

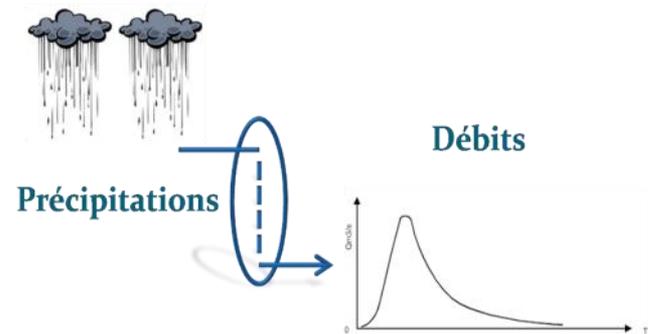
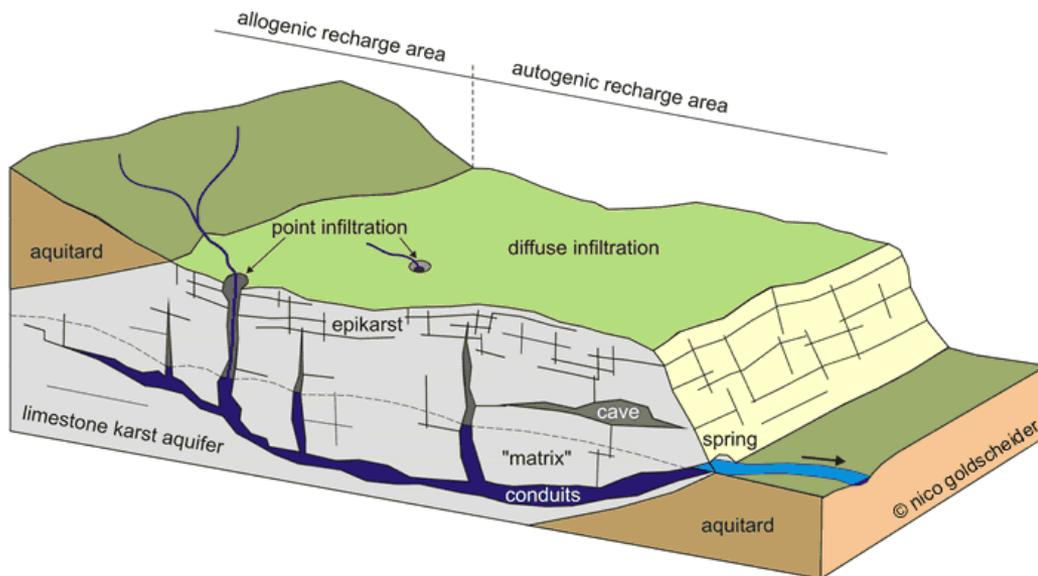


# SNO KARST

## Service National d'Observation du KARST

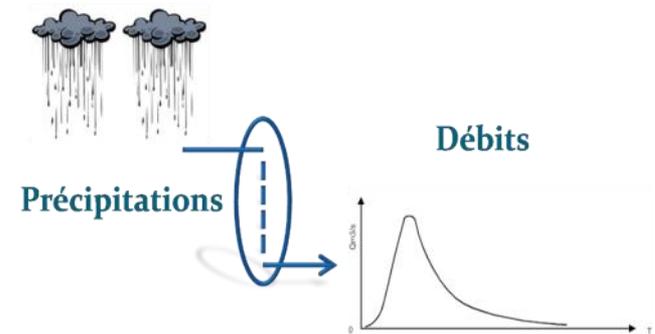
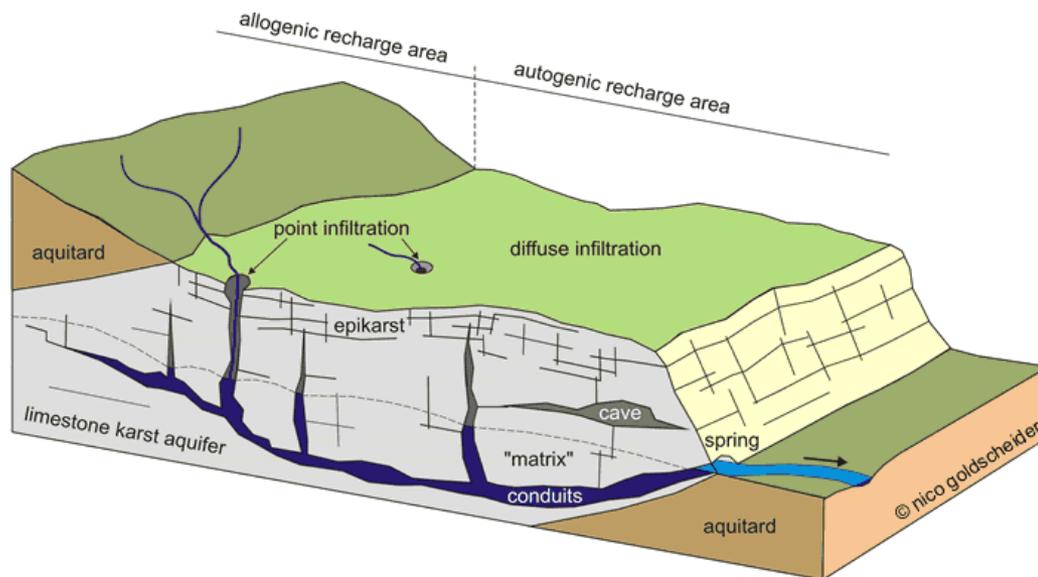
S'appuie sur **différents sites** d'étude du KARST présentant une **grande diversité** de situations géologiques, physiographiques, climatiques, et anthropiques.

**Stratégie d'observation** à l'échelle de l'**hydrosystème karstique (bassin versant)**, entité géographique au sein de laquelle circulent des flux qui convergent vers un exutoire.



# Problématique liée à l'environnement karstique

- **Hétérogénéité** se propageant à de **multiples échelles spatiales** (réseau de conduits hiérarchisé, blocs poreux/fissurés, variabilité temporelle de l'impluvium) => **large gamme d'échelles temporelles des réponses hydrologiques/hydrochimiques**
- **Réponse hydrologique/hydrochimique** conditionnée par i) la **variable d'entrée** (précipitation/recharge) et ii) par le **fonctionnement intrinsèque** du karst (structure physique)



# Nature de l'observé

---

- **Variables hydrologiques et météorologiques**

- Débits et niveaux d'eau aux exutoires karstiques ainsi que dans les différents compartiments du karst, précipitations, température.

- **Variables physico-chimiques**

- Conductivité Electrique et température de l'eau, *turbidité, fluorescence naturelle*

- Variables géochimiques

- Espèces ioniques majeures, en trace et isotopes de la molécule d'eau de certains composés (carbone,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )

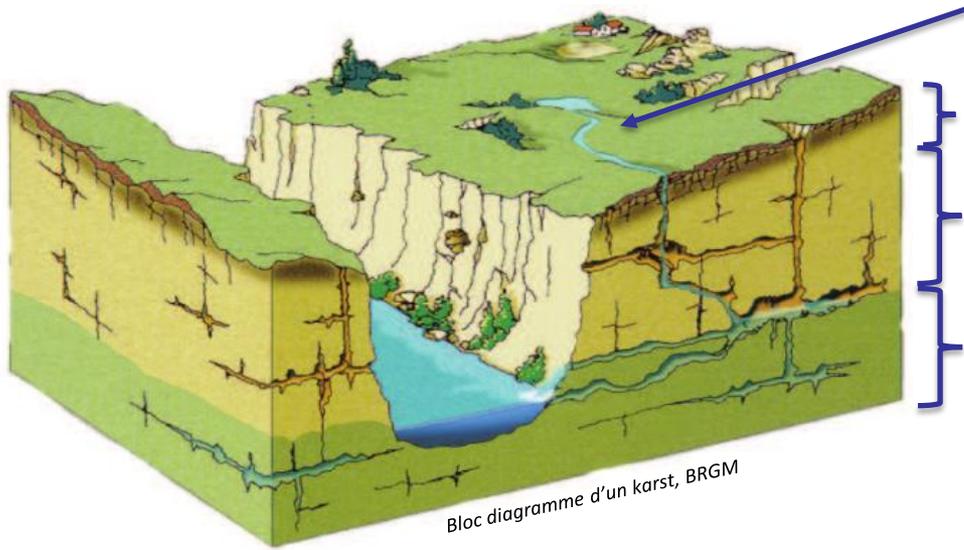
- Variables géophysiques

- Résistivité électrique, Potentiel Spontané, RMP, Gravimétrie, ...

- Variables microbiologiques

- Micro-organismes, modalités en termes de transfert et de survie

# Données et expertise des différents sites ateliers



Bloc diagramme d'un karst, BRGM

Surface

Epikarst

Zone Non Saturée

Zone saturée

MOULIS/LE BAGET



KARST DE LA CRAIE



VAL D'ORLEANS



MEDYCYSS



FONT. DE VAUCLUSE  
LSBB



	Medycyss	Fontaine de Vaucluse –LSBB	Val d'Orléans	Karst de la Craie	Moulis
Surface	++	+	++	++	++
Epikarst	+	+	/	+	+
Zone non saturée	+	++	/	-	-
Zone saturée	++	+	++	++	+

++ beaucoup d'information, + information existante,

= peu d'information, - pas d'information, / sous système inexistant ou peu développé

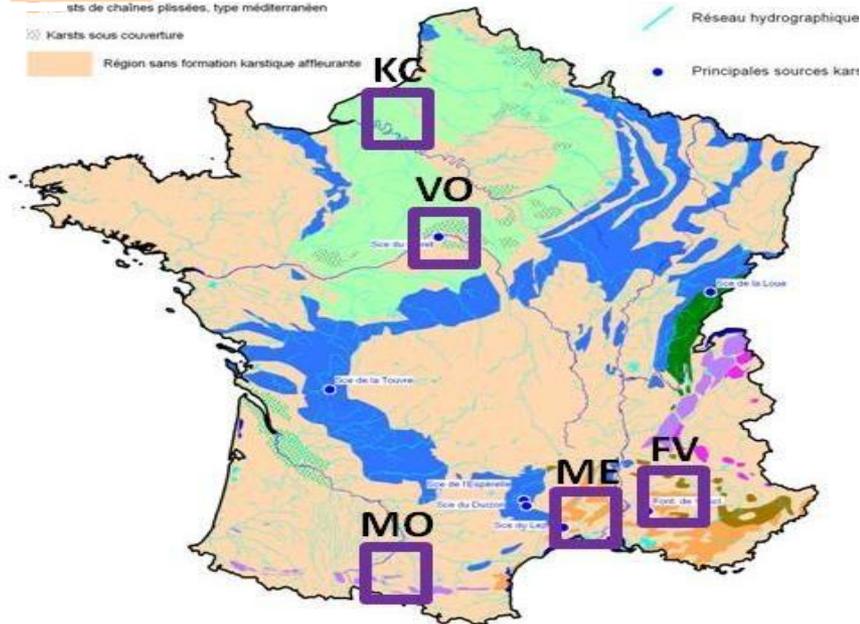
# Sites ateliers: complémentarité/questions scientifiques

