



CARACTERISATION TRANSDISCIPLINAIRE D'UN AQUIFERE COTIER COMPLEXE, POUR UNE EXPLOITATION MAITRISEE ET DURABLE DE SA RESSOURCE EN EAU EN CONTEXTE MEDITERRANEEN

Le projet de recherche Dem'Eaux Roussillon



Matinée technique, 17 décembre 2019, Montpellier

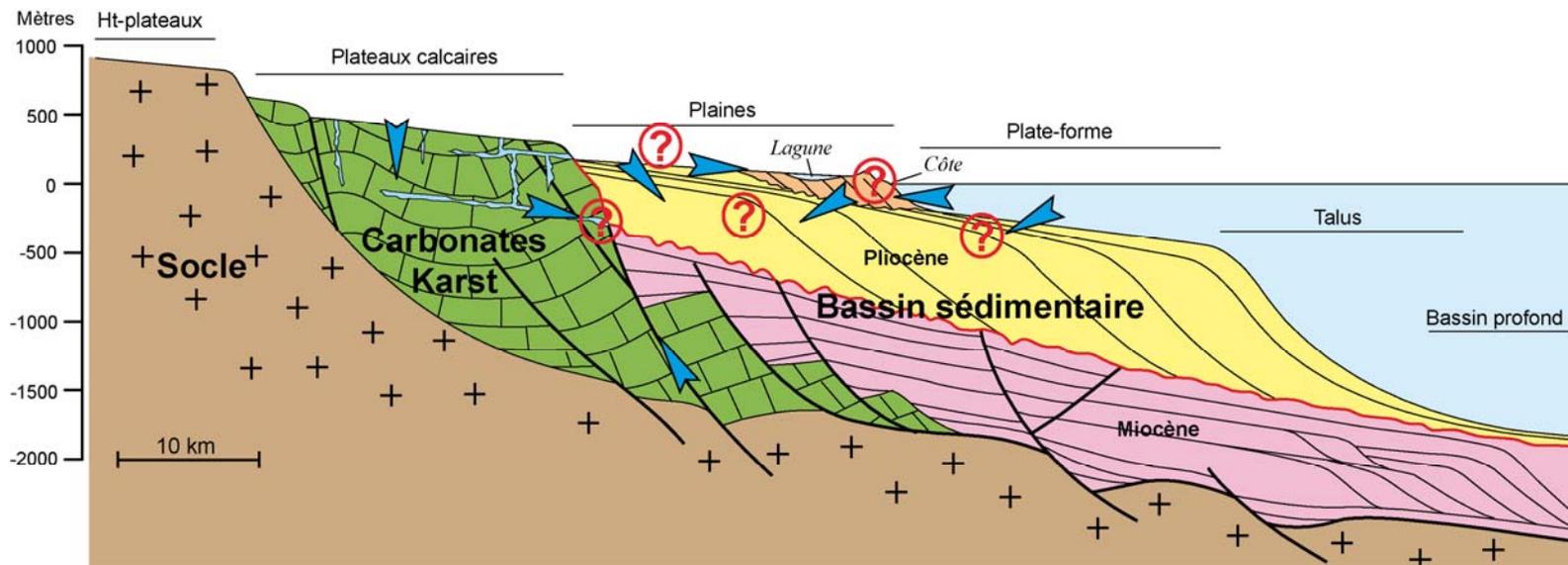


AD'Occ
Région Occitanie

Agence de Développement Économique

Problématique Scientifique

Des aquifères sédimentaires complexes, intensément exploités, en interaction avec le climat, les eaux de surface, la mer et les usages de l'eau



Comment décrire le comportement actuel et futur d'un aquifère multicouche soumis à des forçages multiples?



