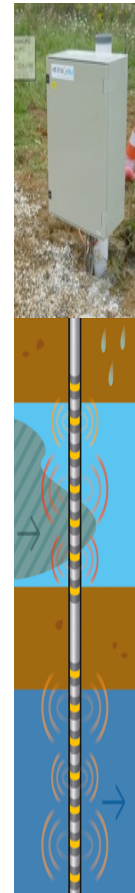


Forages peu profonds pour l'expérimentation et le monitoring in-situ de la zone critique (2001-2014)

- Nombreux sites d'expérimentation et de monitoring à faible profondeur :
 - Lavalette (Montpellier): base opérationnelle (3 forages à 100 m dans des marnes),
 - Maguelone (littoral): site clastique peu consolidé (9 forages, de 20 à 80 m),
 - Barcarès (Roussillon / biseau salé): site clastique (5 forages jusqu'à 120 m),
 - Campos (Majorque / biseau salé): carbonates récifaux (12 forages à 100 m),
 - Lodève (glissement de terrain): argiles et évaporites (3 forages jusqu'à 75 m),
 - Svelvik (Norvège/ stockage du gaz): sable peu consolidé (5 forages à 20 m),et nombre de sites plus petits (Hyères, Arles, Ploemeur, Larzac).
- Stratégie de suivi temporel à l'aide d'une **infrastructure de monitoring en forage** :
 - suivi hydrogéochimique **Westbay** : p, T, Cw, pH et chimie des eaux (3 fois / an),
 - suivi hydrogéophysique à l'aide d'observatoires **électriques** in-situ,
 - suivi par fibres optiques : température, déformation, gaz (alcanes),
 - projet en cours à Maguelone (11/2014) pour un monitoring multi-paramétré de la dynamique du sous-sol (SMD, fibres optiques, géophones, PS).



Philippe Pezard - Géosciences Montpellier (CNRS)

Atelier INSU, La Grande-Motte (16 octobre 2014)



Plan de la présentation

- Base logistique de **Lavalette** (Montpellier): marnes calcaires
- Site de **Majorque** (Baléares) : forage de carbonates karstiques et consolidés
 - mesures et images en forage,
 - monitoring hydrogéochimique (WestBay),
 - monitoring hydrogéophysique (SMD).
- Site de **Maguelone** (Montpellier) : contexte clastique, lagunaire et non consolidé
 - mesures géophysiques en forage dans un tube PVC.
- Site de **Hossegor** (Landes) : monitoring d'une intrusion salée depuis 2 ans.
- Site de **Lodève** (glissement de terrain) : instrumentation multi-paramètres in-situ.
- Site de **Svelvik** (Norvège) : détection de fuites de CO₂.

Plan de la présentation

- Base logistique de **Lavalette** (Montpellier): marnes calcaires
- Site de **Majorque** (Baléares) : forage de carbonates karstiques et consolidés
 - mesures et images en forage,
 - monitoring hydrogéochimique (WestBay),
 - monitoring hydrogéophysique (SMD).
- Site de **Maguelone** (Montpellier) : contexte clastique, lagunaire et non consolidé
 - mesures géophysiques en forage dans un tube PVC.
- Site de **Hossegor** (Landes) : monitoring d'une intrusion salée depuis 2 ans.
- Site de **Lodève** (glissement de terrain) : instrumentation multi-paramètres in-situ.
- Site de **Svelvik** (Norvège) : détection de fuites de CO₂.

Site de Lavalette (CEEL), Montpellier

Base logistique pour l'enseignement de la géophysique et l'hydrodynamique en forage, la maintenance, la calibration, la conception de sondes ou l'étude de nouvelles méthodes en forage.



Master Montpellier (2002-)



EPG Strasbourg, ETH-Z
Universités de Pau & Grenoble

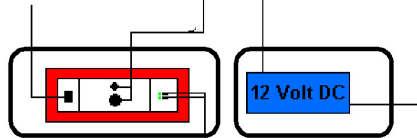
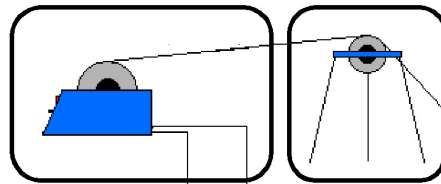
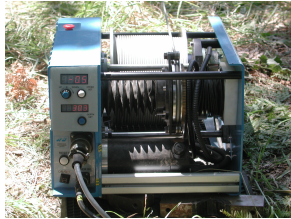
Enseignement de la géophysique et de l'hydrodynamique en forage

Equipements de terrain de géophysique en forage

Pechelbronn (1927)



(photo Schlumberger)



ELECTRICAL
POWER
GENERATOR

TOOL



LGHF (2004)

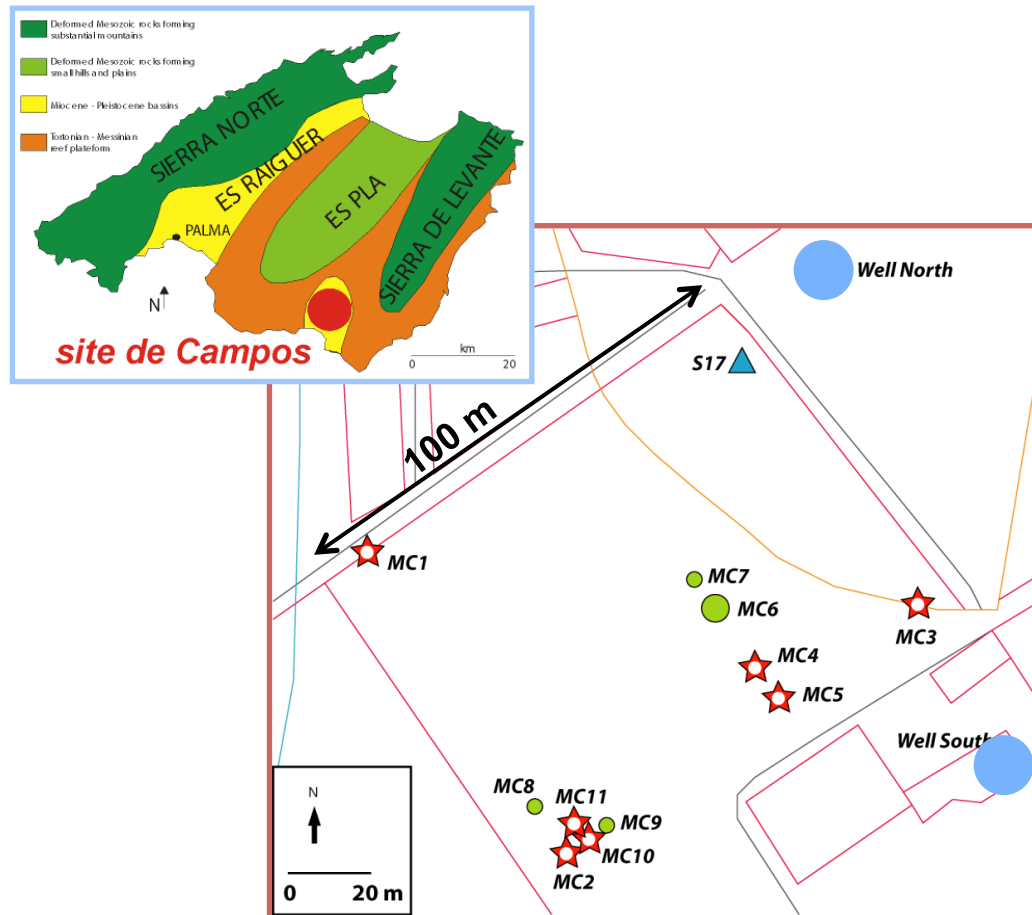


Plan de la présentation

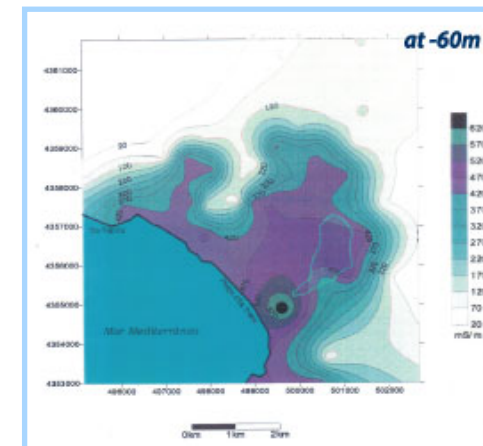
- Base logistique de **Lavalette** (Montpellier): marnes calcaires
- Site de **Majorque** (Baléares) : forage de carbonates karstiques et consolidés
 - mesures et images en forage,
 - monitoring hydrogéochimique (WestBay),
 - monitoring hydrogéophysique (SMD).
- Site de **Maguelone** (Montpellier) : contexte clastique, lagunaire et non consolidé
 - mesures géophysiques en forage dans un tube PVC.
- Site de **Hossegor** (Landes) : monitoring d'une intrusion salée depuis 2 ans.
- Site de **Lodève** (glissement de terrain) : instrumentation multi-paramètres in-situ.
- Site de **Svelvik** (Norvège) : détection de fuites de CO₂.

Site expérimental et d'observation de Campos

Projet européen **ALIANCE** (2003-2005) puis soutiens de H+ (2007-) et de TOTAL (2008-2011) → 5 thèses :



ETH D. Jaeggi (2007)
UM2 Y. Maria-Sube (2008)
UM2 V. Hébert (2011)
UM2 C. Garing (2011)
UPPA M. Toqeer (2012)