## Grands domaines karstiques

- Karsts de plateaux calcaires et Causses
- Karsts de plaines et de plateaux crayeux
- Karsts du Jura plissé
- Karsts de chaînes plissées, Sud préalpin
- Karsts de chaînes plissées, Préalpin et Nord Pyrénéens
- Karsts de chaînes plissées, type haut-alpin
- Karsts de chaînes plissées, type méditerranéen

## ■ Karsts sous couverture

- Région sans formation karstique affleurante
- Karsts de chaînes plissées, type méditerranéen
- Karsts sous couverture
- Réseau hydrographique
- Réseau hydrographique secondaire
- Principales sources karstiques



- Réseau hydrographique
- Réseau hydrographique secondaire
- Principales sources karstiques

- Diversité de situations géologiques, physiographiques, climatiques, et anthropiques.
- Différentes échelles spatiales

Nom	Localisation	Superficie du Bassin
Fontaine de Vaucluse-LSBB FV	Avignon	1115 km <sup>2</sup>
Medycyss ME	Montpellier	> 1000 km <sup>2</sup> (150 km <sup>2</sup> )
Val d'Orléans VO	Orléans	284 km <sup>2</sup>
Moulis MO	Saint-Girons	13 km <sup>2</sup>
Karst de la craie KC	Rouen	10 km <sup>2</sup>

# Le Karst de la Craie

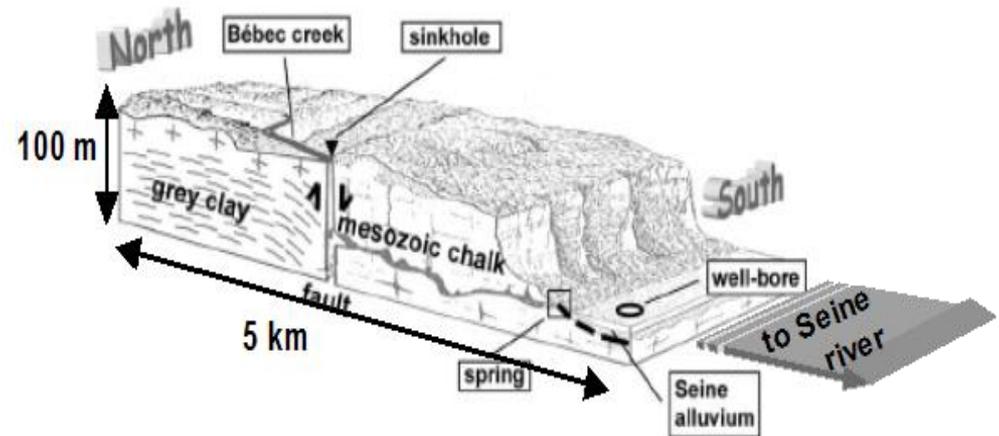


Site Bébec-Hannetot et Bouville: transfert karstique et recharge

- BV surface (10 km<sup>2</sup>) avec perte, source et forage en vallée de Seine
- Données: precip, Turb., Conduct. élect. /T°C, débit/niveau – 1999-2006 puis depuis 2012,

## Questions scientifiques

- Recharge aquifère sous couverture
- Transferts de MES: non-linéarité de la réponse turbide, rôle dans les bilans
- Transfert de bactéries autochtones et allochtones: interactions eau, roche, sédiments, survie en milieu intra karstique



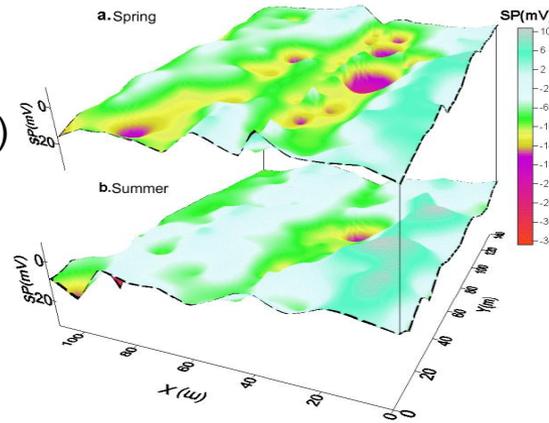
# Le Karst de la Craie



## Site Bébec-Hannetot et Bouville: transfert karstique et recharge



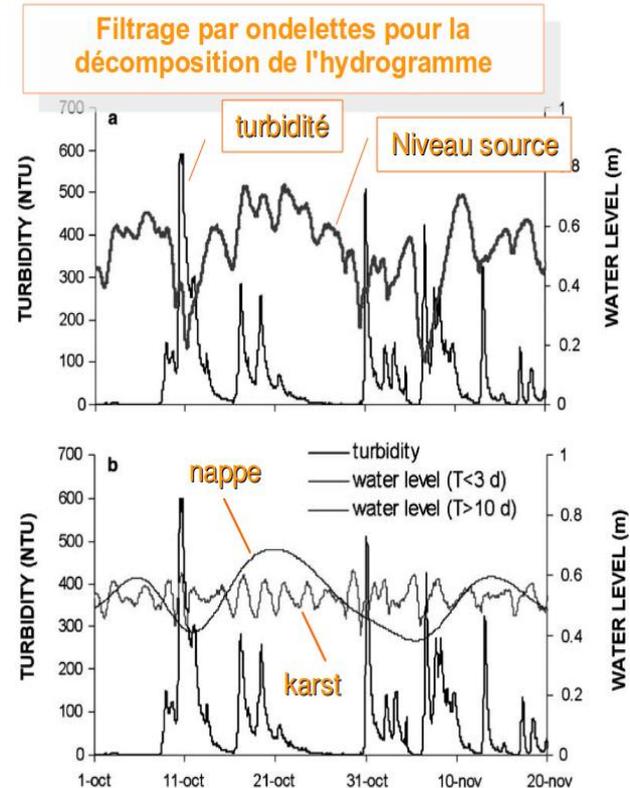
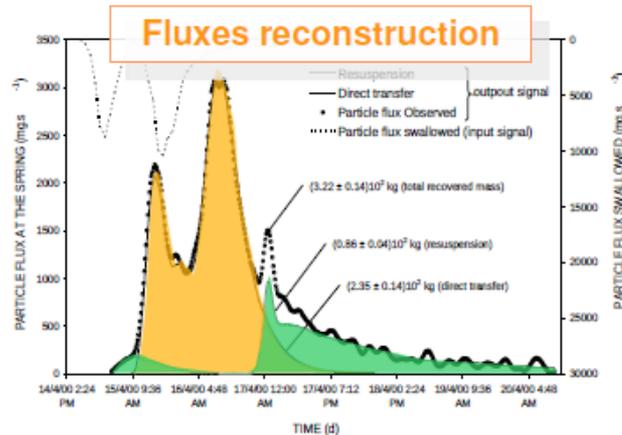
Recharge par formations de couverture, rôle des écoulements de subsurface (hydrogéophysique)



Analyse de la réponse turbide et lien avec l'hydrodynamique: décomposition "statistique" de l'hydrogramme

Décomposition du turbidigramme: transfert direct et remise en suspension

- transfert direct
- resuspension



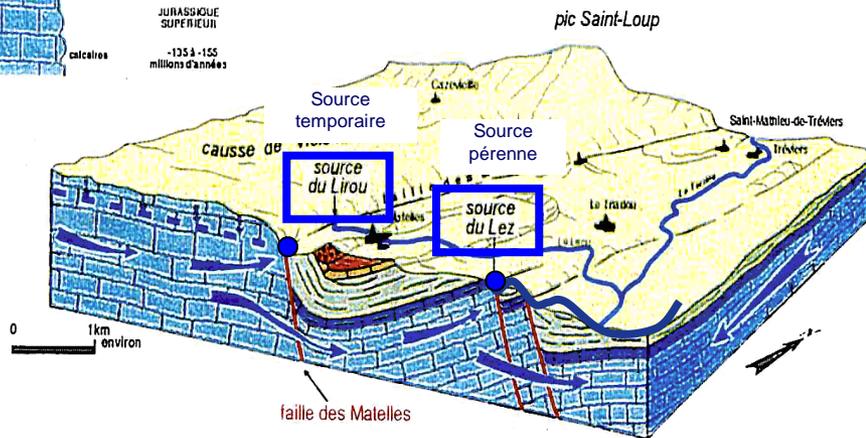
# L'Observatoire MEDYCYSS



Observatoire Multi Echelle de la Dynamique des Crues et de l'hydrodynamique Souterraine en milieu karstique



## Hydrosystème Lez



- Territoire > 1000 km<sup>2</sup>
- Données: Precip, Turb., Conduct. élect., T°C, débit/niveau – depuis 1948  
Chimie – depuis 1971