Dem'Eaux Roussillon

Partenariat

Etablissements de recherche



Coordination du projet
Géologie 3D
Littoral
Hydrogéologie



Géologie 3D
Monitoring Géophysique



Géologie 3D
Transport solide



Usages de l'eau
Prospective

Entreprises



Géologie 3D
Géophysique



Hydrologie
Usages de l'eau
Littoral



Littoral



Métérologie
Démonstrateur web

Gestionnaires



Gestion
Hydrogéologie
Communication

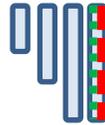


Monitoring
Hydrologie
Transport solide
Gestion

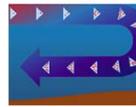


Un démonstrateur, des équipements

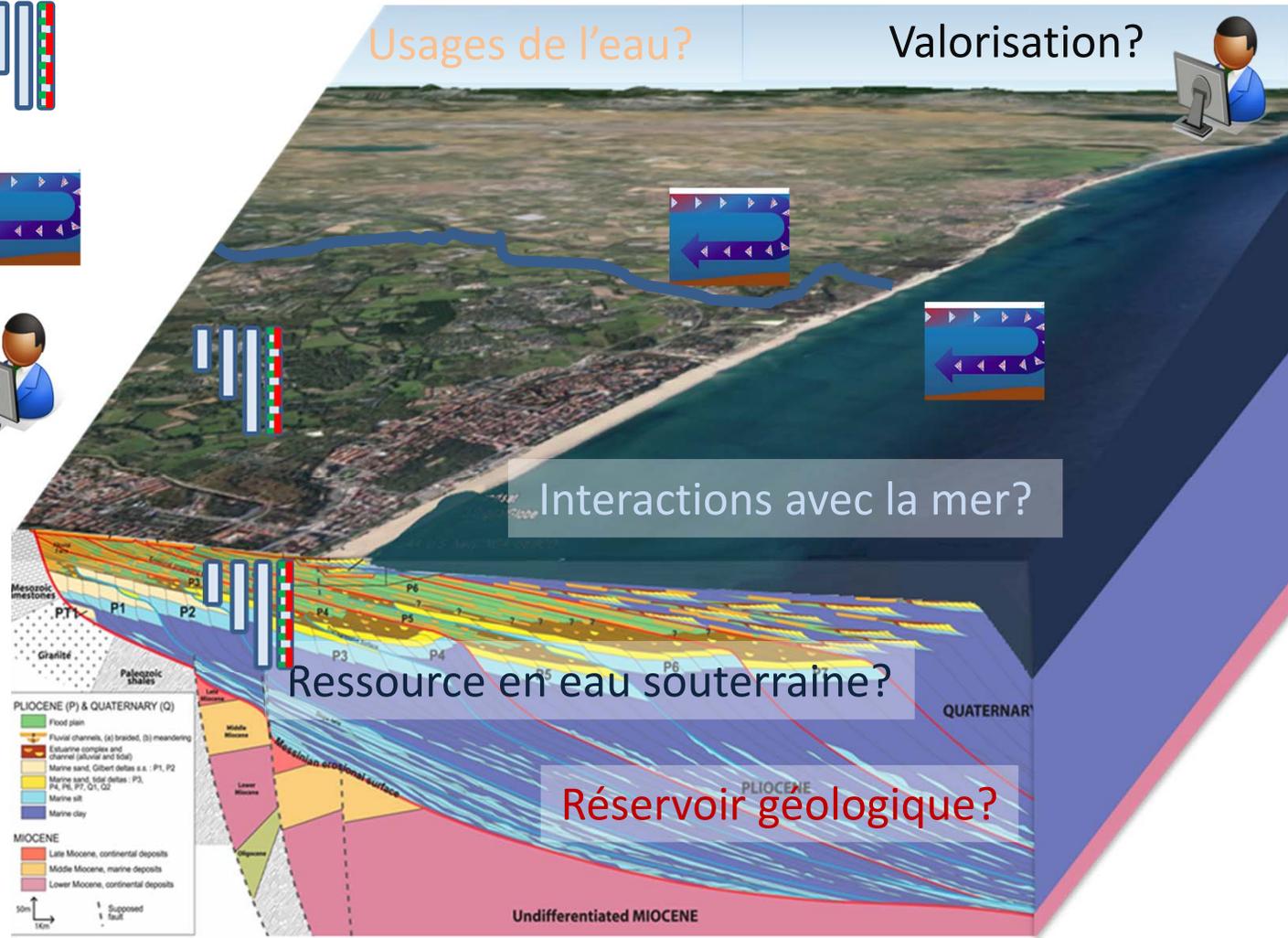
Observatoires hydro-géophysiques



Hydrodynamique sédimentaire

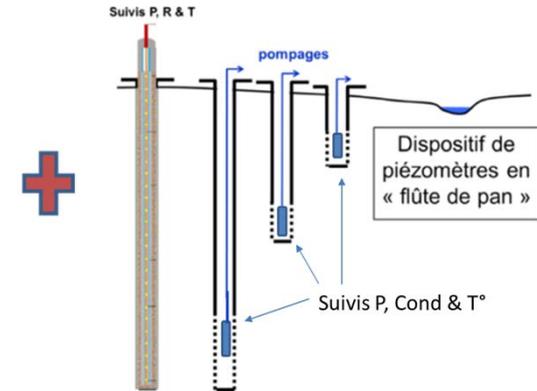


Équipements informatiques (mutualisés avec Dem'Eaux THAU)

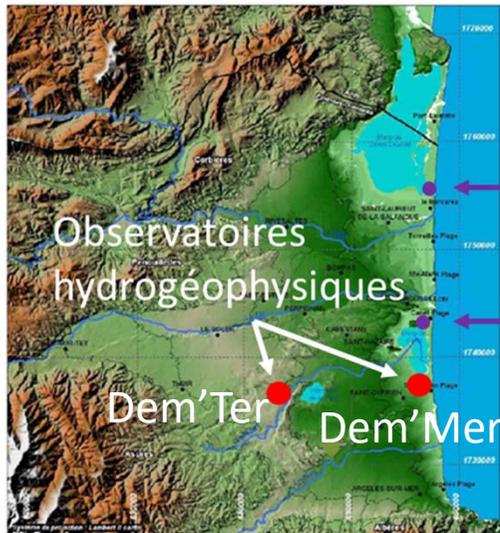


Equipements mis en œuvre

Observatoires hydro-géophysiques: 2 forages carottés + 8 en destructif



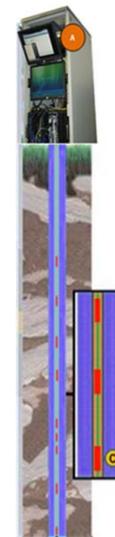
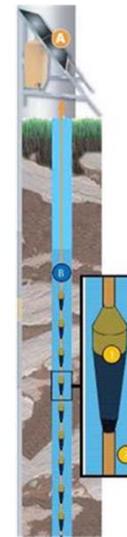
Suivi haute-résolution (temporelle et Z)