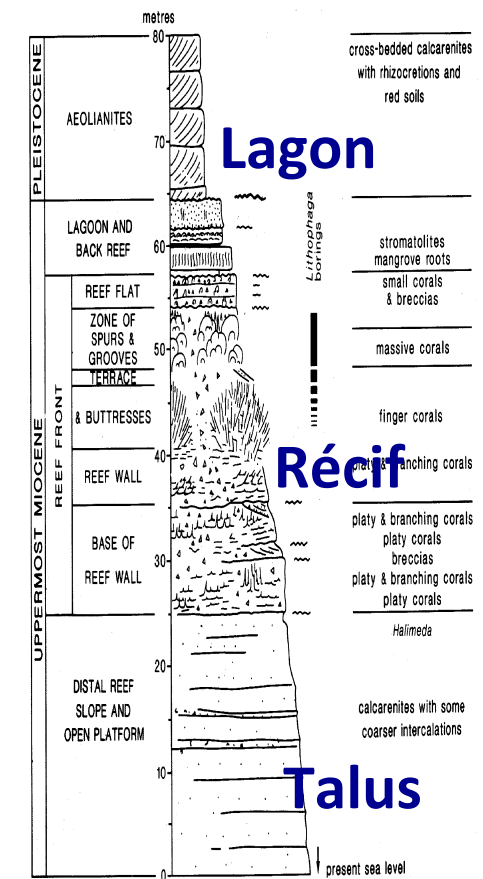


Ministère Environnement Baléares

ALIANCE

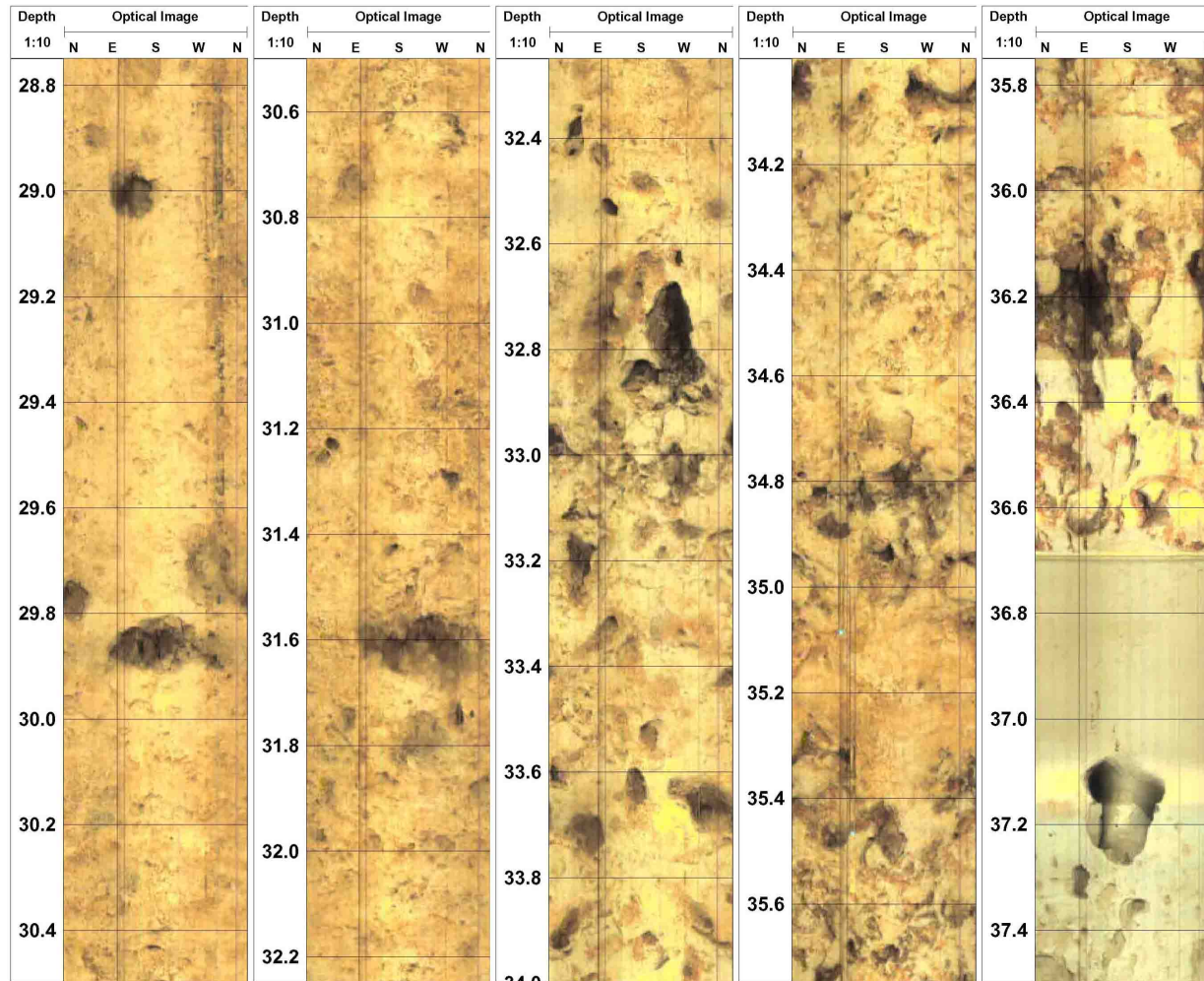
→ laboratoire de terrain bien contraint

Structure géologique de la plateforme carbonatée forage

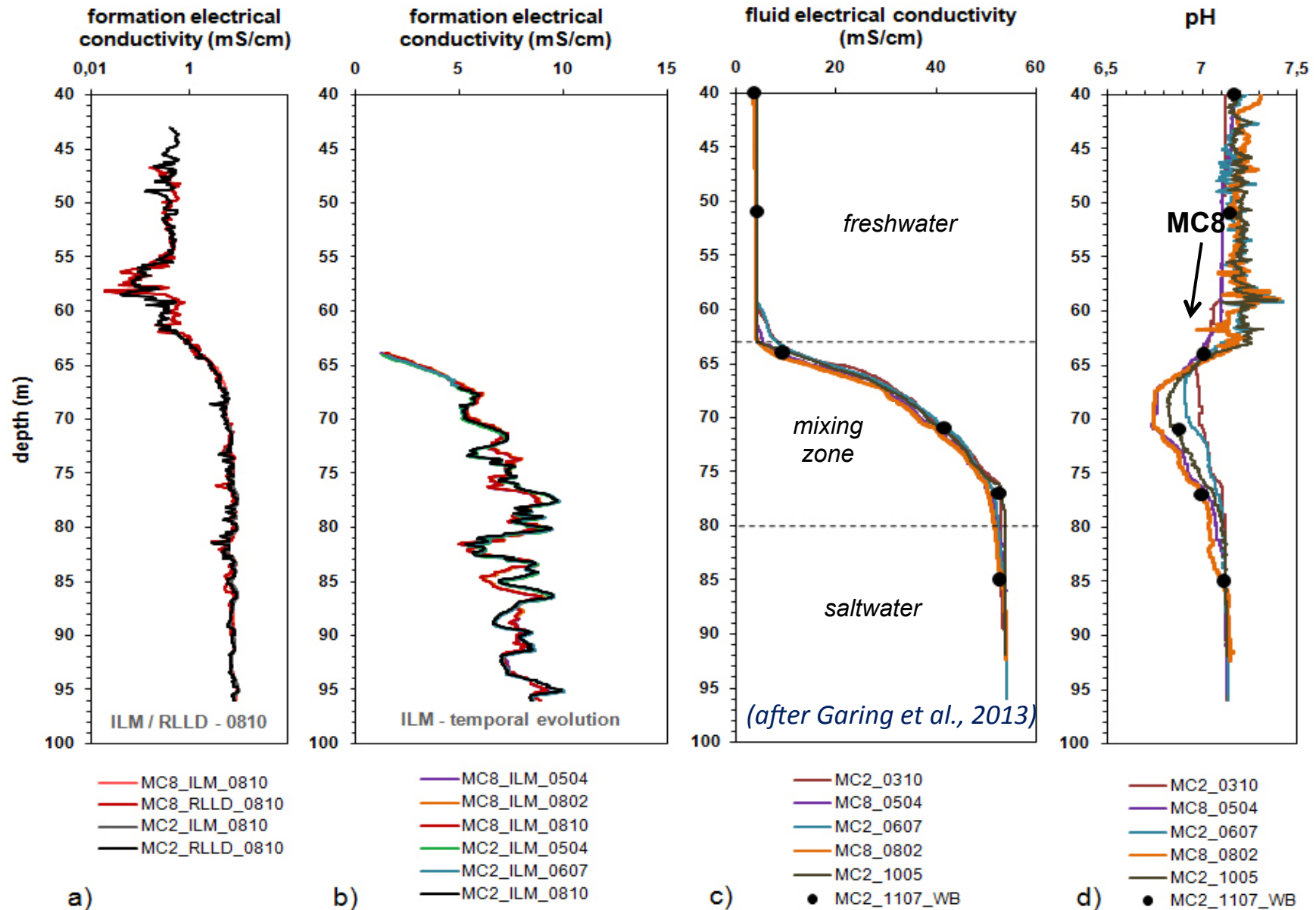


Falaise Miocene de Cabo Blanco (90 m de haut).

Images géophysiques de paroi de forage

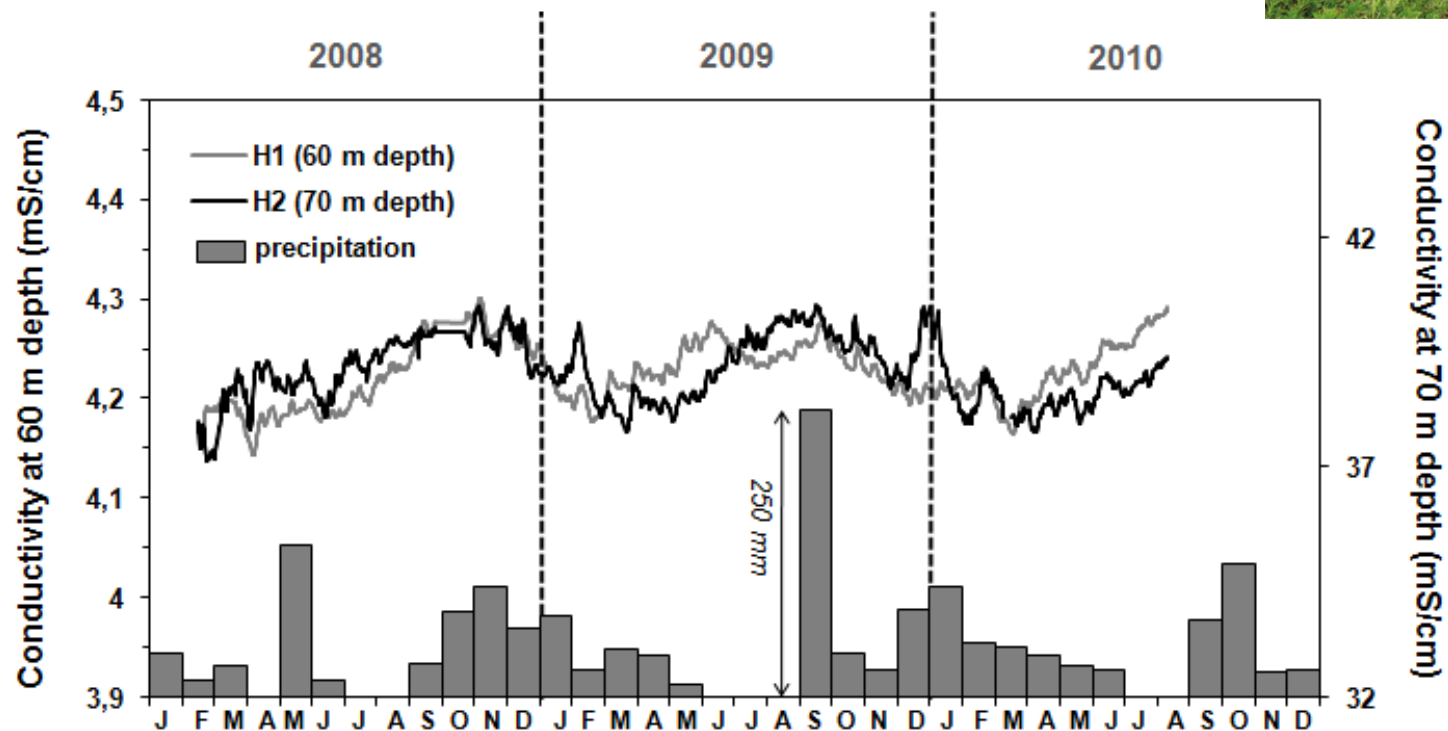


Profils hydrogéophysiques en forage ("diagraphies")



Monitoring en forage : capteurs HYDREKA (p, T)

- Permanent downhole sensors at 60 and 70 m depth
- Seasonal changes in pore fluid conductivity noticed from time-lapse induction logs confirmed