## Questions scientifiques

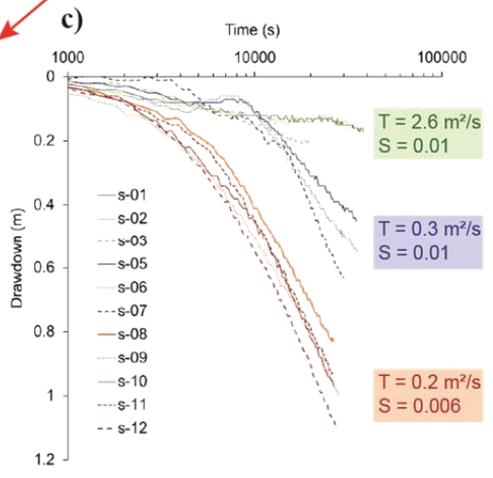
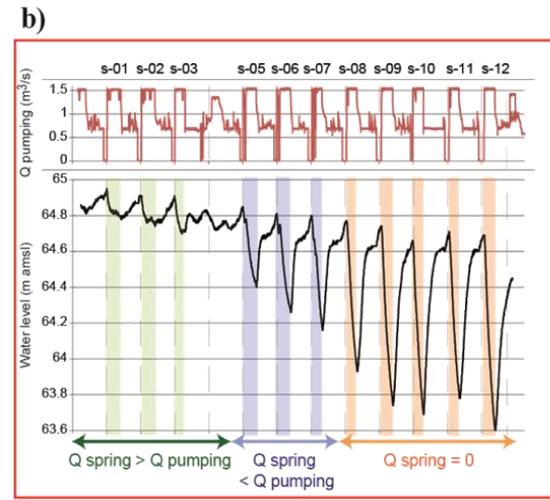
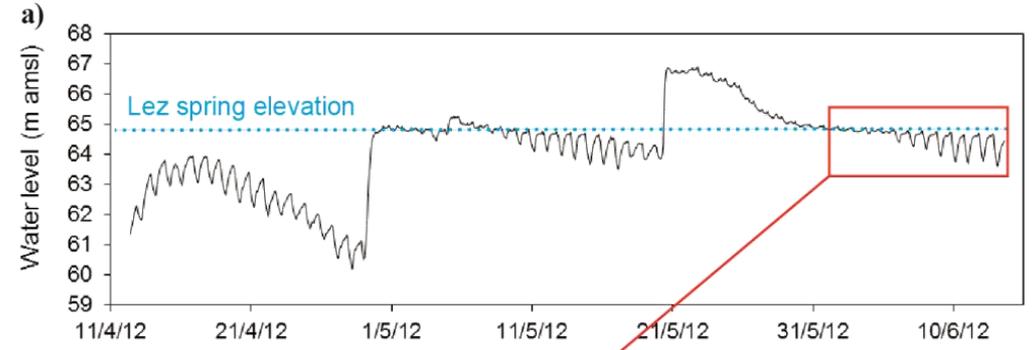
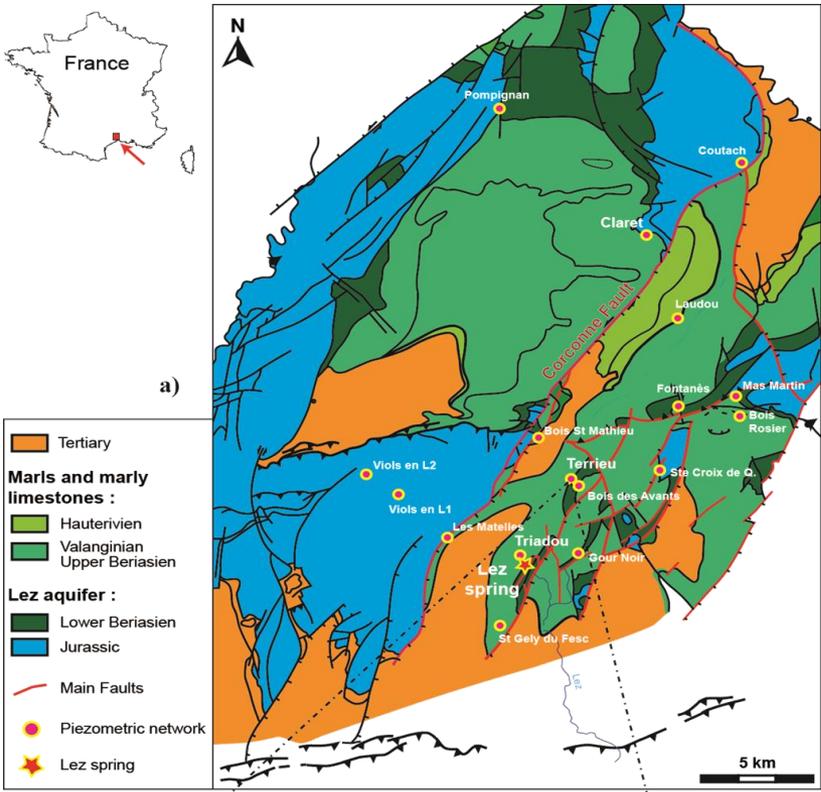
- Distribution des propriétés hydrodynamiques à différentes échelles
- Interactions karst/rivière
- Renouvellement et vulnérabilité de la ressource en eau

Débit moyen journalier (1970-2010)	2.2 m <sup>3</sup> /s
Surface du Bassin d'alimentation	150 Km <sup>2</sup>
Débit spécifique	15 l/s/ Km <sup>2</sup>
Altitude médiane	280 m
Prélèvement	1.1 m <sup>3</sup> /s

# L'Observatoire MEDYCYSS



Observatoire Multi Echelle de la Dynamique des Crues et de l'hydrodynamique Souterraine en milieu karstique



Influence du débordement à la source sur les réponses hydrodynamiques aux pompages (amplitudes distinctes)

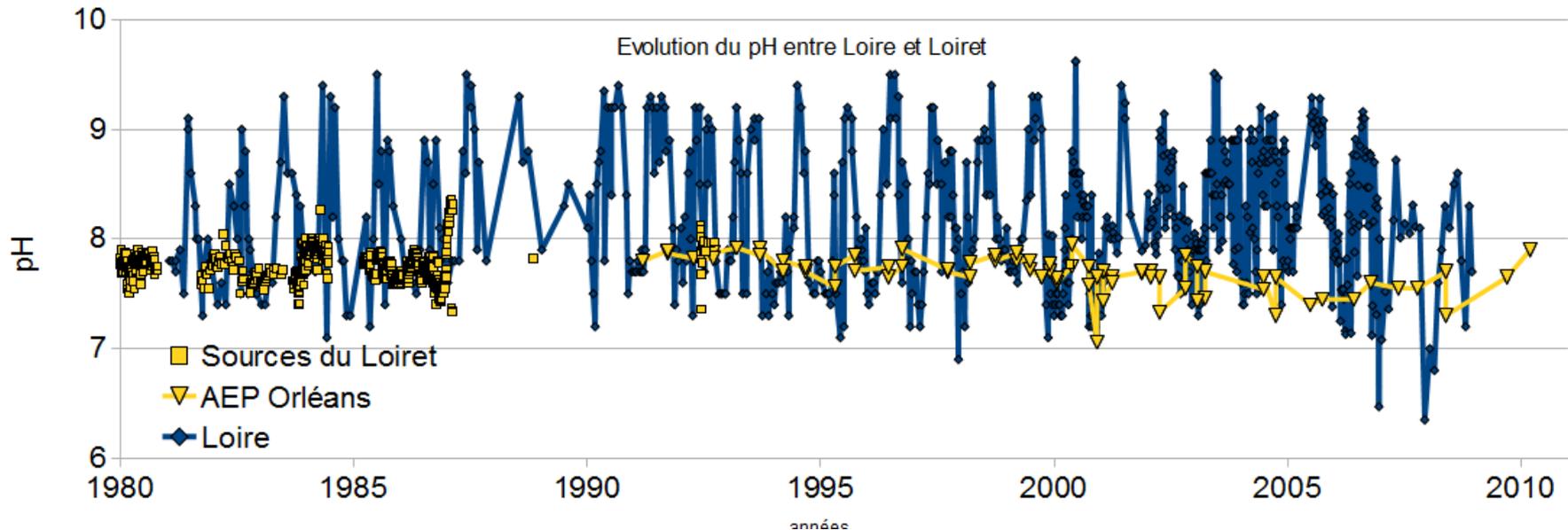
# Le système fluvio-karstique du Val d'Orléans



Un réacteur géochimique sensible aux changements globaux

## Questions scientifiques

- Rôle de la structure des réseaux karstiques sur l'hydrodynamique et l'hydrochimie
- Quelles cinétiques de réactions en milieu anoxique ?



# Questions scientifiques renseignées par les données

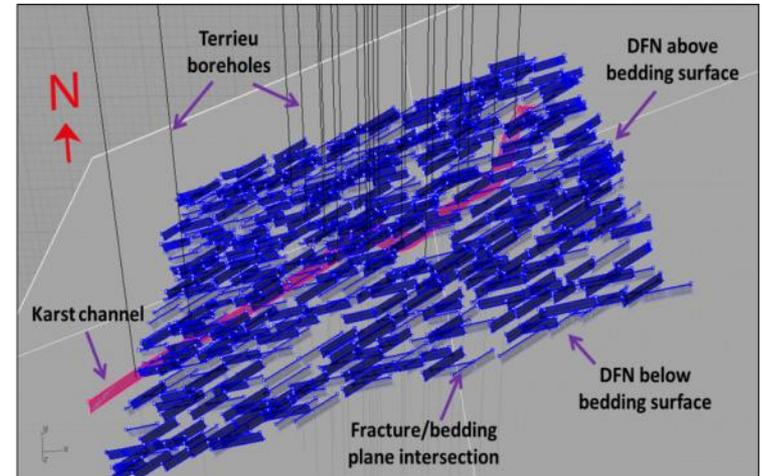
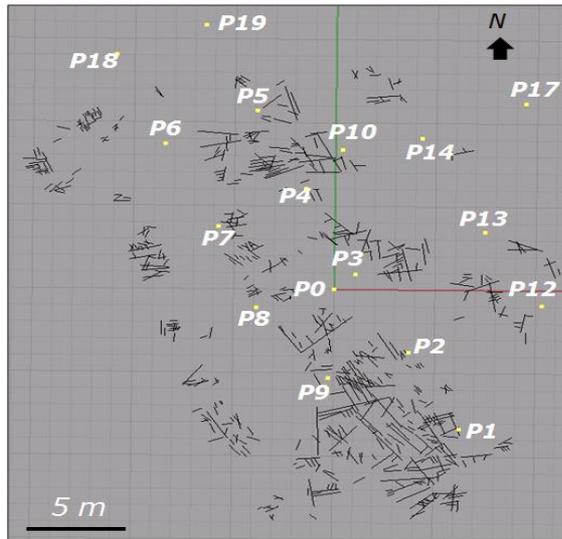
---

- Rôle de la structure physique du karst sur la variabilité hydrologique/hydrochimique observée
  - Rôle du karst dans les bilans hydriques et les bilans de masse a l'échelle des bassins versants
  - Le fonctionnement du karst en réponse aux changements globaux
-

# Rôle de la structure physique du karst - Perspectives

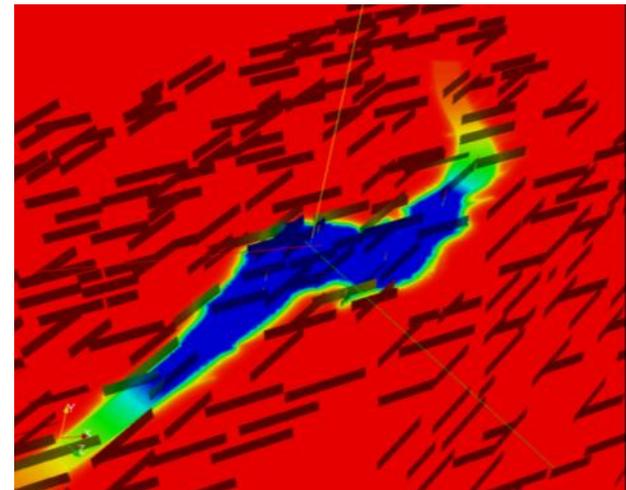
## Liens entre structure et écoulements

## Modélisation distribuée et approche inverse



Karstified bedding plane

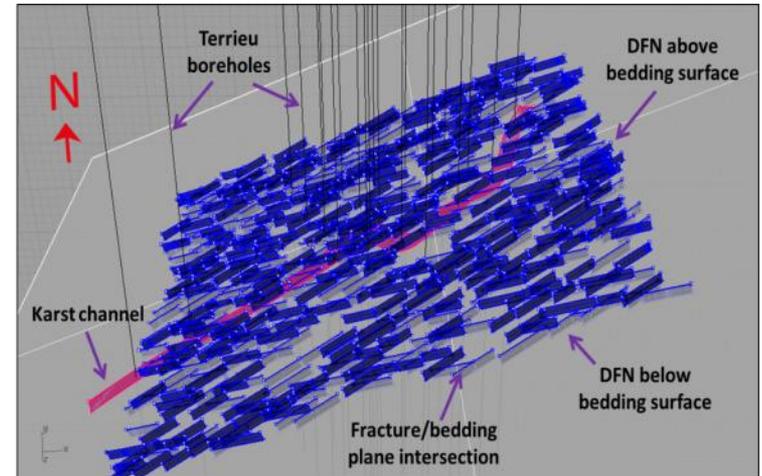
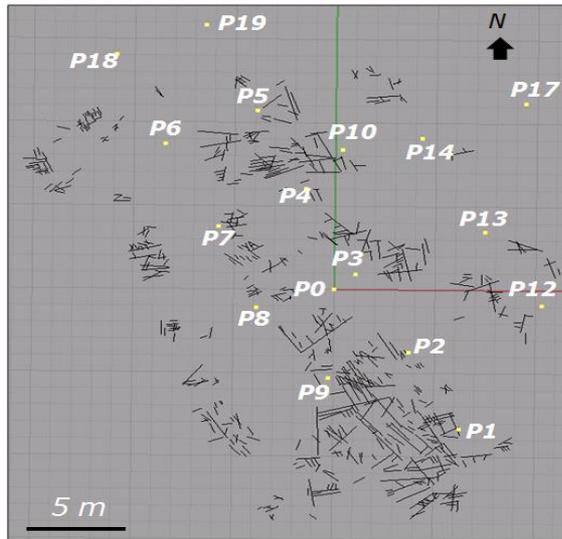
Fracture/bedding Intersection



