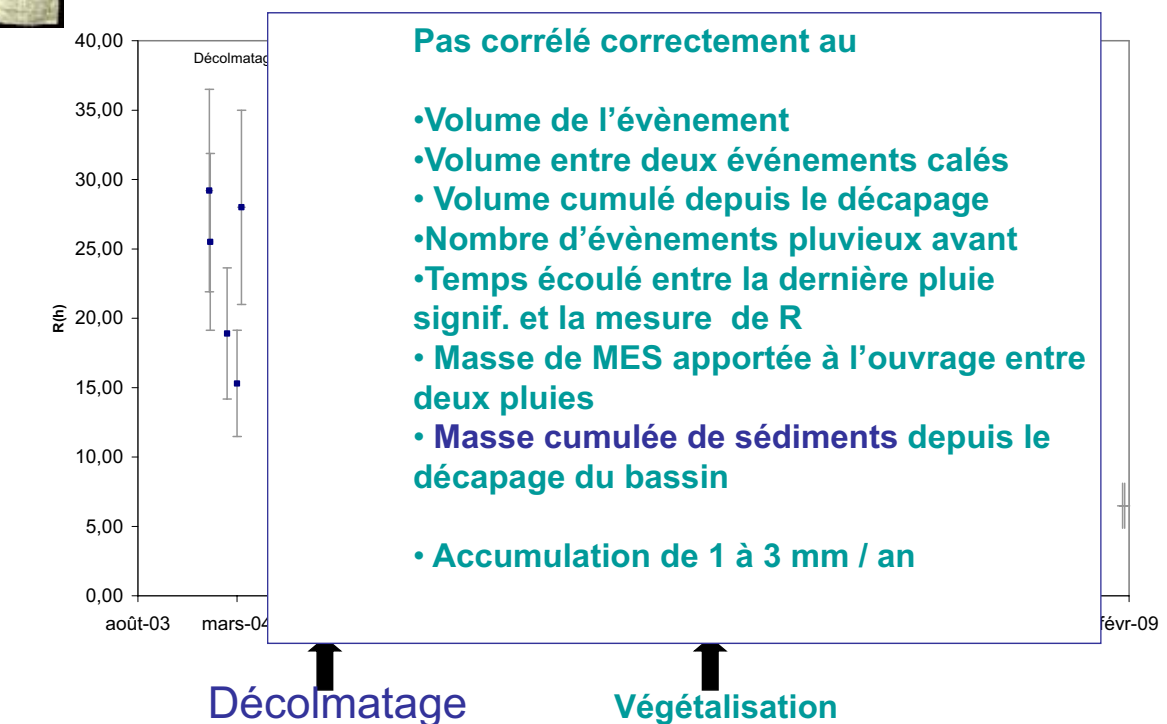
# Evolution du colmatage

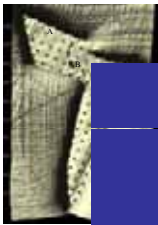
Evolution temporelle de la résistance hydraulique R(h)



# Evolution du colmatage

Evolution temporelle de la résistance hydraulique R(h)





## Evolution du colmatage

### Sur un plan opérationnel :

Le colmatage n'est pas que physique  
(composante biologique est importante)

La végétalisation est sans doute intéressante

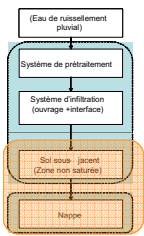
Ne pas apporter trop de MO (éviter eau de TS  
par ex.)

Protéger l'interface (couche de gravier,  
ombrage, ...)