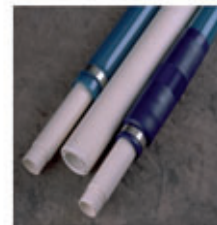
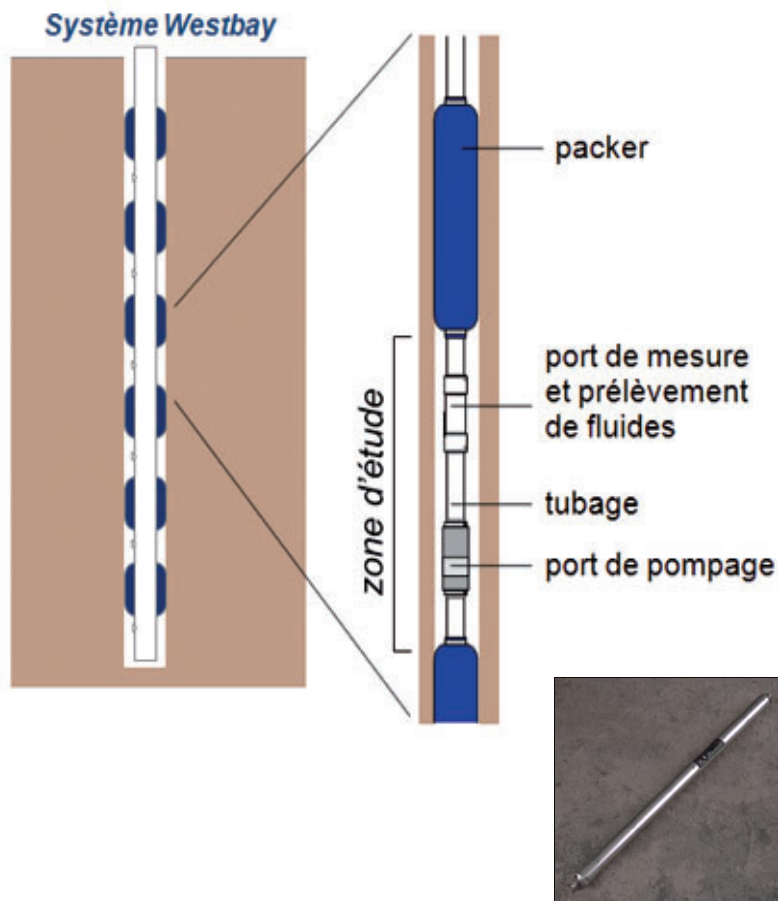


Plan de la présentation

- Site de **Majorque** (Baléares) : forage de carbonates karstiques et consolidés
 - mesures et images en forage,
 - monitoring hydrogéochimique (**WestBay**),
 - monitoring hydrogéophysique (SMD).
- Site de **Maguelone** (Montpellier) : contexte clastique, lagunaire et non consolidé
 - mesures géophysiques en forage dans un tube PVC.
- Site de **Hossegor** (Landes) : monitoring d'une intrusion salée depuis 2 ans.
- Site de **Lodève** (glissement de terrain) : instrumentation multi-paramètres in-situ.
- Site de **Svelvik** (Norvège) : détection de fuites de CO₂.

Monitoring hydrogéochimique : système Westbay (2008-)

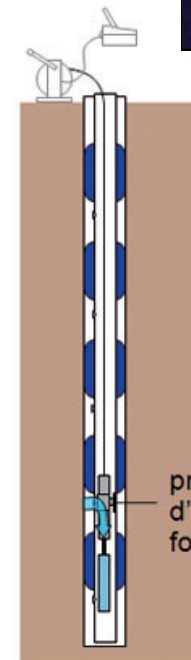
- Système "multi-niveaux" de monitoring des aquifères
- **Accord de coopération** : Schlumberger / OREME (2009-)



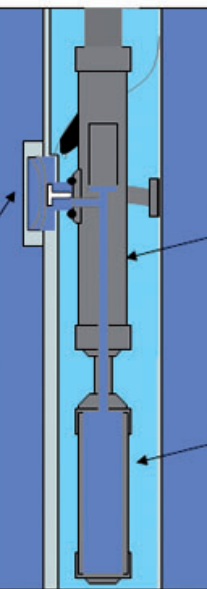
tubes et packers



ports de mesures et de pompage

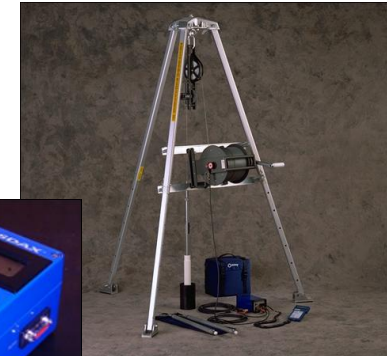


prélèvement d'eau de la formation

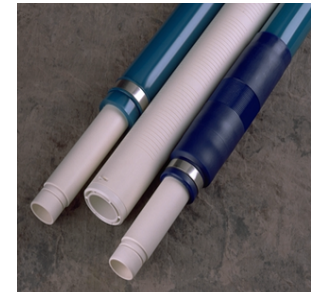
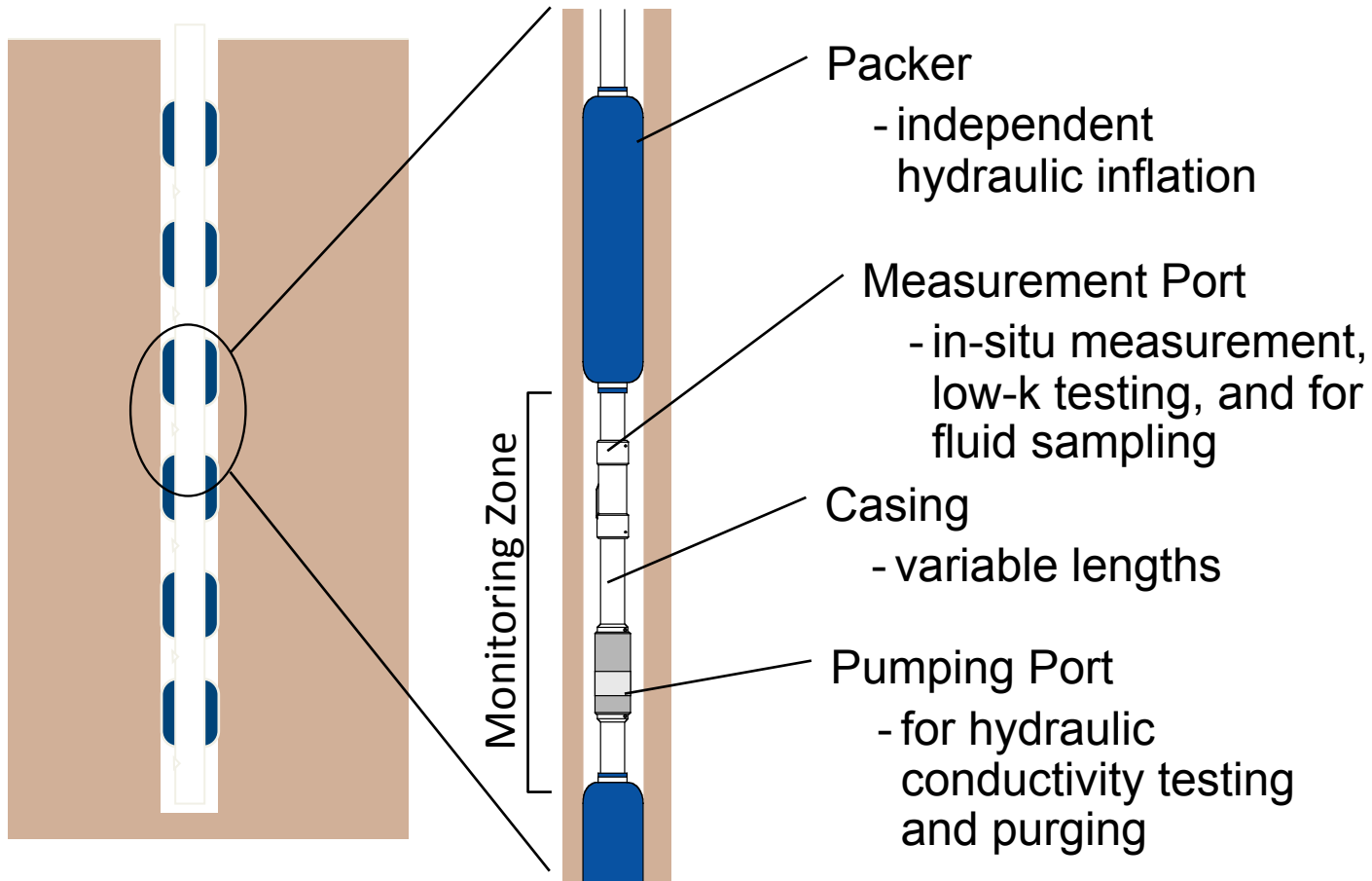


navette de prélèvement

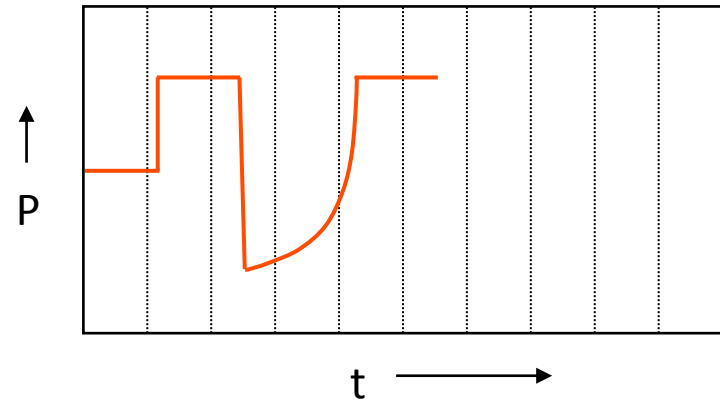
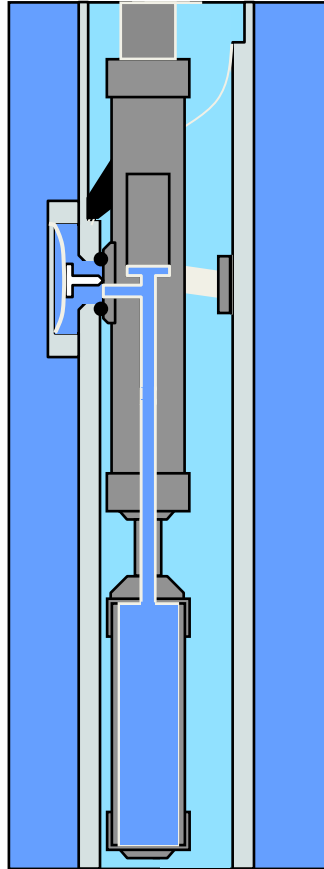
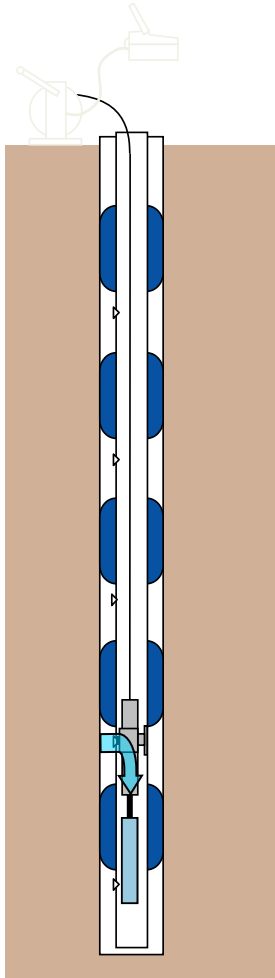
bouteille de prélèvement