# Rôle de la structure physique du karst - Perspectives

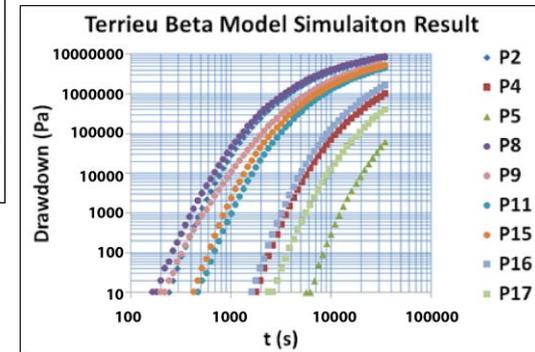
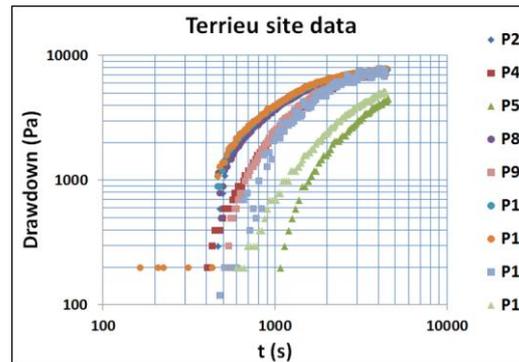
## Liens entre structure et écoulements

## Modélisation distribuée et approche inverse



Karstified bedding plane

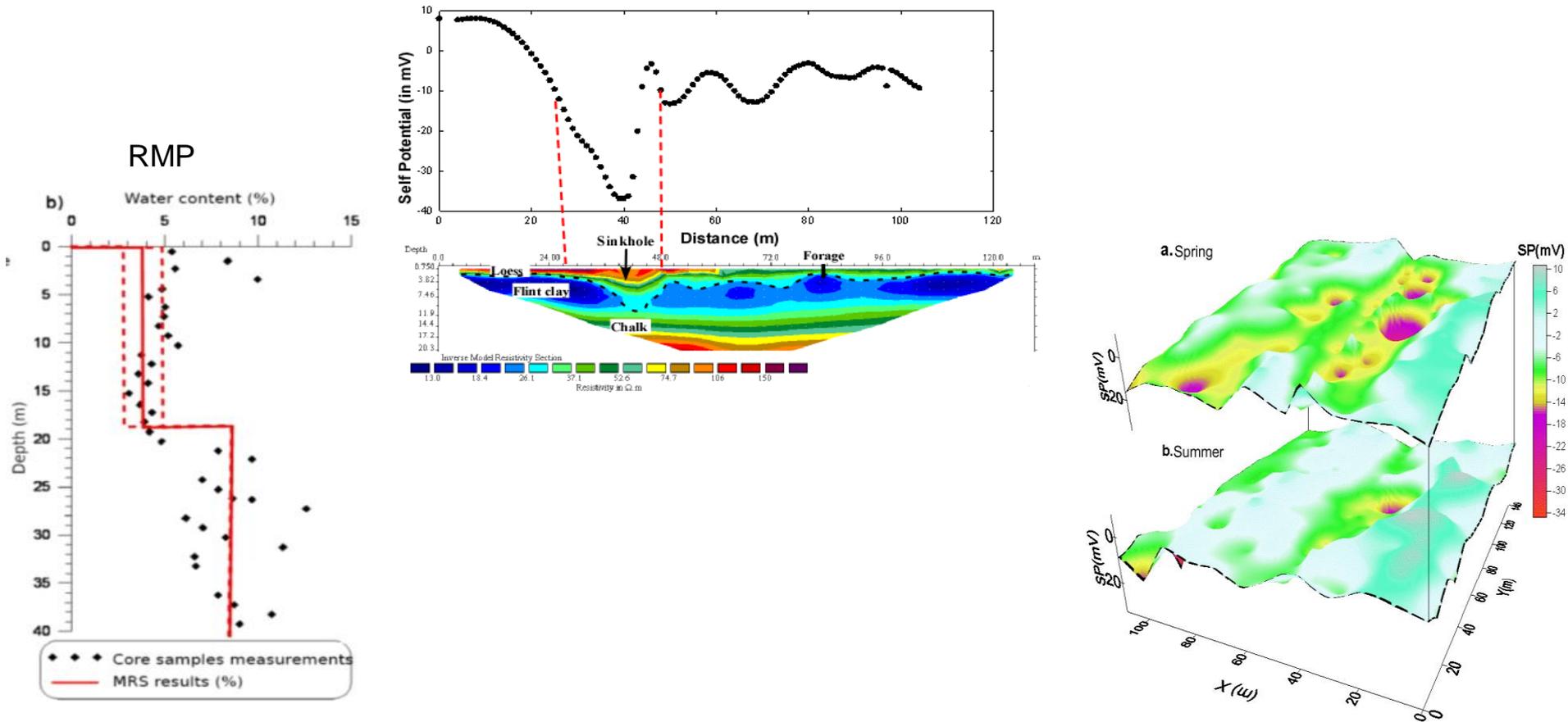
Fracture/bedding Intersection



# Rôle de la structure physique du karst - Perspectives

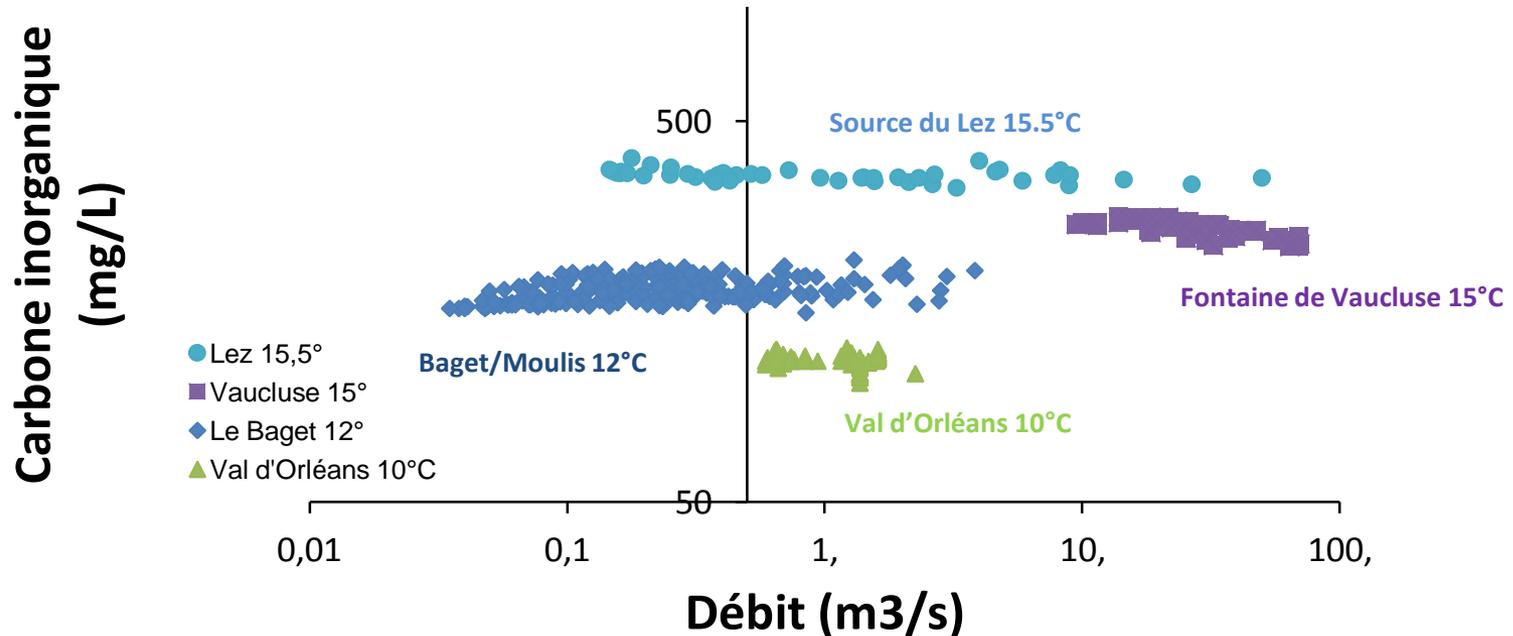
## Caractérisation de la recharge et des propriétés intrinsèques

=> teneurs en eau, variabilité du stockage, infiltration préférentielle en sub-surface (LSBB-FdV, Karst de la Craie, MEDYCYSS)