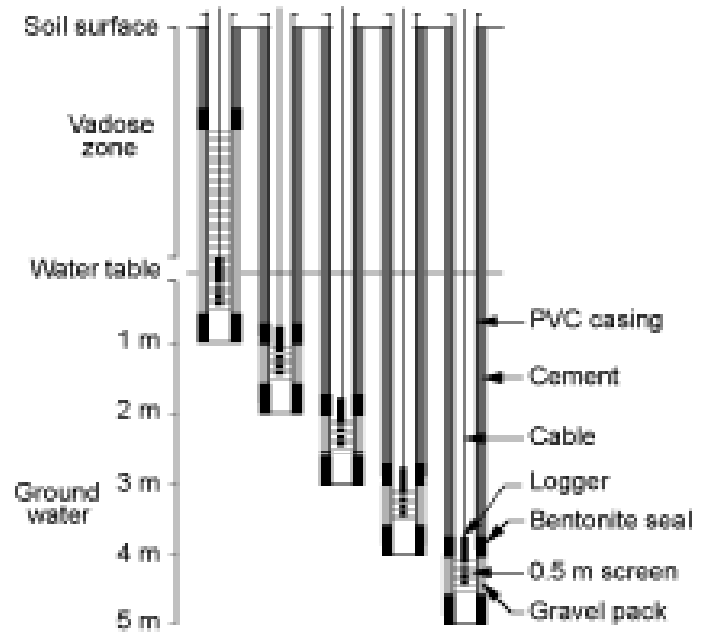
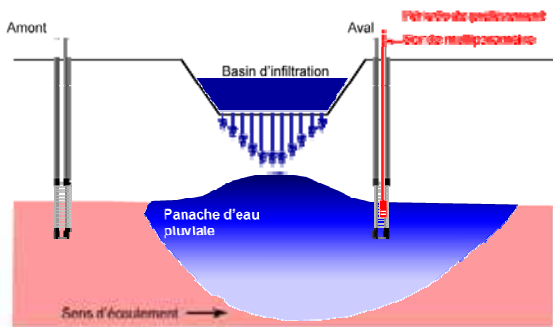
L'étude de barrière filtrante en labo ont montré  
une bonne aptitude (sable roulé, calcaire,...) à  
limiter le développement de la biomasse et  
filtrer les MES (BRGM)