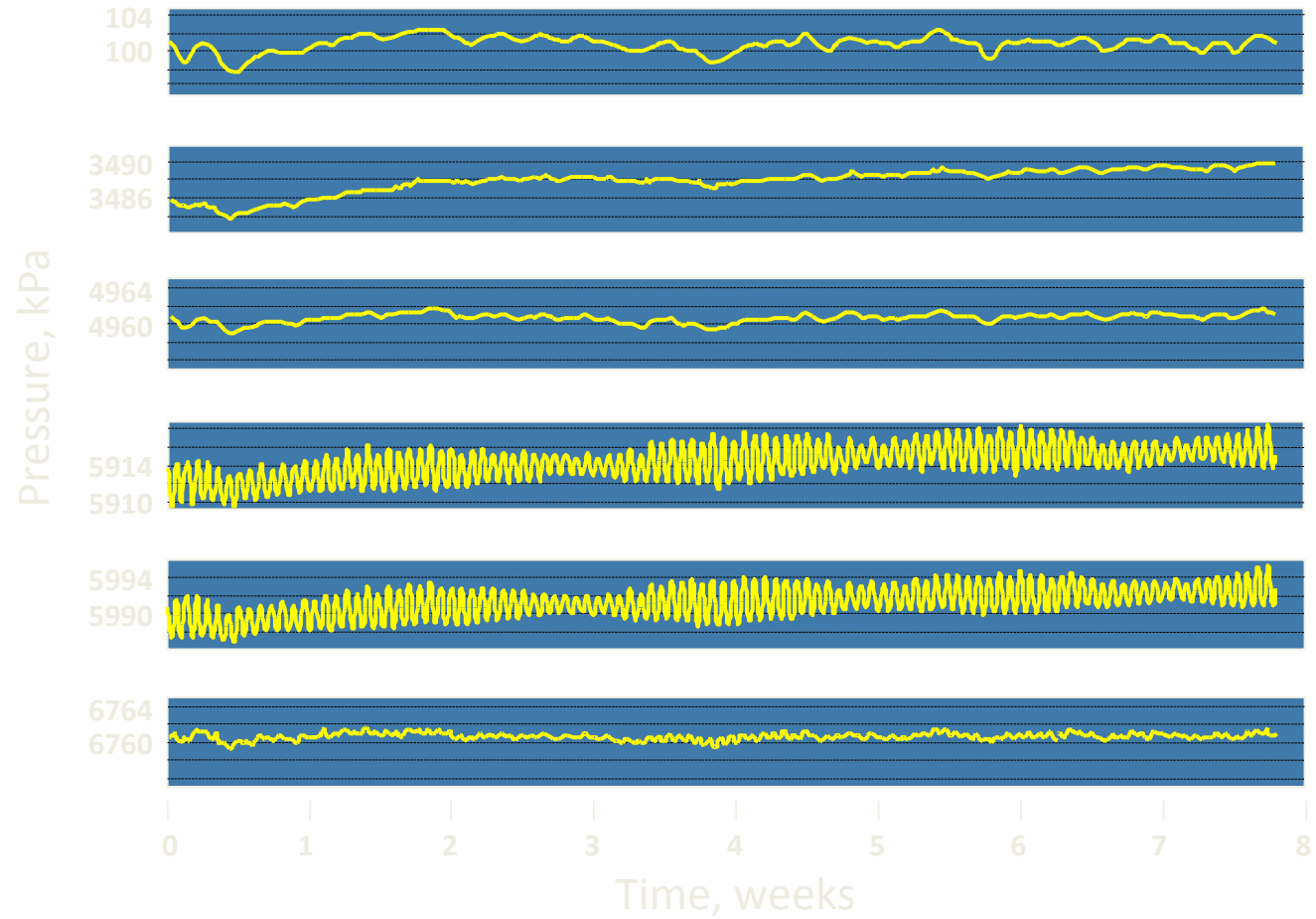
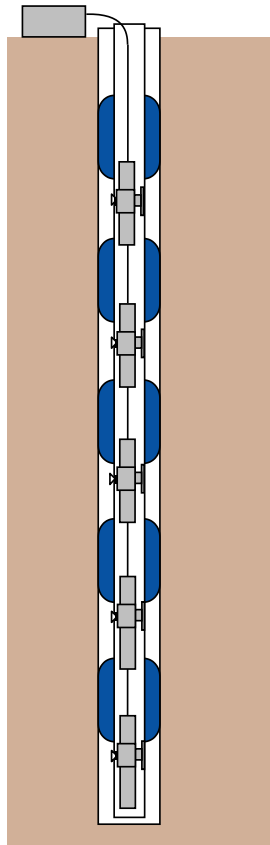
Westbay System