# Rôle du karst dans les bilans de masse - Perspectives

## Flux de carbone inorganique en fonction des débits, Comparaison inter sites

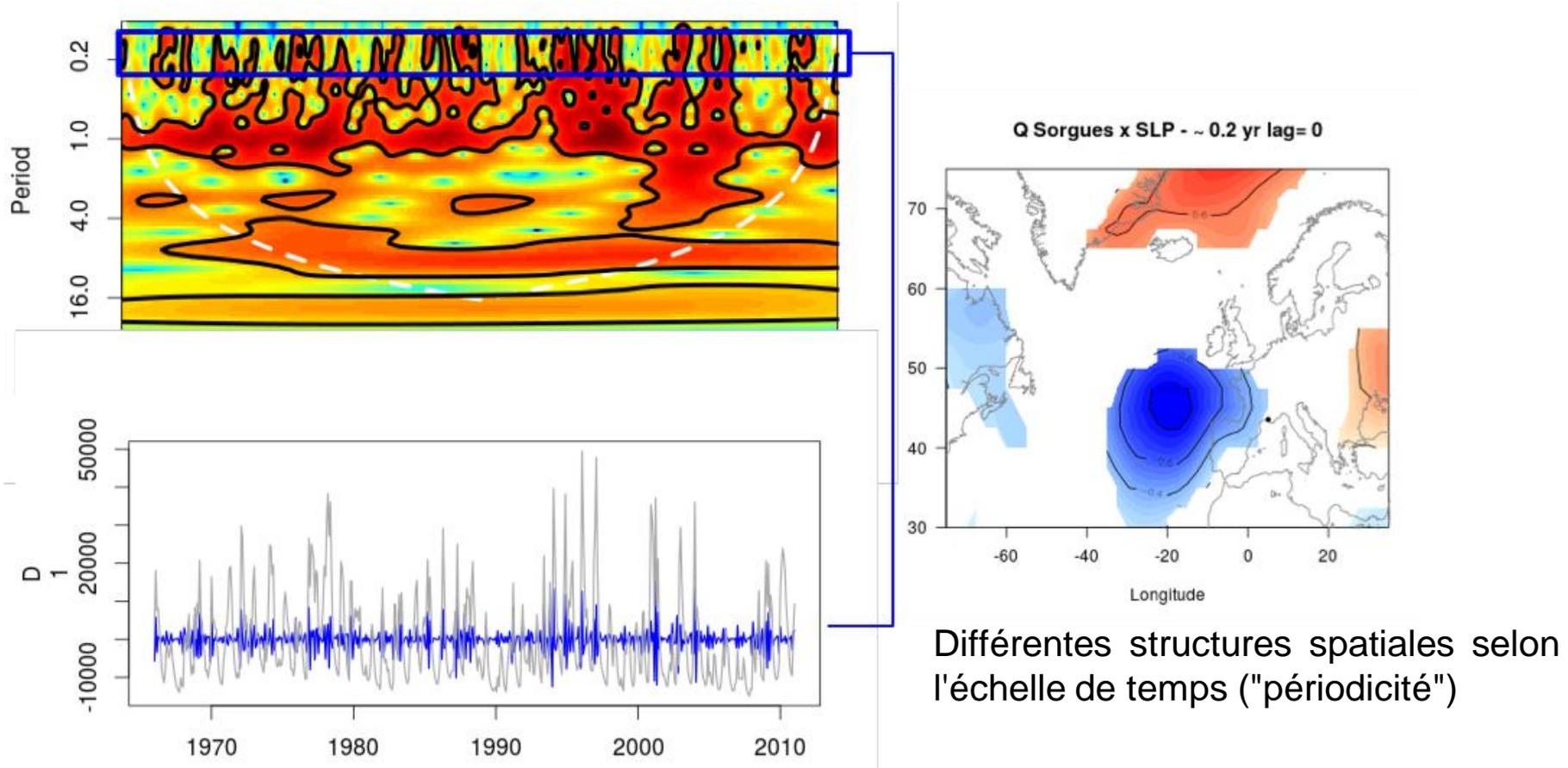


=> Comportement chémostatique (Godsey, 2009)

=> Concentration contrôlée par température moyenne de l'eau  
Processus de karstification ?  
Importance de la couverture épikarstique (sol) ?

# Réponse du karst aux changements globaux - Perspectives

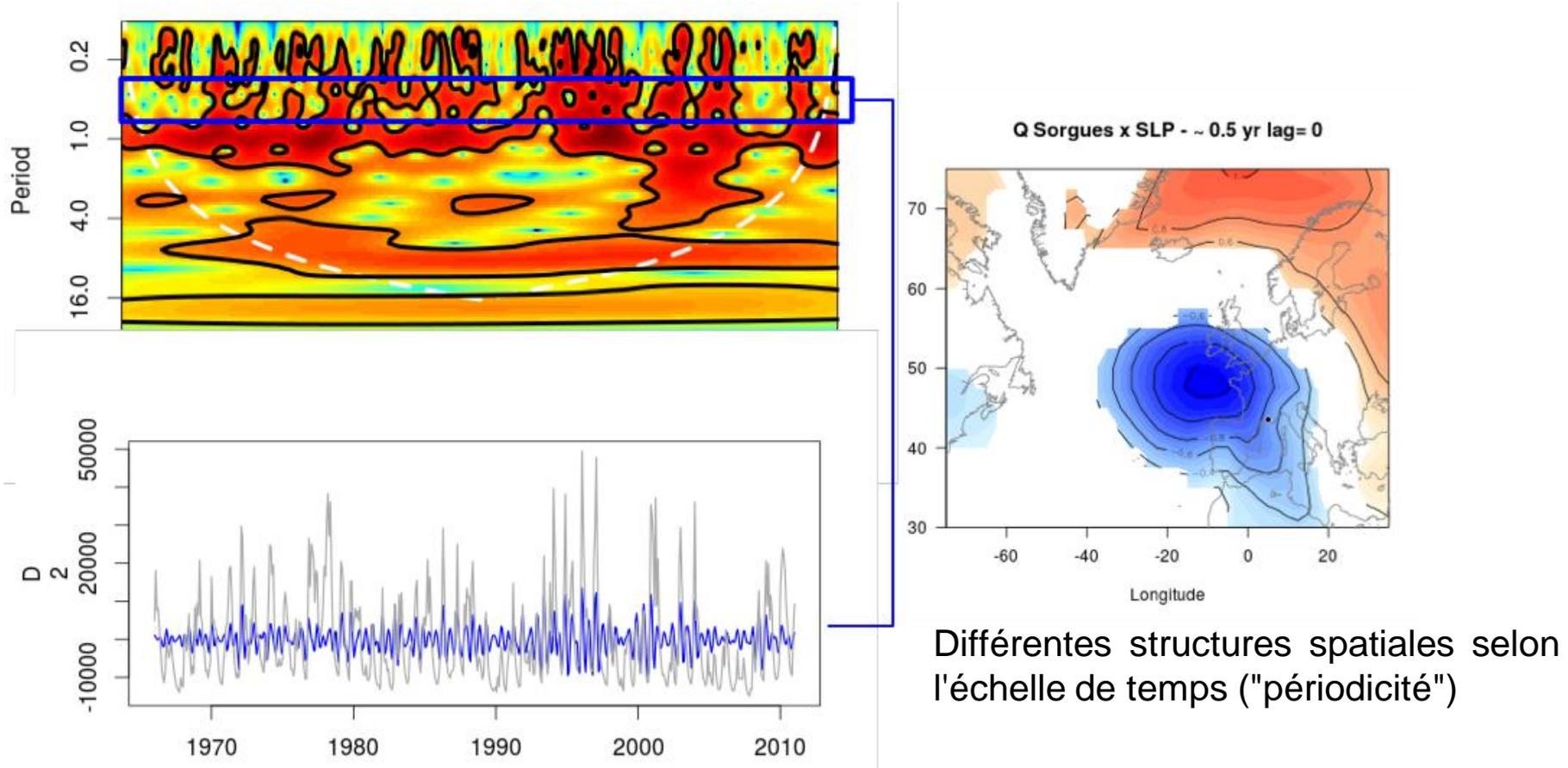
Décomposition par ondelettes des composantes hydrologiques et climatiques (Q Fontaine de Vaucluse champ de pression au niveau de la mer)



=> Appréhender la structure spatiale du champs de pression à l'origine des différentes échelles de temps de la variabilité hydrologique

# Réponse du karst aux changements globaux - Perspectives

Décomposition par ondelettes des composantes hydrologiques et climatiques (Q Fontaine de Vaucluse champ de pression au niveau de la mer)

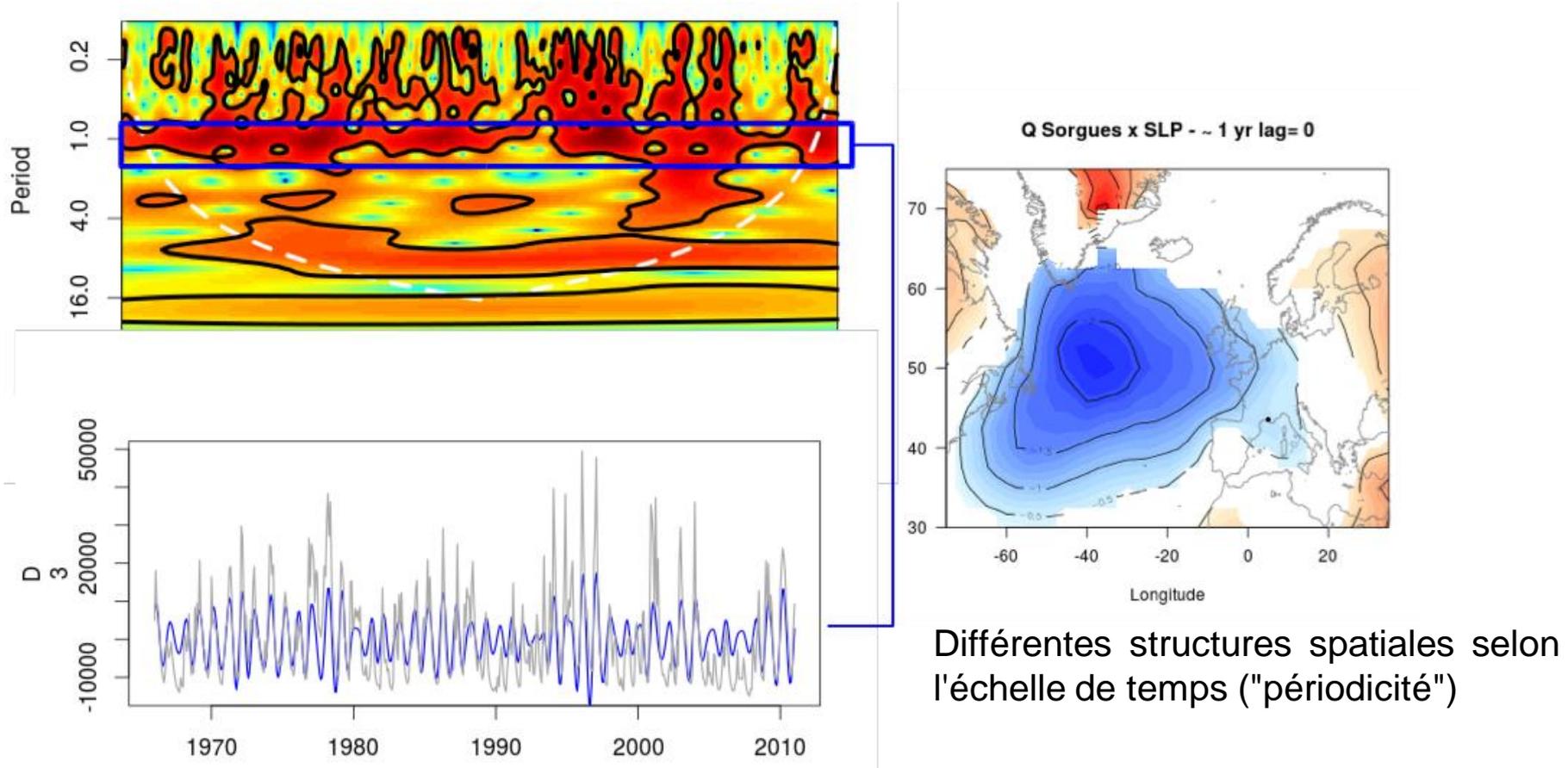


Différentes structures spatiales selon l'échelle de temps ("périodicité")