Impact thermique  
des rejets  
d'infiltration sur la  
nappe





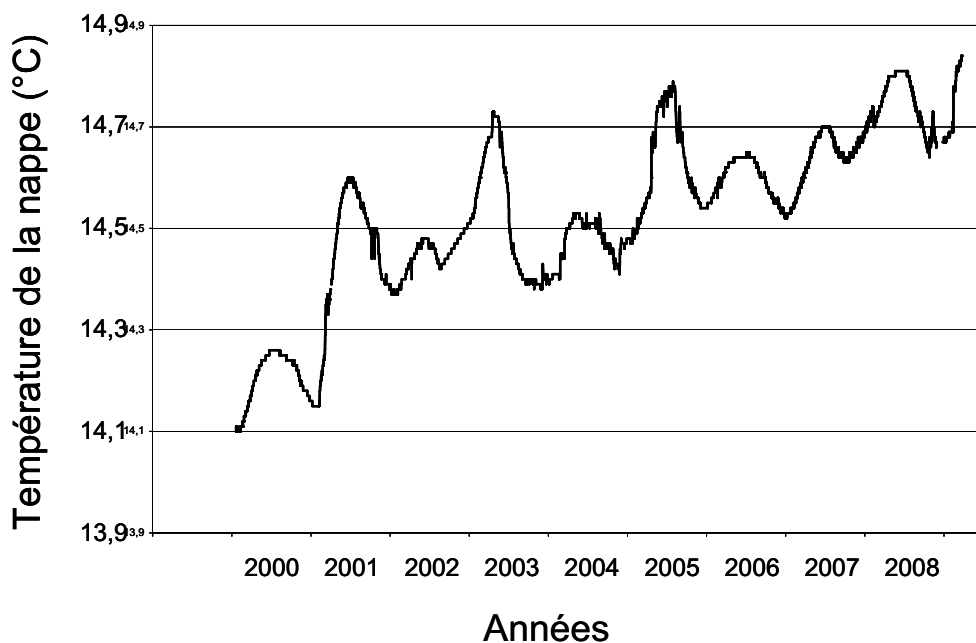
# Impact sur la nappe et rôle de la ZNS



Des mesures répliquées avec une résolution verticale métrique ou décimétrique

HBES Lyon 1 + BURGEAP

## Réchauffement de la nappe

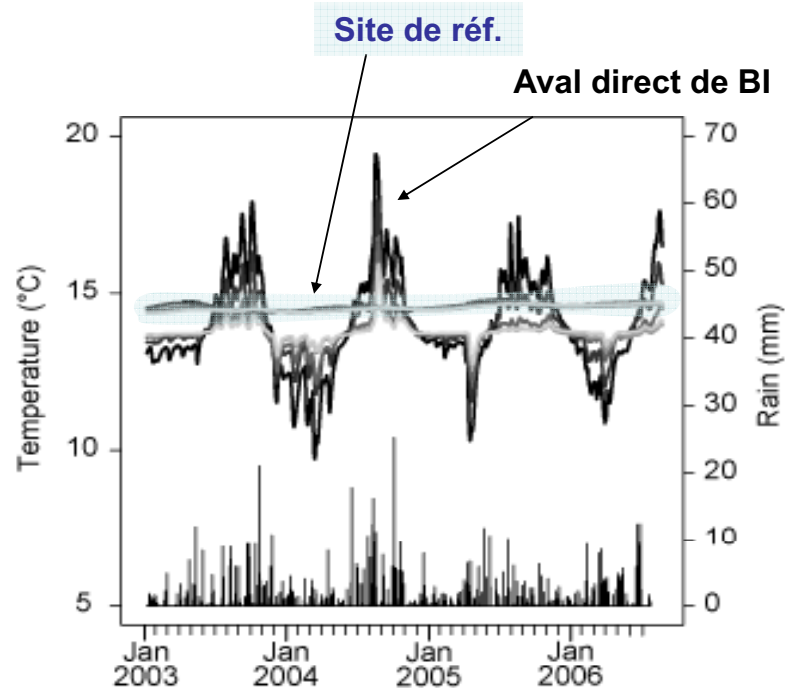


Piéz. amont, Django R.

HBES – Lyon 1

# Impact sur la thermie des eaux de nappe

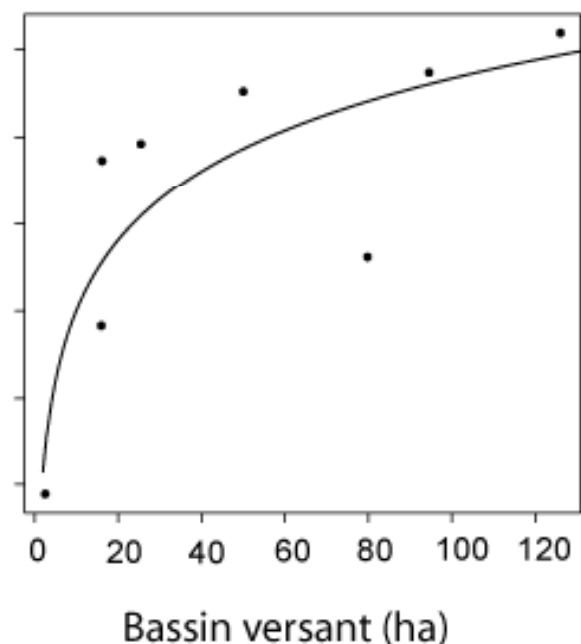
- Augmentation de l'amplitude thermique (en moyenne x 9, pouvant atteindre des fluctuations de 10°C)