Fluid Sampling

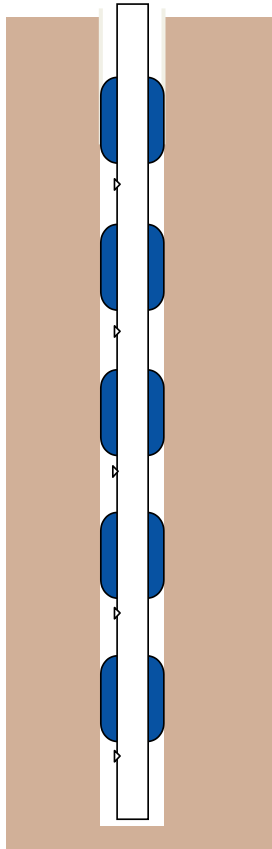


Automated Monitoring

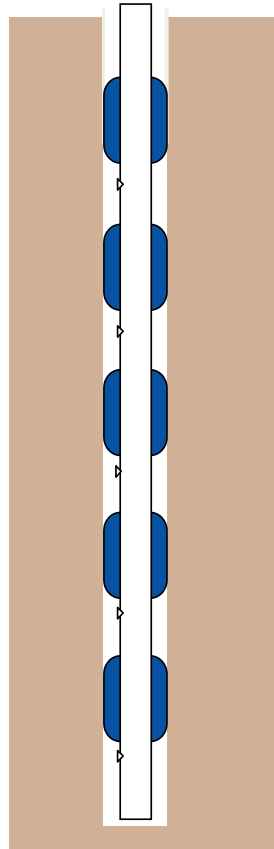


Completion Methods

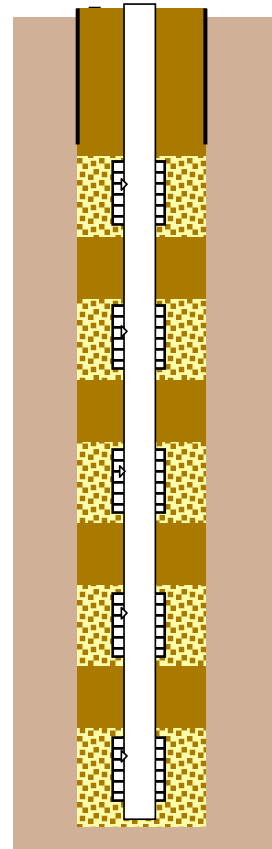
Open Hole



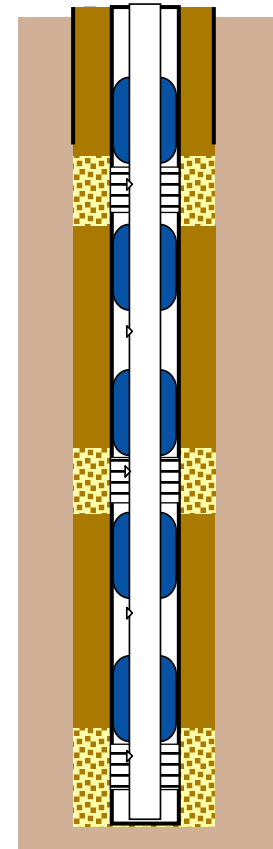
Guide Tube



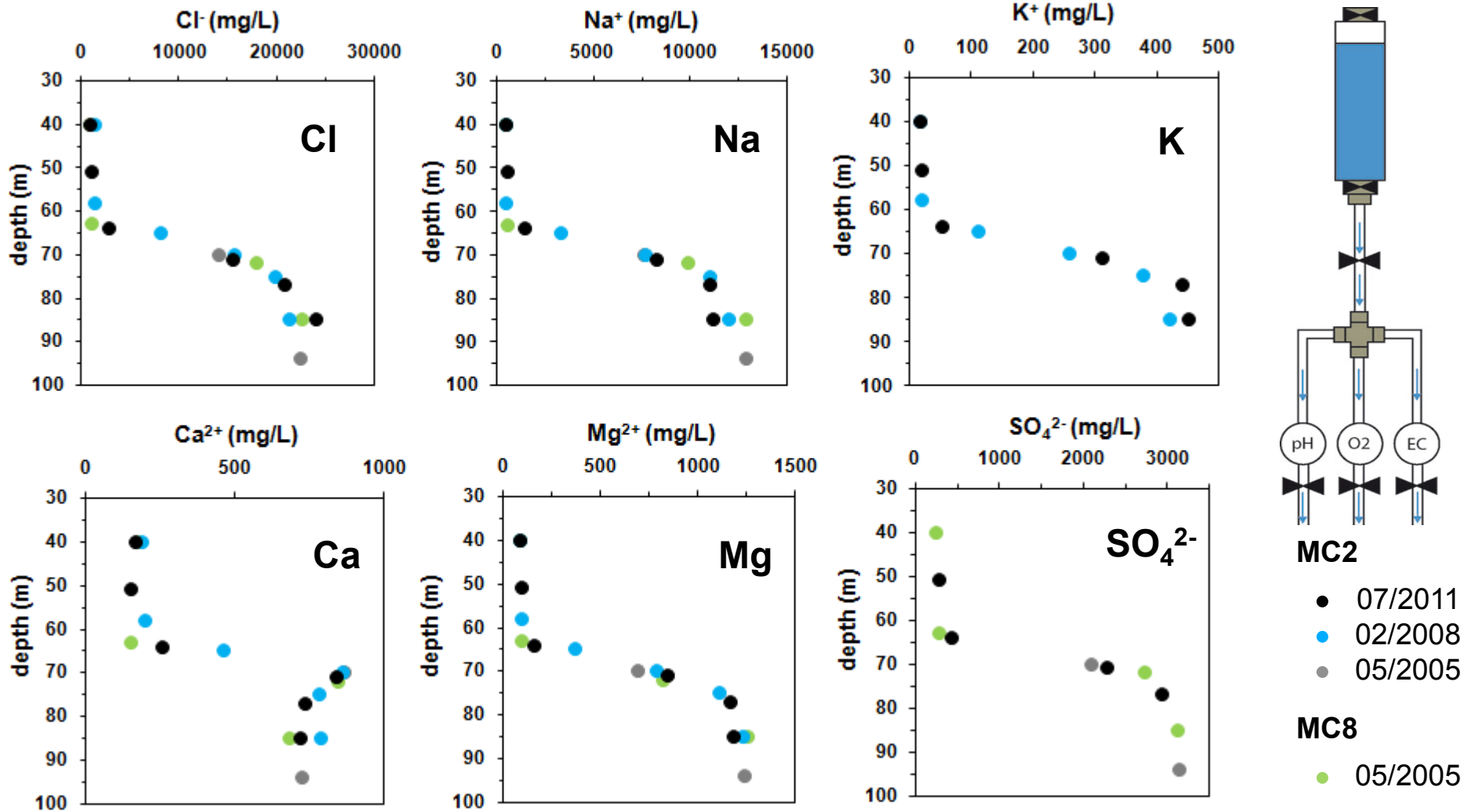
Backfill



Cased Well

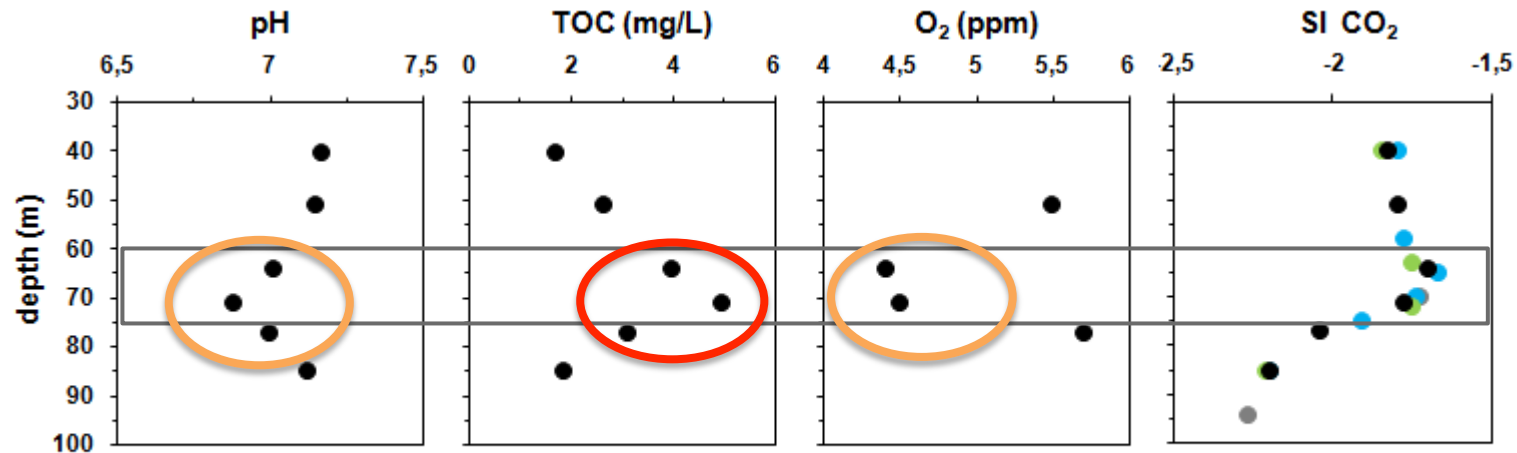


Groundwater characterization from WestBay pore fluid sampling (2008-)



(after Garing et al., 2013)

Active geochemical processes

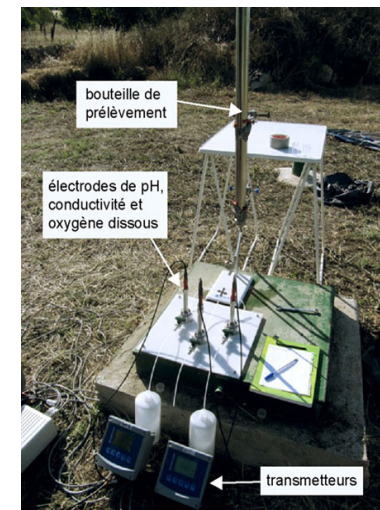


(after Garing et al., 2013)

→ Possible interaction with microbiological activity

Collaboration with microbiologists from
Hydrosciences Montpellier (M. Héry)

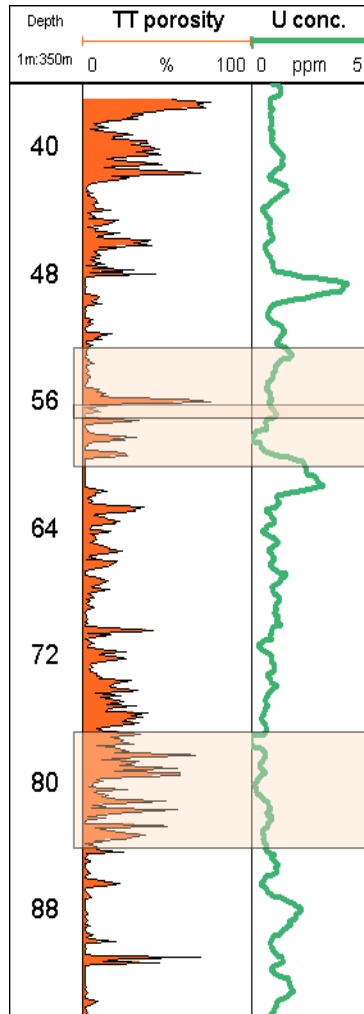
→ On-going microbiological study (HSM & P. Gouze)



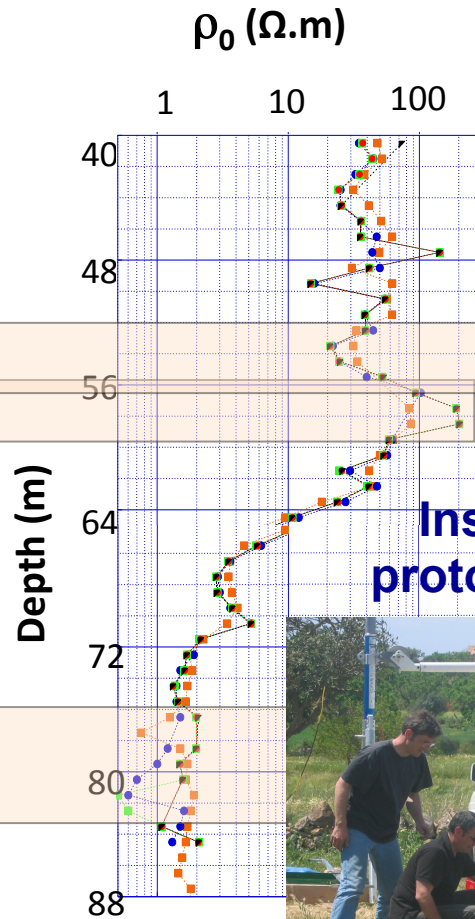
Plan de la présentation

- Base logistique de **Lavalette** (Montpellier): marnes calcaires
- Site de **Majorque** (Baléares) : forage de carbonates karstiques et consolidés
 - mesures et images en forage,
 - monitoring hydrogéochimique (WestBay),
 - monitoring hydrogéophysique (SMD).
- Site de **Maguelone** (Montpellier) : contexte clastique, lagunaire et non consolidé
 - mesures géophysiques en forage dans un tube PVC.
- Site de **Hossegor** (Landes) : monitoring d'une intrusion salée depuis 2 ans.
- Site de **Lodève** (glissement de terrain) : instrumentation multi-paramètres in-situ.
- Site de **Svelvik** (Norvège) : détection de fuites de CO₂.

Monitoring géophysique en forage à Campos (Majorque)



(d'après Hébert, 2011)



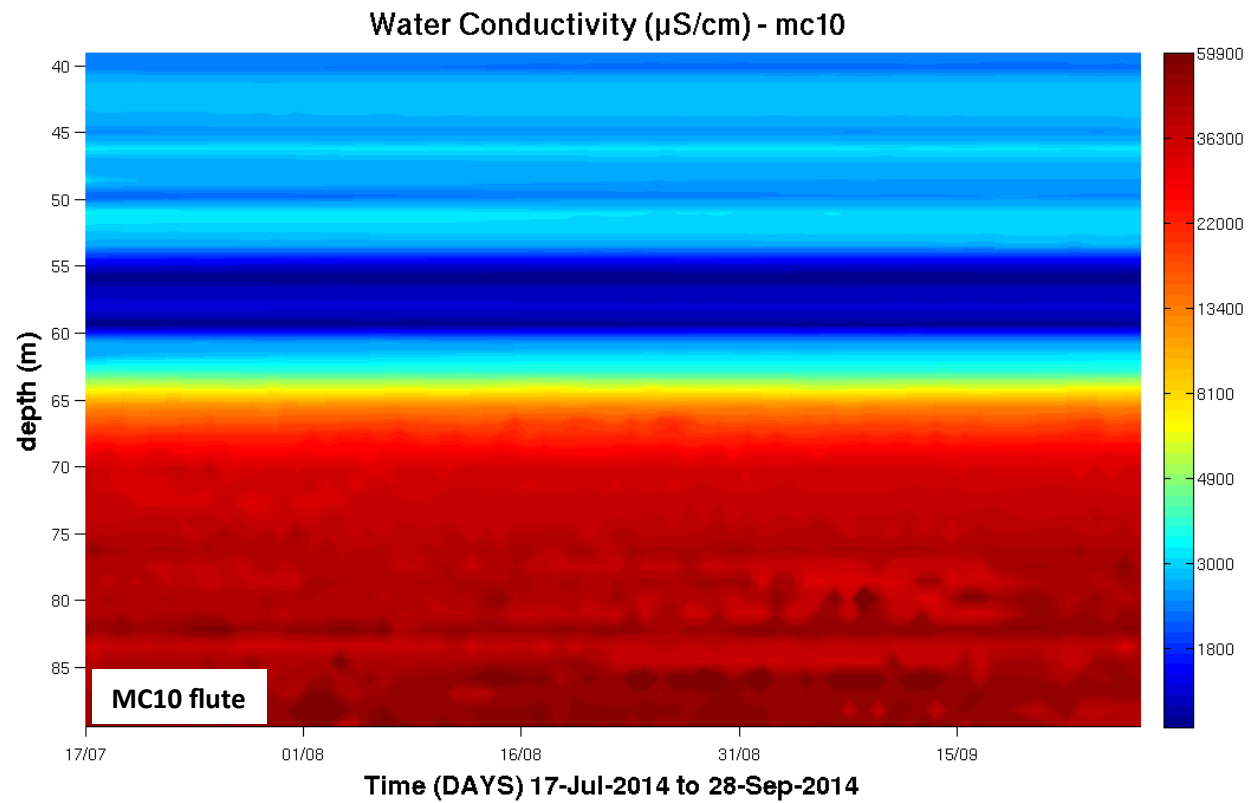
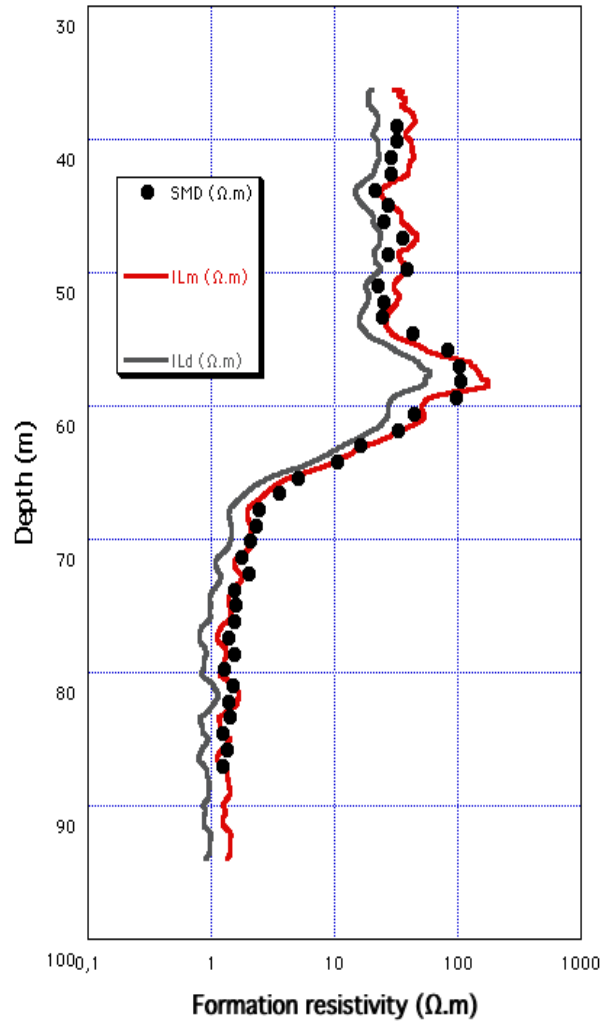
Installation du
proto CNRS (2005)