=> Appréhender la structure spatiale du champs de pression à l'origine des différentes échelles de temps de la variabilité hydrologique

# Réponse du karst aux changements globaux - Perspectives

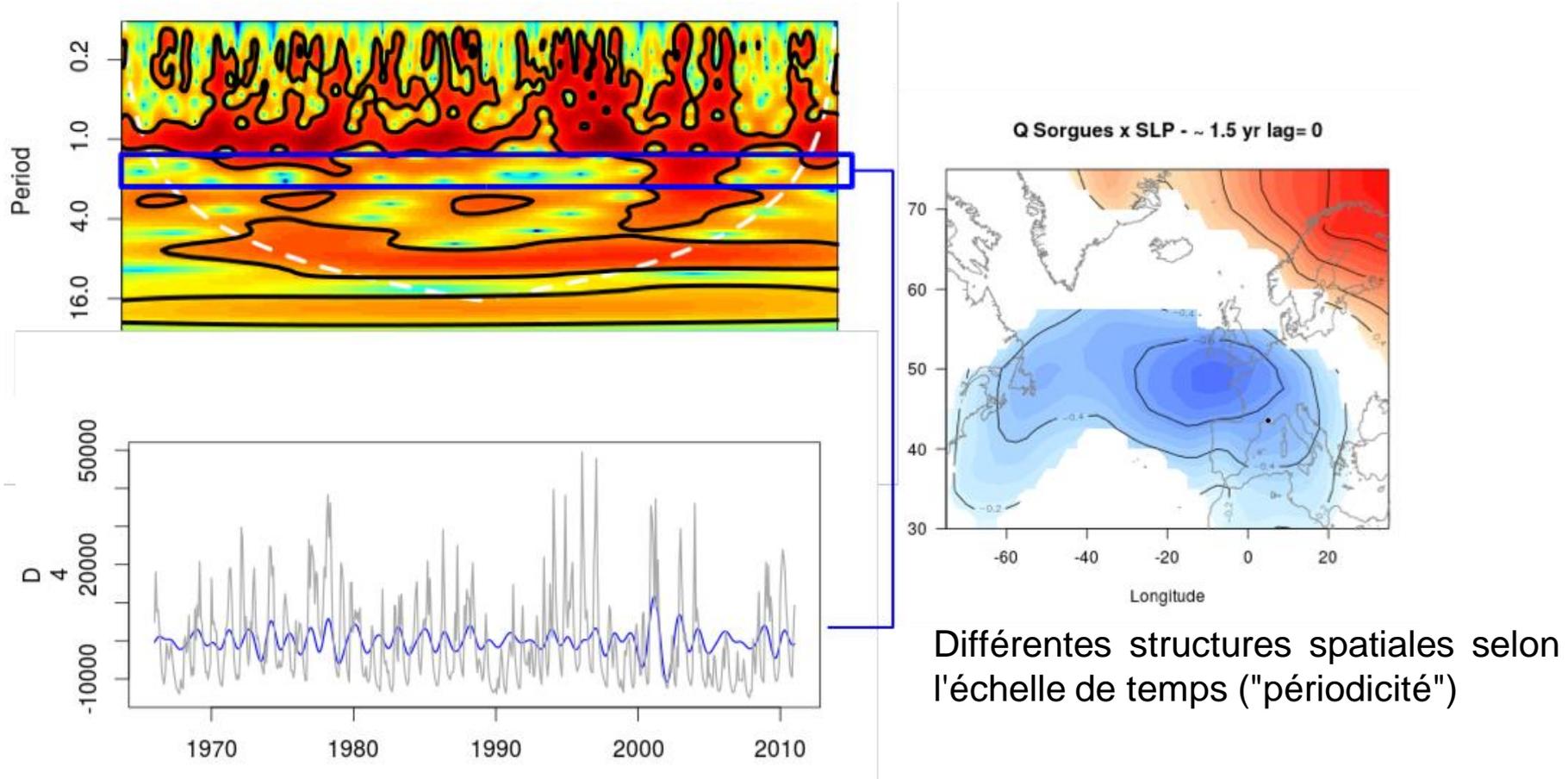
Décomposition par ondelettes des composantes hydrologiques et climatiques (Q Fontaine de Vaucluse champ de pression au niveau de la mer)



=> Appréhender la structure spatiale du champs de pression à l'origine des différentes échelles de temps de la variabilité hydrologique

# Réponse du karst aux changements globaux - Perspectives

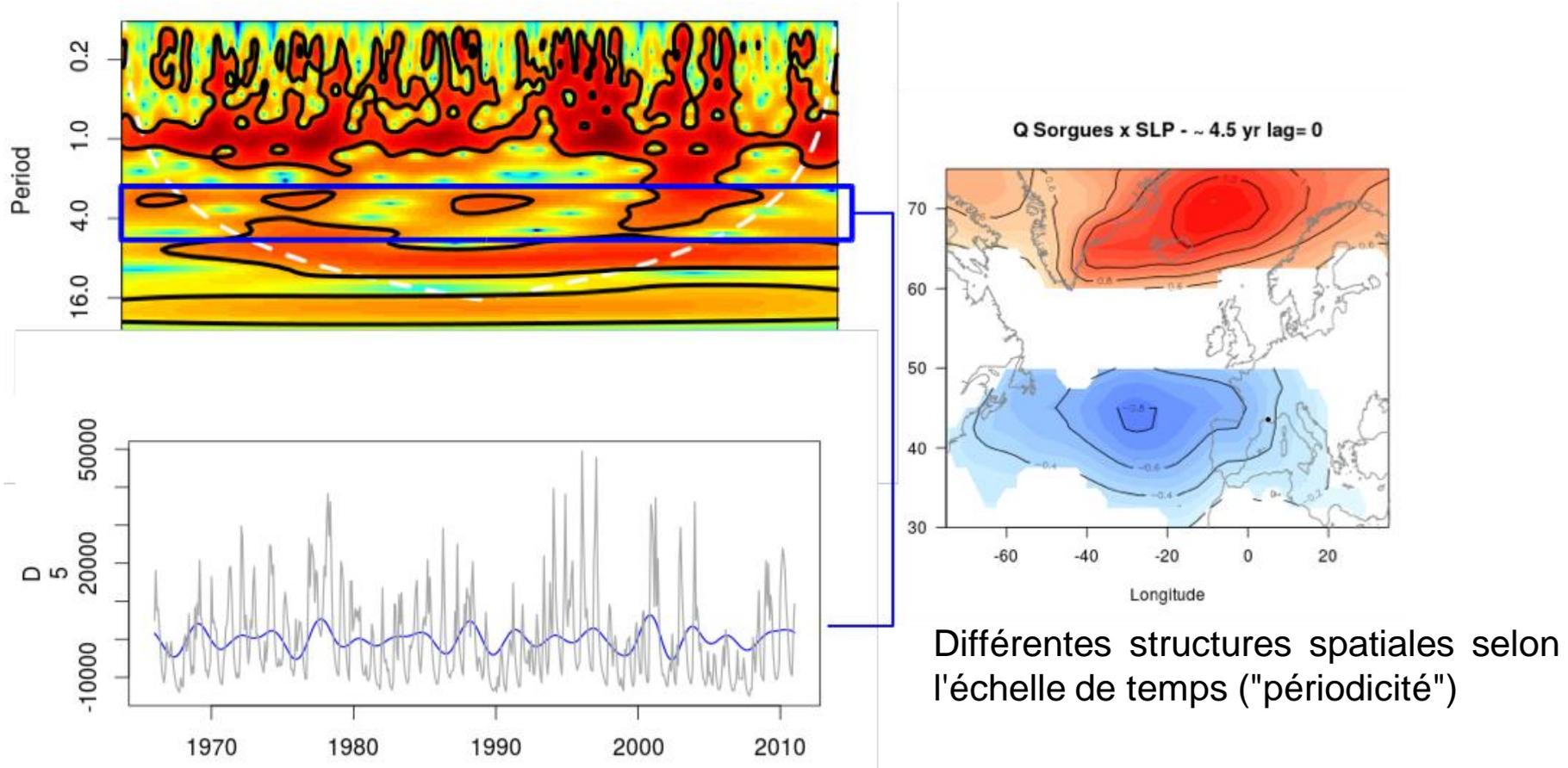
Décomposition par ondelettes des composantes hydrologiques et climatiques (Q Fontaine de Vaucluse champ de pression au niveau de la mer)



=> Appréhender la structure spatiale du champs de pression à l'origine des différentes échelles de temps de la variabilité hydrologique

# Réponse du karst aux changements globaux - Perspectives

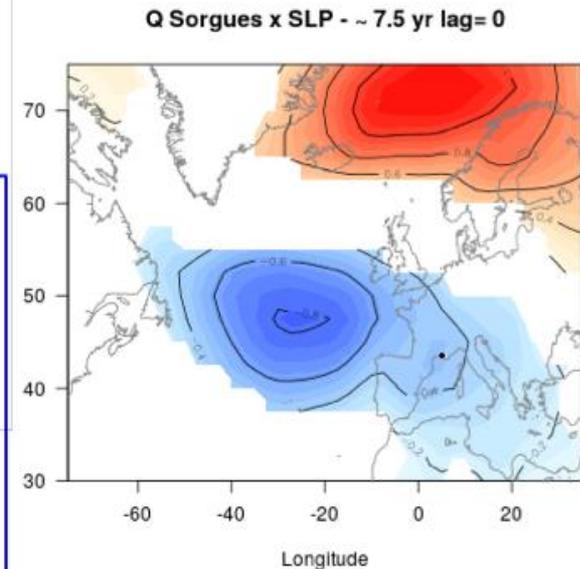
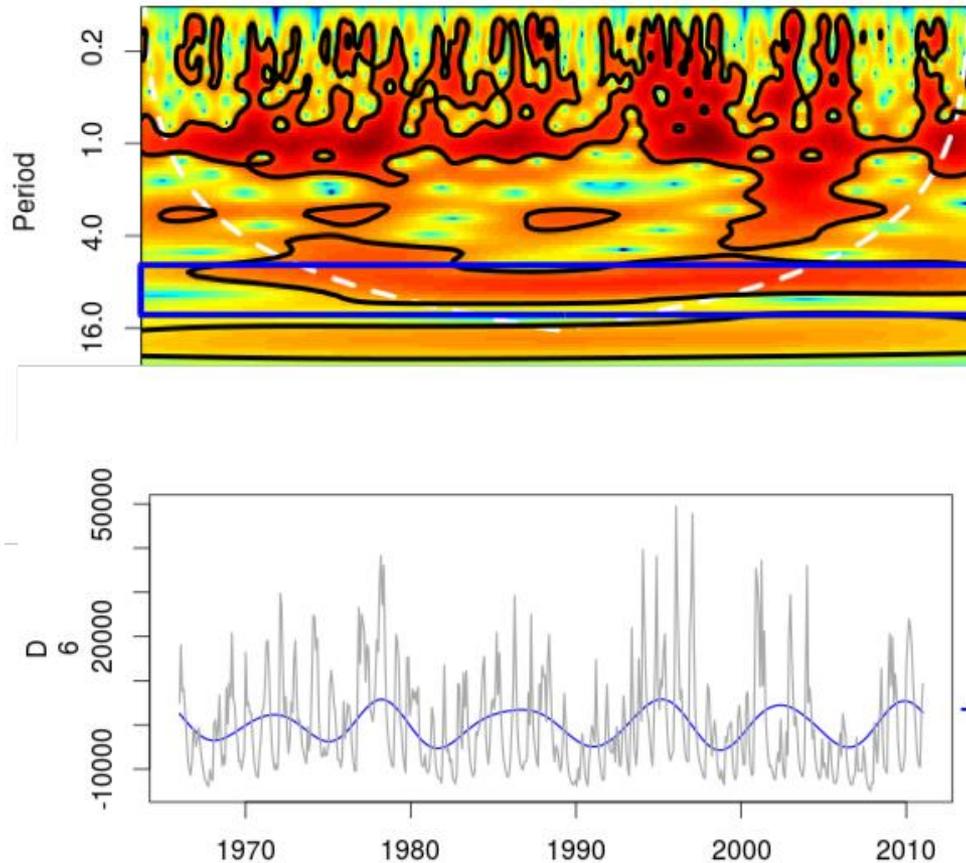
Décomposition par ondelettes des composantes hydrologiques et climatiques (Q Fontaine de Vaucluse champ de pression au niveau de la mer)