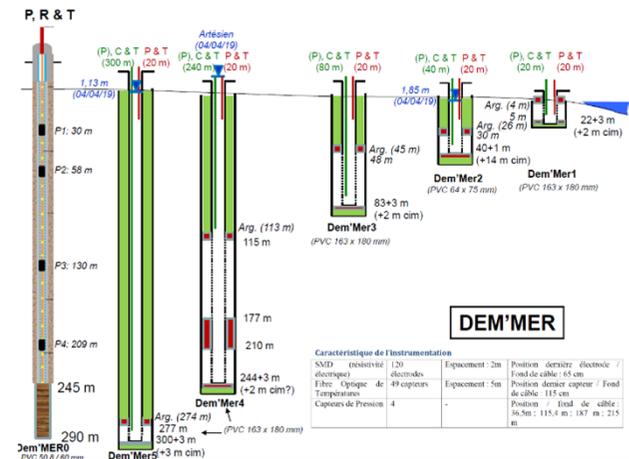
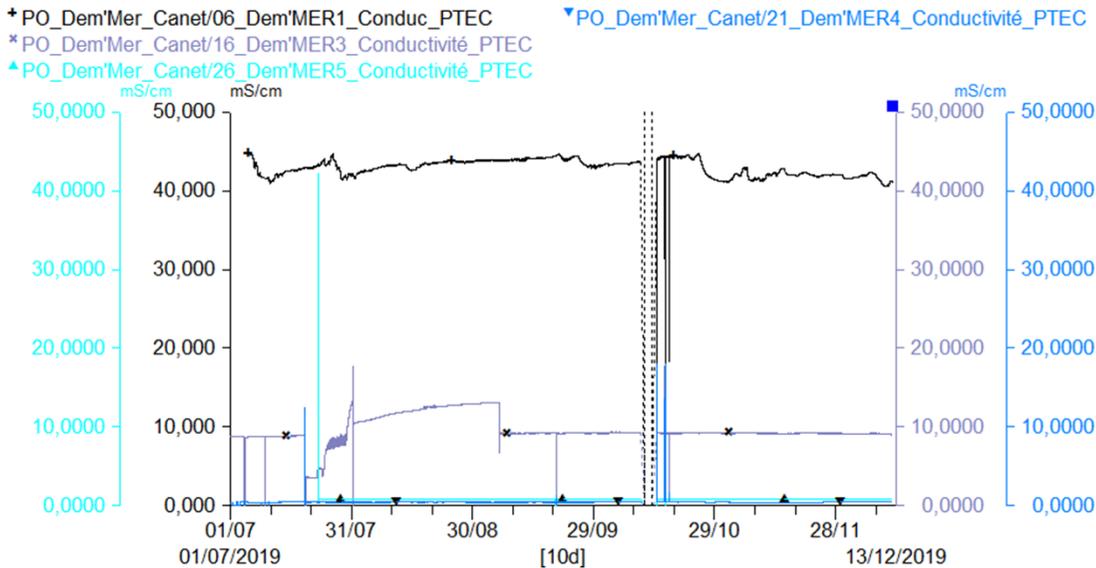
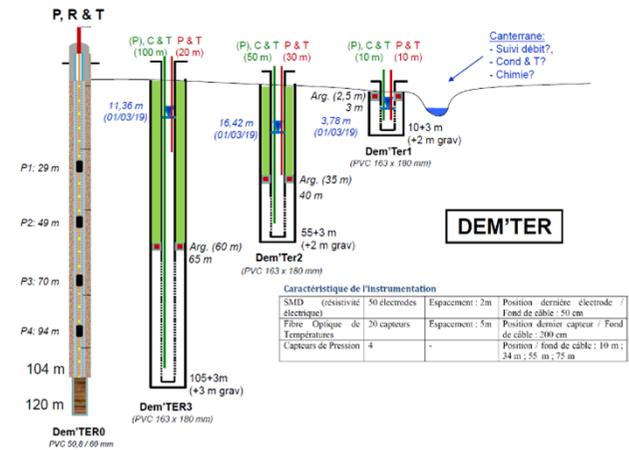
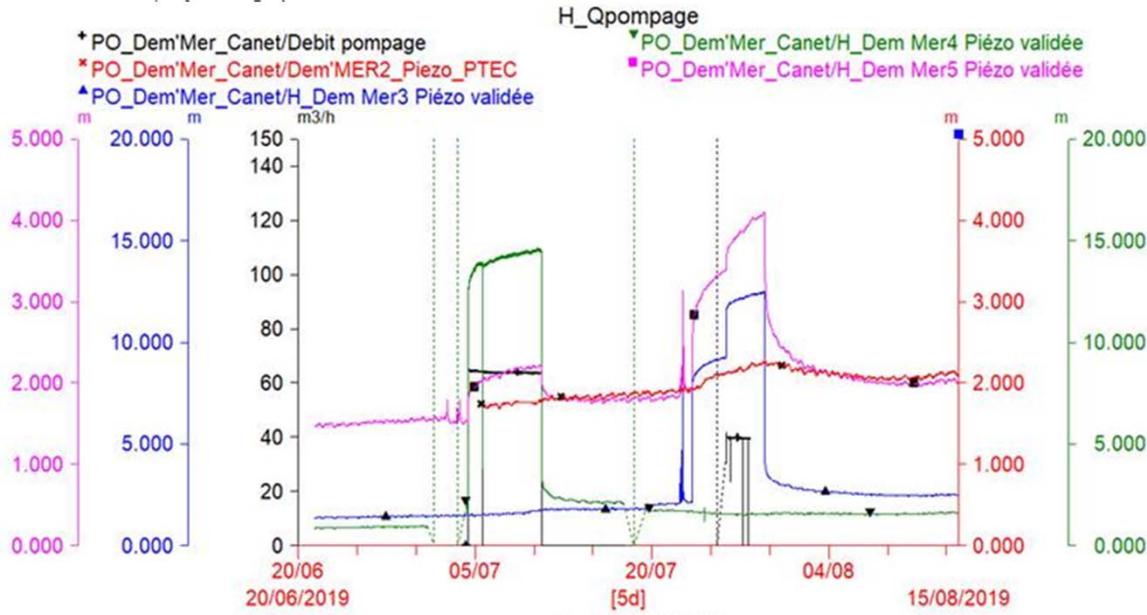
Pression et
résistivité