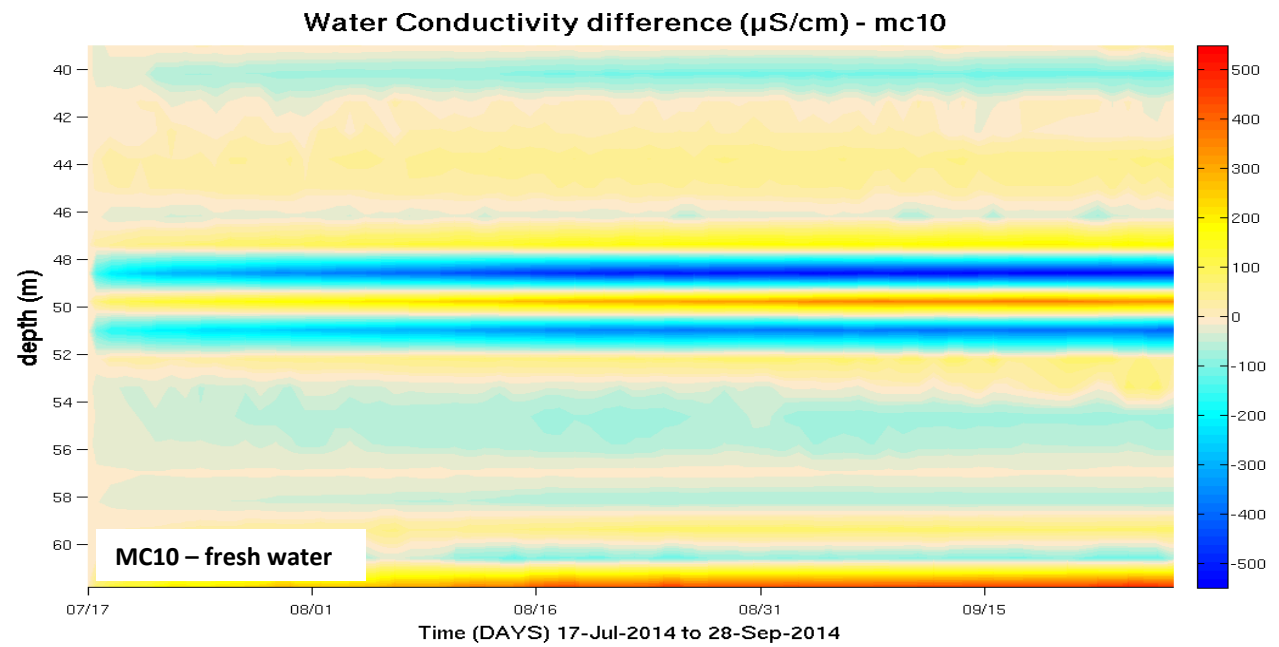
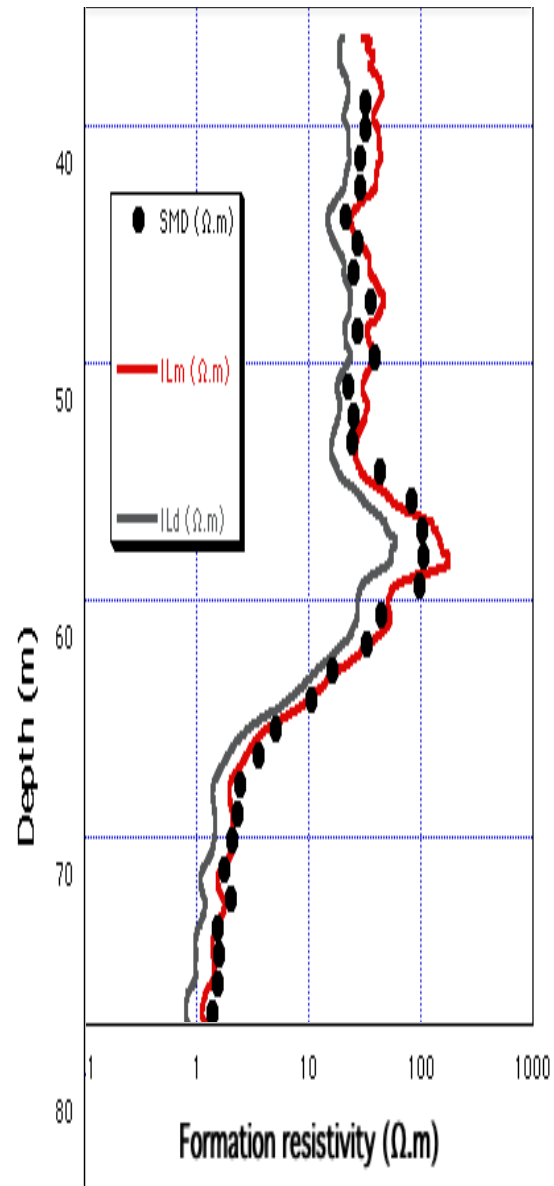
“SMD” (2011-)
imaGeau

- Système instable avant 2014 pour plusieurs raisons (foudre, masse, électronique, ...)

Monitoring géophysique en forage à Campos (Majorque)



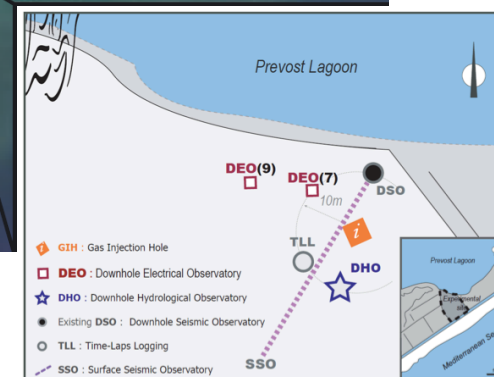
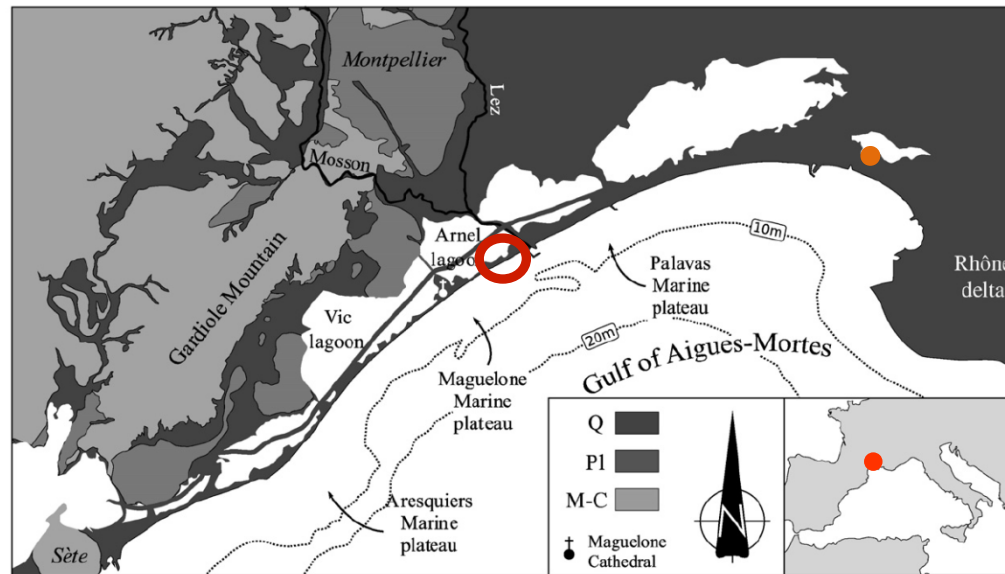
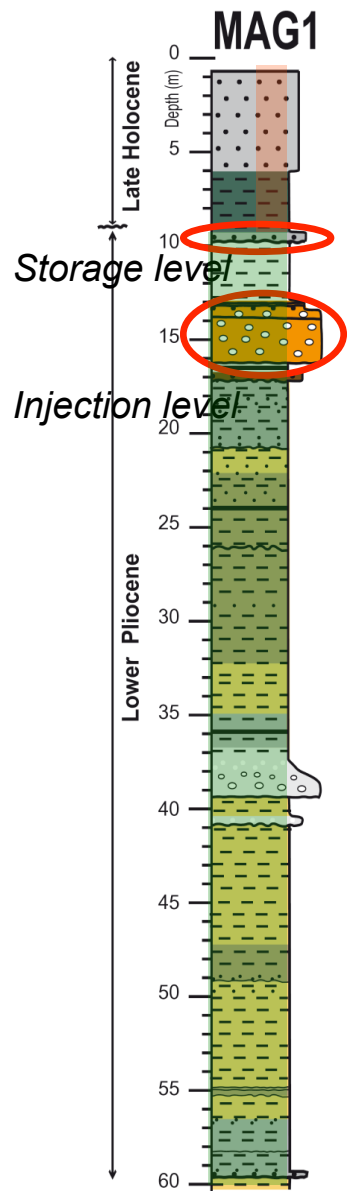
Monitoring at Campos (Mallorca)



Plan de la présentation

- Base logistique de **Lavalette** (Montpellier): marnes calcaires
- Site de **Majorque** (Baléares) : forage de carbonates karstiques et consolidés
 - mesures et images en forage,
 - monitoring hydrogéochimique (WestBay),
 - monitoring hydrogéophysique (SMD).
- Site de **Maguelone** (Montpellier) : contexte clastique, lagunaire et non consolidé
 - mesures géophysiques en forage dans un tube PVC.
- Site de **Hossegor** (Landes) : monitoring d'une intrusion salée depuis 2 ans.
- Site de **Lodève** (glissement de terrain) : instrumentation multi-paramètres in-situ.
- Site de **Svelvik** (Norvège) : détection de fuites de CO₂.

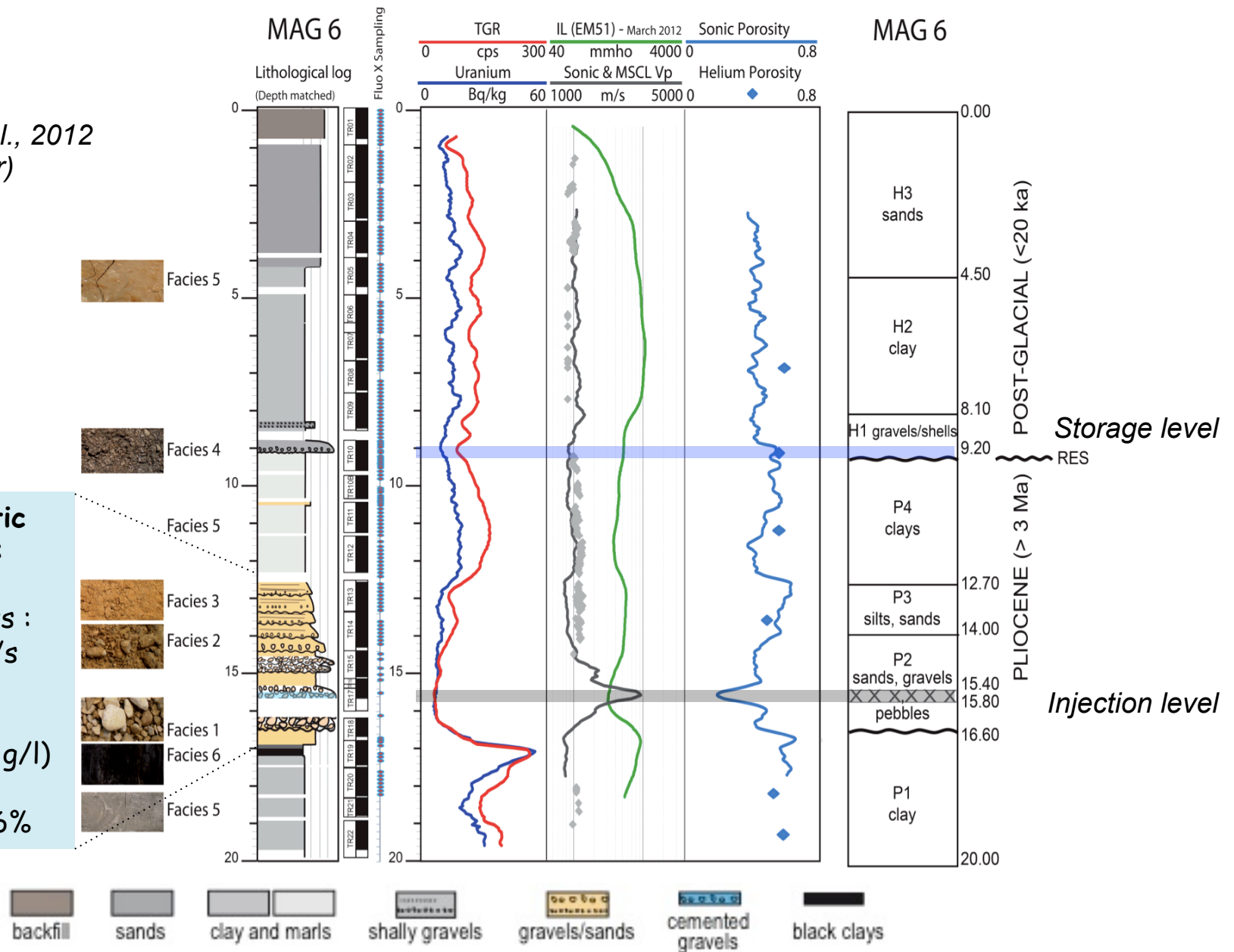
Développement de nouvelles méthodes de monitoring à Maguelone