=> Appréhender la structure spatiale du champs de pression à l'origine des différentes échelles de temps de la variabilité hydrologique

# Réponse du karst aux changements globaux - Perspectives

Décomposition par ondelettes des composantes hydrologiques et climatiques (Q Fontaine de Vaucluse champ de pression au niveau de la mer)

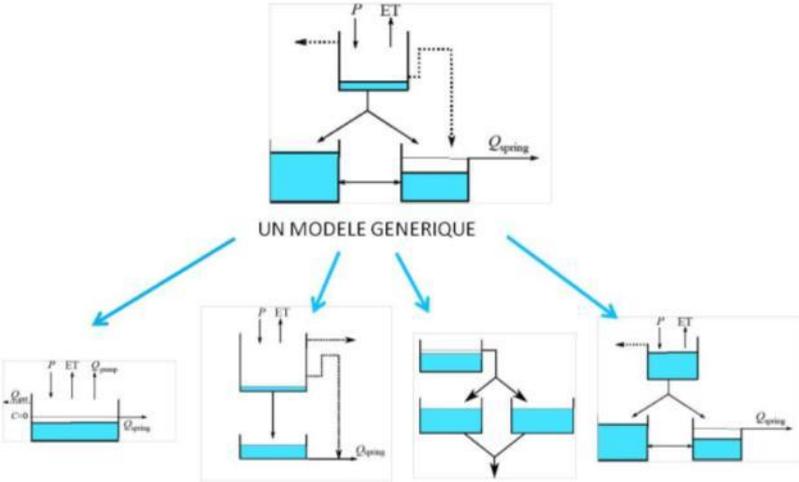


Différentes structures spatiales selon l'échelle de temps ("périodicité")

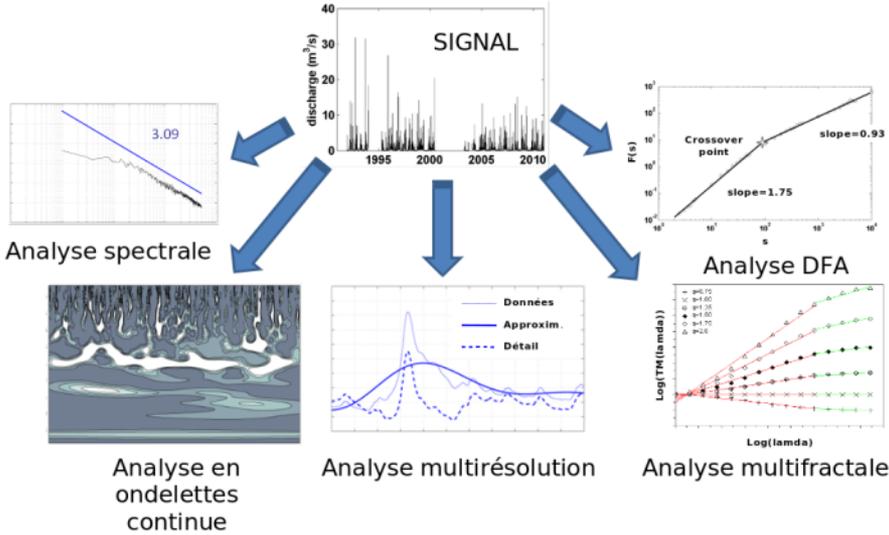
=> Appréhender la structure spatiale du champs de pression à l'origine des différentes échelles de temps de la variabilité hydrologique

# Réalisation du SNO : Outils d'analyse et de modélisation

## Modèle modulaire à réservoirs



## Boîte à outils d'analyse du signal

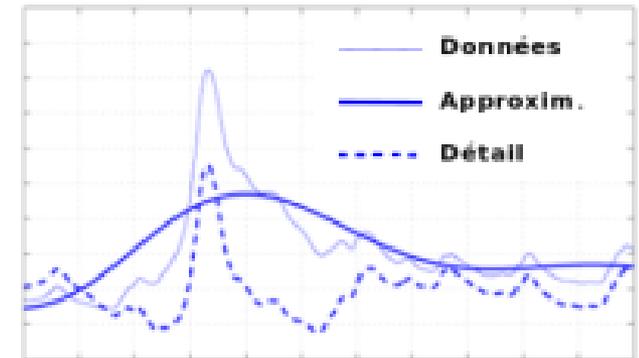
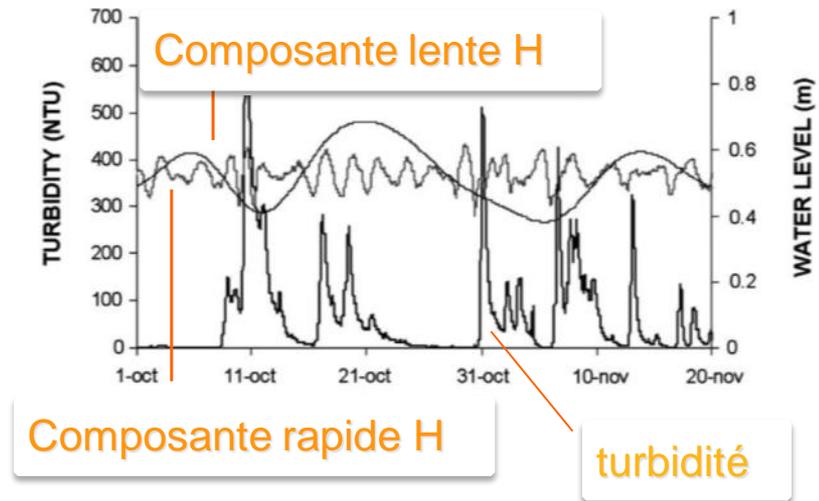




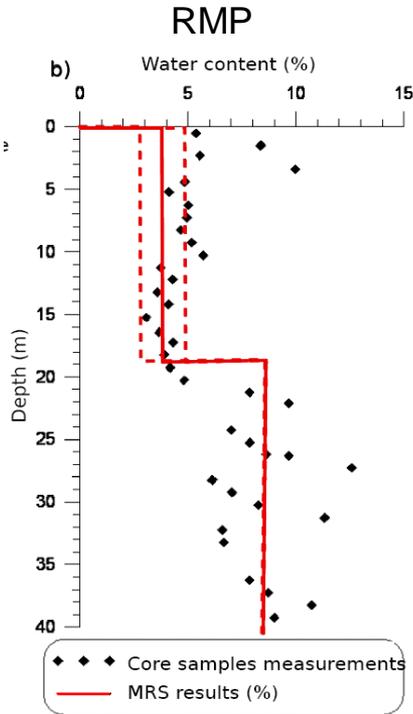
# Outils d'analyse et de modélisation - Perspectives

Intégration des techniques d'analyse statistiques et traitement du signal pour la caractérisation du lien données/modèle

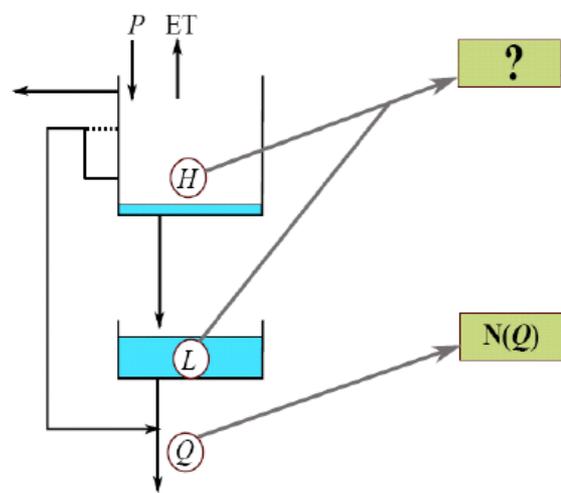
- Sens physique des lois de comportement statistiques multi-échelles des séries hydrologiques ?
- Sens physiques et intérêt de la décomposition des signaux hydrologiques ?
- Application des techniques d'analyses aux variables internes des modèles globaux



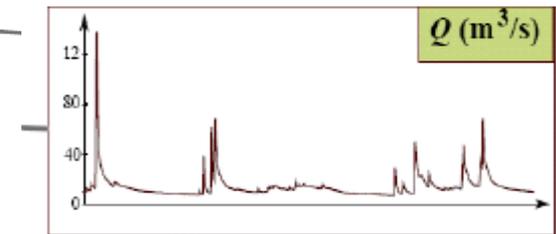
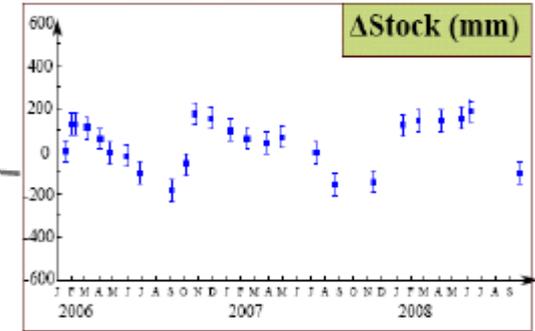
# Lien données/physique des modèles - Perspectives