HBES Lyon 1

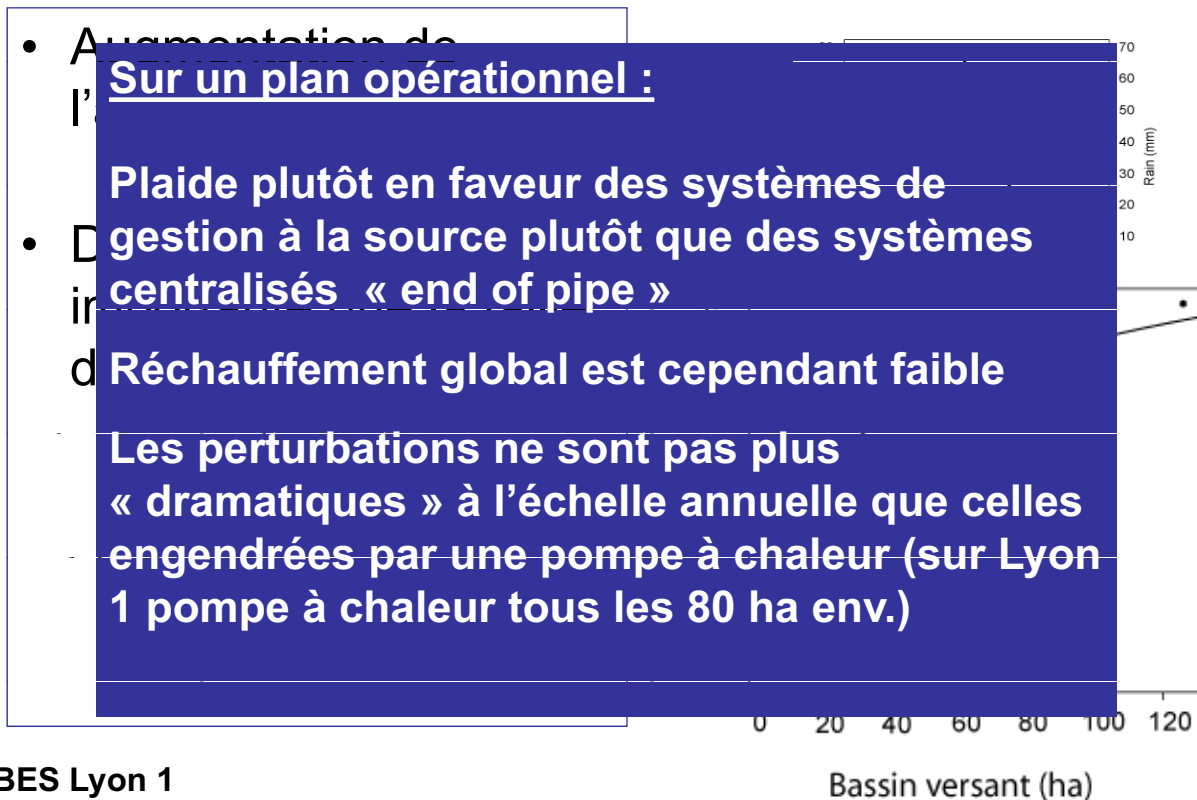
# Impact sur la thermie des eaux de nappe

- Augmentation de l'amplitude thermique
- D'autant plus importante que la taille du BV est grande



HBES Lyon 1

# Impact sur la thermie des eaux de nappe



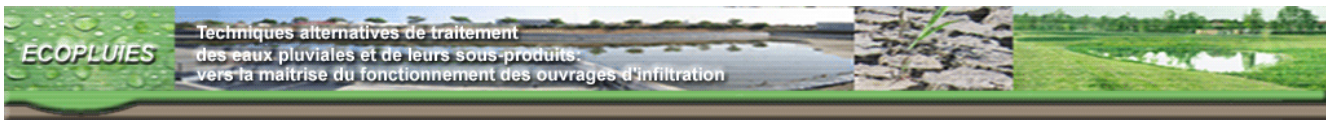
## Outils d'aide à la décision Indicateurs de performance

Liste des performances	Prise en compte en conception	Prise en compte en suivi
Protéger contre les inondations	X	X
Ne pas dégrader la qualité de la nappe		X
Retenir la pollution dans l'ouvrage (Ne pas dégrader la qualité de la nappe / Ne pas polluer le sol en profondeur)	X	X
Contribuer à la recharge des nappes	X	
Préserver les ressources naturelles	X	X
Etre maintenable techniquement et facilement par l'organisation	X	X
Garantir la santé et la sécurité des usagers/personnels	X	X
Produire des déchets facilement gérables	X	X
Avoir un coût peu élevé	X	X
Qualité de l'aménagement	X	
Acceptabilité sociale d'un scénario		X

+ Méthodes multicritères d'exploitation

ELECTRE III (Conception) ELECTRE TRI (suivi)





- **Publications**  
(29 Rev. Int. , 26 Conf. Int., 3 rev. Nat.,  
13 Conf. Nat., **4 Conf. Vulg.**)
- **Site Web avec ensemble des documents publics**  
(22 documents)  
<http://www.Ecopluies.org>
- **Guide « L'infiltration en questions »**
- **Séminaire de restitution au Grand Lyon**
- **Indicateurs de perf. Conception & suivi d'ouvrages**

# Valorisation