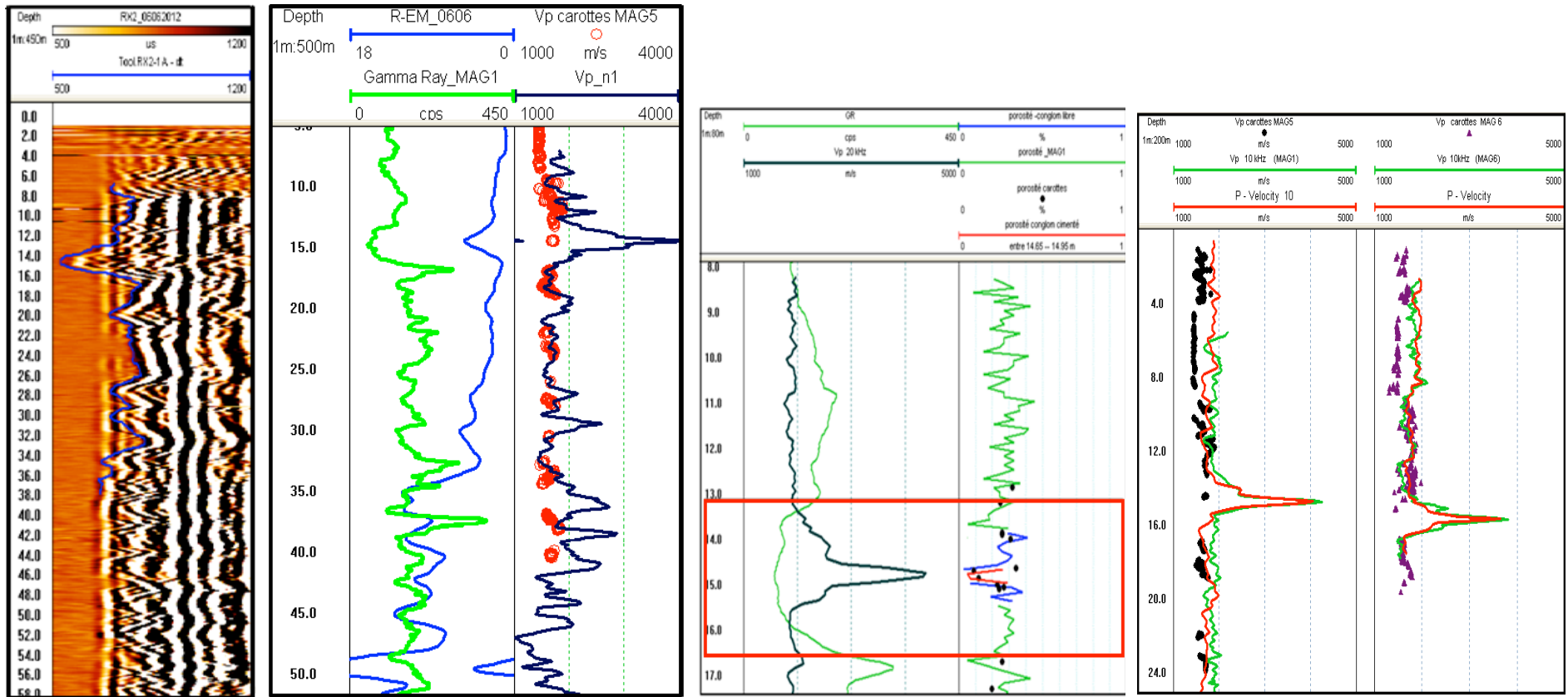
Structure géologique & pétrophysique du site de Maguelone

After Lofi et al., 2012
(Groundwater)

Conglomeratic reservoir :
 Pumping tests :
 $K = 4.10^{-3} \text{ m/s}$
 Salinity :
 (WestBay: 34 g/l)
 Porosity ~ 26%

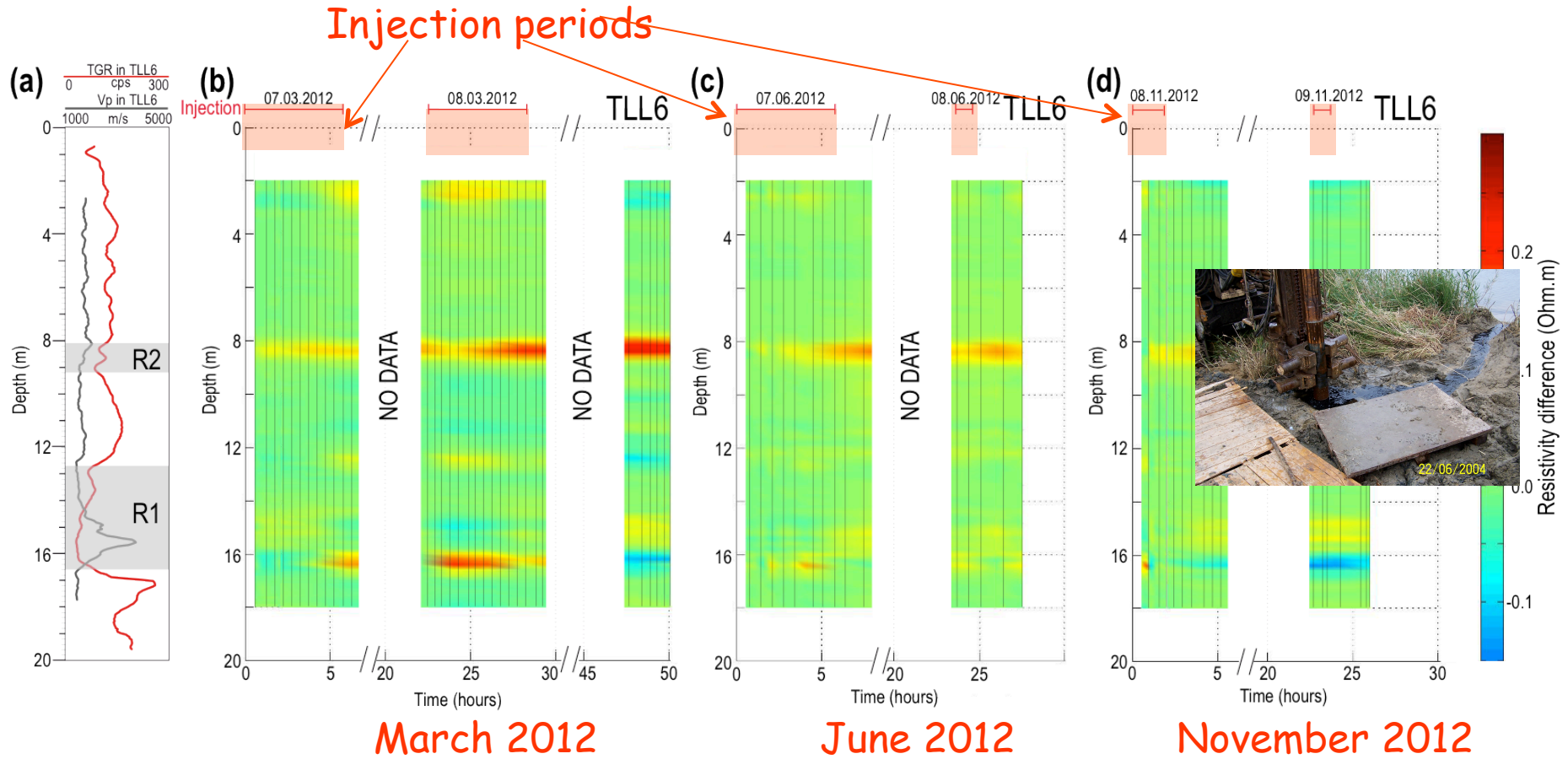


Diagraphies "soniques" à travers un tube PVC à Maguelone



Deriving acoustic velocities (V_p , V_s) and porosity from core and logs

Injection de gaz (N₂) à faible profondeur à Maguelone



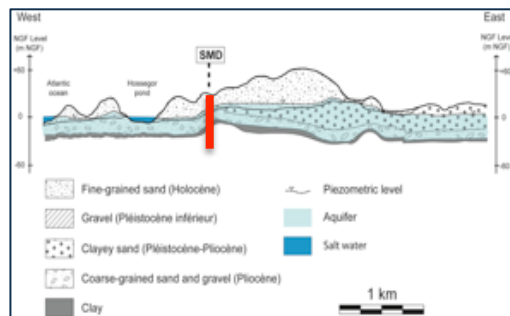
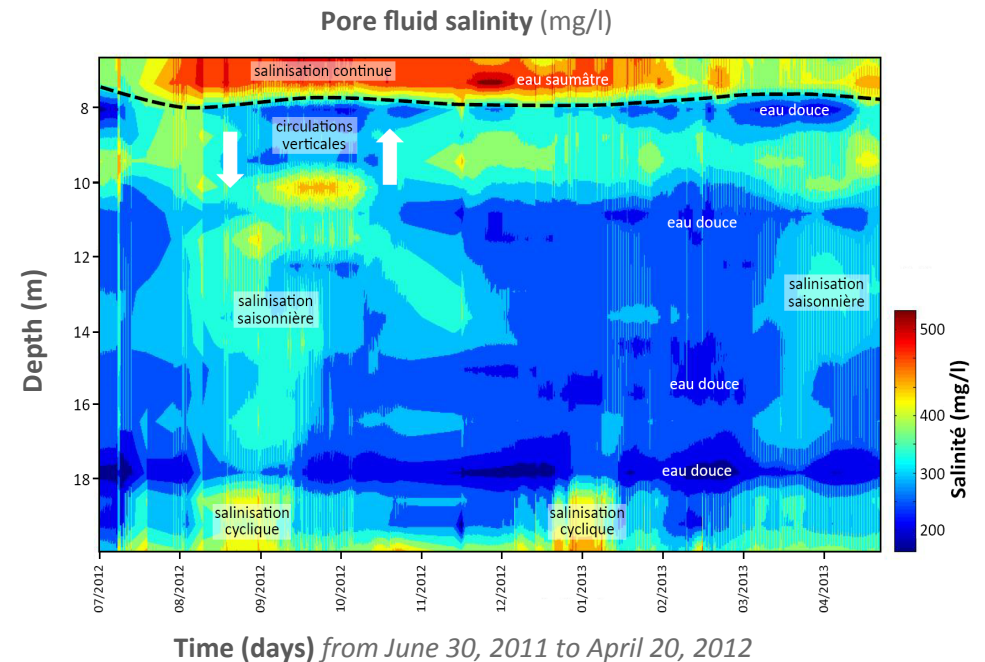
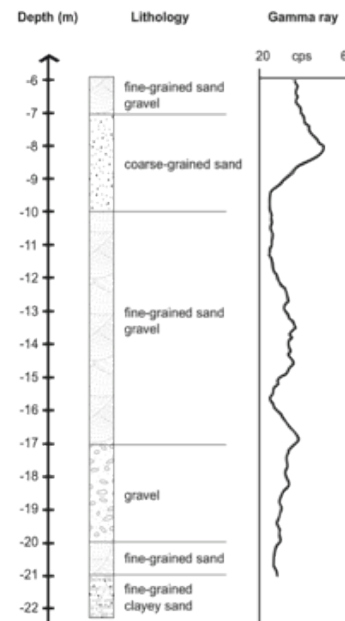
Downhole electrical monitoring from induction time-lapse logging (TLL)