## Information Géophysique



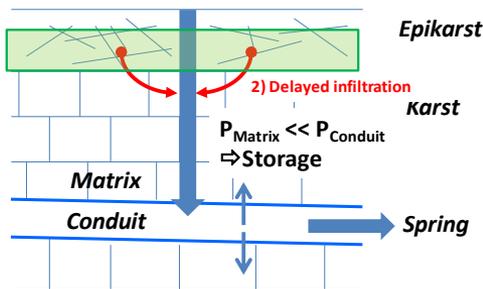
## Gravimétrie



## Information Hydrochimique

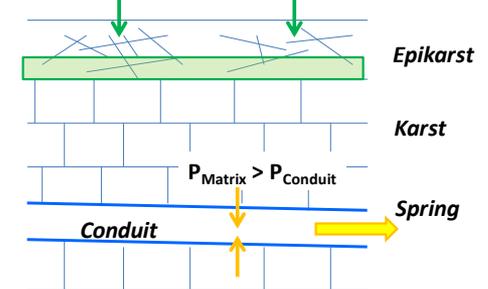
### Hautes Eaux

#### 1) Direct infiltration



### Basses Eaux

#### Epikarstic storage



# Archivage et diffusion des données



Serveur SQL

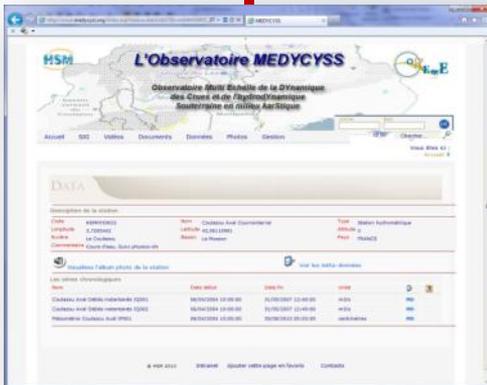
## SYSTÈME D'INFORMATION ENVIRONNEMENTALE

### Base de Données

Séries chronologiques,  
observées ou calculées

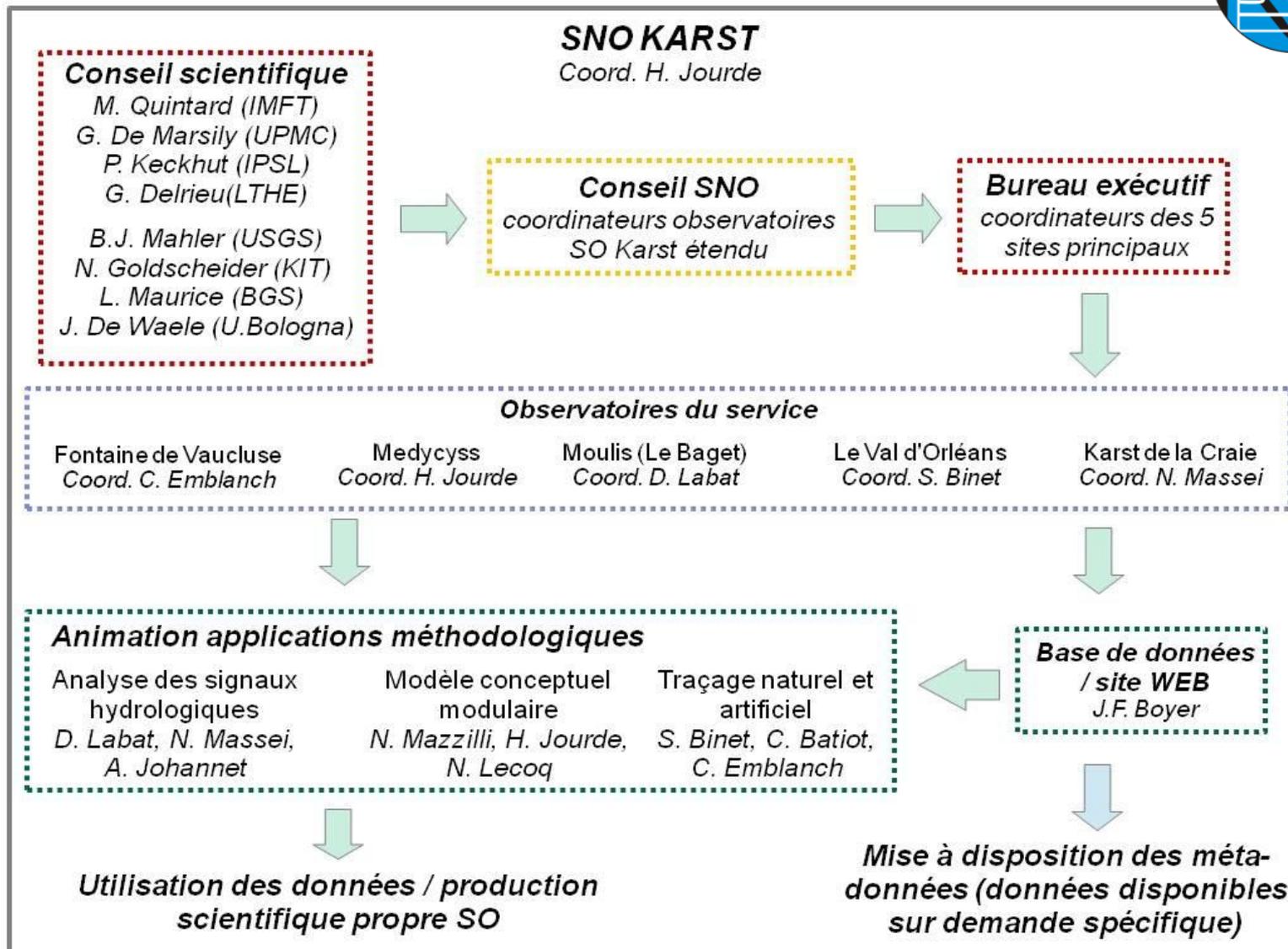
Informations  
Données socio-économiques, rapports, études,  
bibliographie, etc.

### SIG



[www.sokarst.org](http://www.sokarst.org)

Structure de Métadonnées normalisée ISO 19115 suivant le profil recommandé par l'OMM



# Moyens et mode de fonctionnement

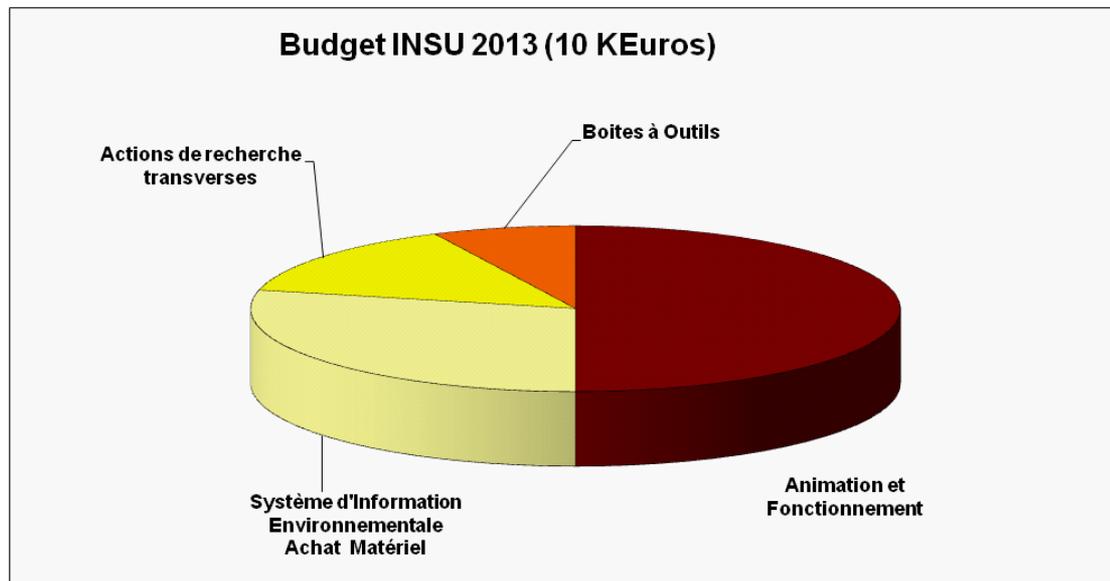
Moyens propres aux sites (ANR, Equipex, Labex, OSUs, Dpts, Régions, ...)

Fonctionnement : 2 à 20 kEuros par an / site ~ 80 Keuros/an pour l'ensemble du réseau

Matériel: Sondes CTD, Sondes Multiparamètres, Fluorimètres, Turbidimètres, Stations Météo, Pompes, Groupe électrogène, Matériel Géophysique, ICPMS, Chromato Ionique, ..  
~ 300 Keuros pour l'ensemble du réseau

Soutien de l'INSU (10kEuros-2013):

- 1) Animation, 2) Actions de recherche transverses entre membres du réseau, 3) Développement de boîtes à outils, 4) Système d'information environnementale, Achat (jouvence) petit matériel



Deux réunions par an :  
Rencontre / Workshop

# Réalisations et actions du SNO KARST depuis 2012

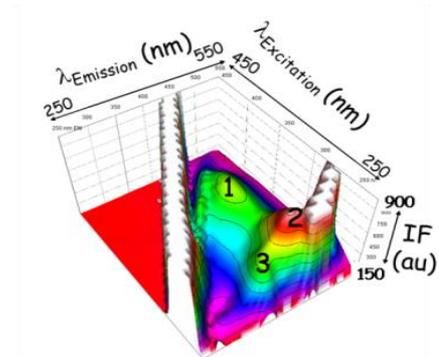
---

- Corpus de données communes à l'ensemble des sites: harmonisation des fréquences de mesures et pas d'échantillonnage réalisée
  - Variables hydrologiques et météorologiques (débits, piézométrie, précipitations, T°)
  - Variables physico-chimiques (CE et T° de l'eau, turbidité, fluorescence naturelle)
- Valorisation : communication dans congrès internationaux, organisation d'une session karst (RST 2014)
- Développement et mise à disposition d'outils de modélisation (KARSTMOD) et d'analyse du signal
- Projets de Recherche
  - EQUIPEX CRITEX
  - ANR sur le rôle de la zone critique dans le cycle du carbone (dont le karst).
  - EC2CO (MICROKARST) : Communautés microbiennes du karst: compartimentation hydrodynamique et résistance aux antibiotiques - Etude suivant un transect amont-aval



# Perspectives et besoins du SNO KARST

- Plus value apportée par le réseau – Articles scientifiques co-signé sur i) le volet modélisation et comparaison inter sites, ii) le volet hydrochimique
- Développement spécifique pour le suivi en continu de la fluorescence naturelle (vulnérabilité et infiltration)



- Rapprochement avec les Zones Atelier de l'INEE (ZABR → Medycyss; PIREN-SEINE → Karst de la Craie, ...) ?
- Ouverture à l'international (Haut Bassin Amazone et Maroc ) ?
- **Besoins**
  - Fonctionnement, développement d'outils, actions intersites: 20 Keuros/an
  - Appui à l'observation du karst et animation du réseau → poste CNAP