Plan de la présentation

- Base logistique de **Lavalette** (Montpellier): marnes calcaires
- Site de **Majorque** (Baléares) : forage de carbonates karstiques et consolidés
 - mesures et images en forage,
 - monitoring hydrogéochimique (WestBay),
 - monitoring hydrogéophysique (SMD).
- Site de **Maguelone** (Montpellier) : contexte clastique, lagunaire et non consolidé
 - mesures géophysiques en forage dans un tube PVC.
- Site de **Hossegor** (Landes) : monitoring d'une intrusion salée depuis 2 ans.
- Site de **Lodève** (glissement de terrain) : instrumentation multi-paramètres in-situ.
- Site de **Svelvik** (Norvège) : détection de fuites de CO₂.

Monitoring d'une intrusion salée à Hossegor (Landes)

- Coastal aquifer resistivity monitoring close to a production well (Hossegor, SW France)



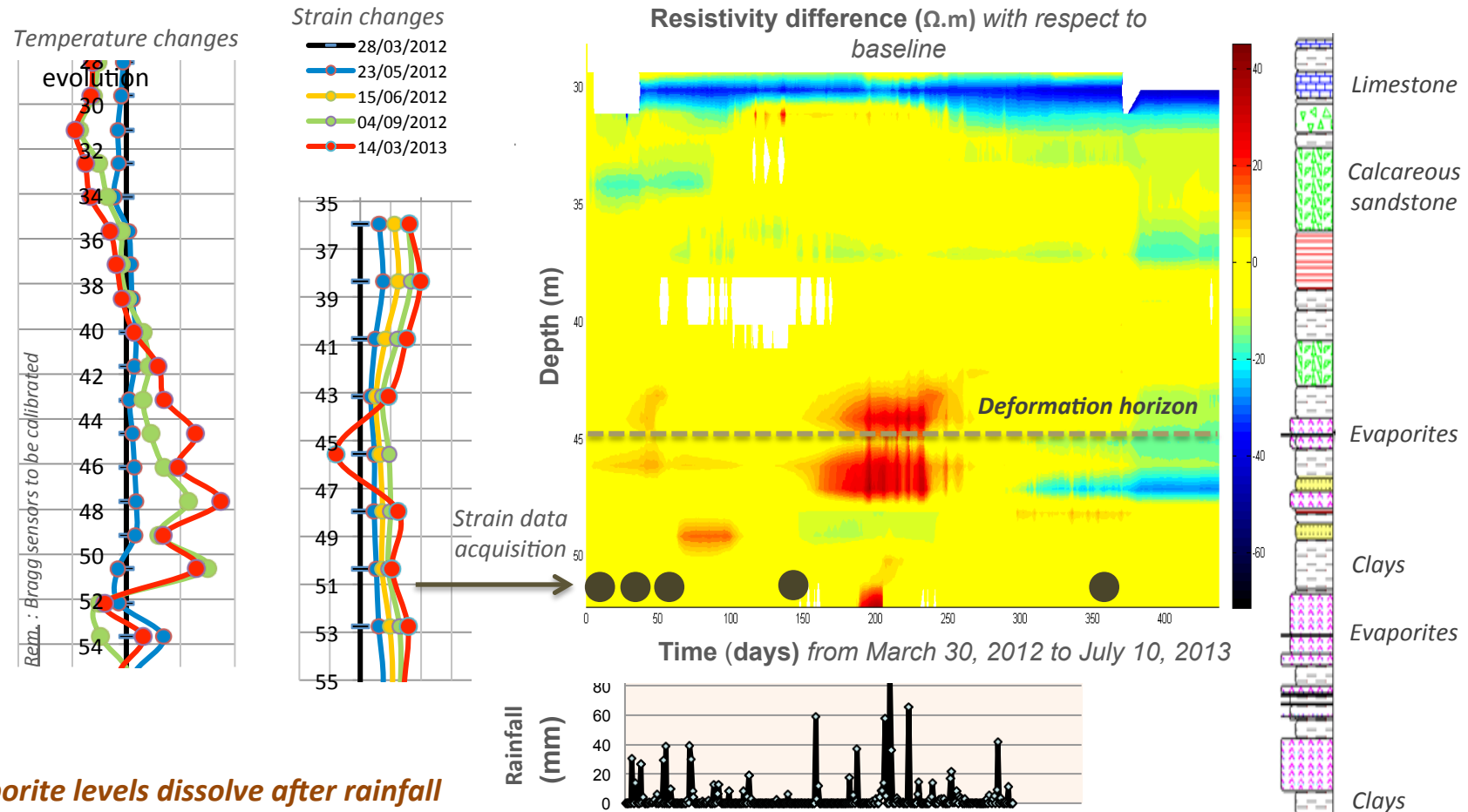
- ✓ *Brackish water intrusion above 8 m*
- ✓ *Slight temporal salinization at 9, 10 and 19 m depth*
- ✓ *Seasonal changes in water quality from 11 to 18 m*
- ✓ *Vertical stripes are related to nearby pumping*

Plan de la présentation

- Base logistique de **Lavalette** (Montpellier): marnes calcaires
- Site de **Majorque** (Baléares) : forage de carbonates karstiques et consolidés
 - mesures et images en forage,
 - monitoring hydrogéochimique (WestBay),
 - monitoring hydrogéophysique (SMD).
- Site de **Maguelone** (Montpellier) : contexte clastique, lagunaire et non consolidé
 - mesures géophysiques en forage dans un tube PVC.
- Site de **Hossegor** (Landes) : monitoring d'une intrusion salée depuis 2 ans.
- Site de **Lodève** (glissement de terrain) : instrumentation multi-paramètres in-situ.
- Site de **Svelvik** (Norvège) : détection de fuites de CO₂.

Monitoring d'un glissement de terrain (Lodève)

- Downhole dissolution and associated deformation monitoring (CNRS, Lodève, France)



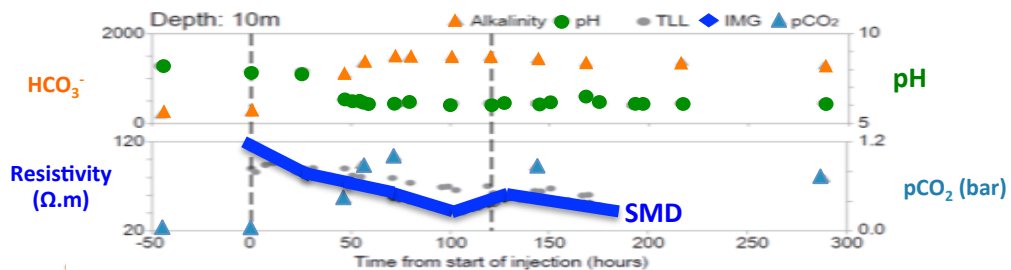
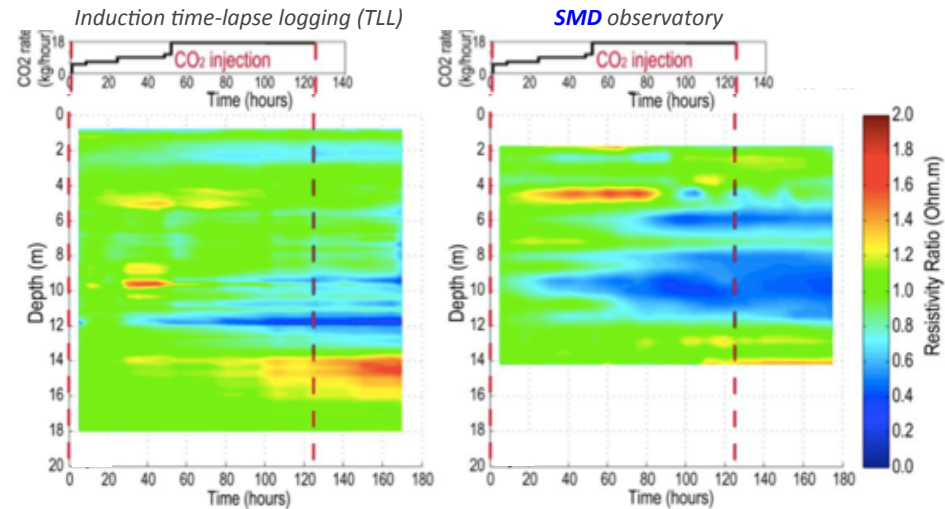
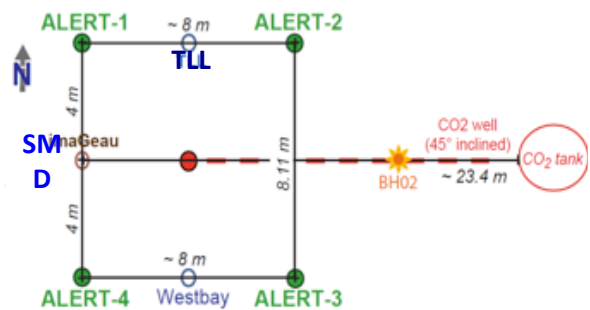
- ✓ *Evaporite levels dissolve after rainfall*
- ✓ *Pore fluid resistivity is modified along the dissolving evaporitic horizon in relation to deformation*
- ✓ *The SMD provides an effective proxy for in-situ landslide monitoring in a complex geological setting*

Plan de la présentation

- Base logistique de **Lavalette** (Montpellier): marnes calcaires
- Site de **Majorque** (Baléares) : forage de carbonates karstiques et consolidés
 - mesures et images en forage,
 - monitoring hydrogéochimique (WestBay),
 - monitoring hydrogéophysique (SMD).
- Site de **Maguelone** (Montpellier) : contexte clastique, lagunaire et non consolidé
 - mesures géophysiques en forage dans un tube PVC.
- Site de **Hossegor** (Landes) : monitoring d'une intrusion salée depuis 2 ans.
- Site de **Lodève** (glissement de terrain) : instrumentation multi-paramètres in-situ.
- Site de **Svelvik** (Norvège) : détection de fuites de CO₂.

Monitoring du stockage de gaz à Svelvik (Norvège)

- Shallow subsurface CO₂ injection and leak detection experiment (Svelvik, Norway)



✓ 7 days of monitoring during and after 5 days of CO₂ injection at 20 m depth

Merci de votre attention