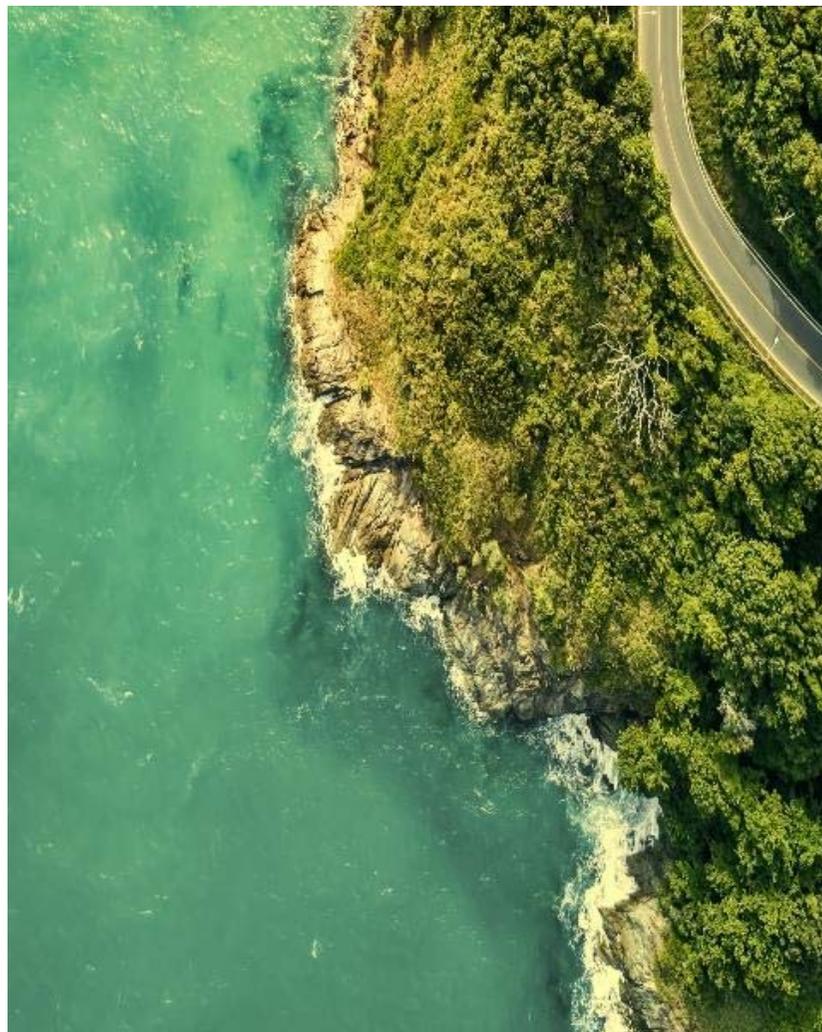


Température



Suivis hydrodynamiques

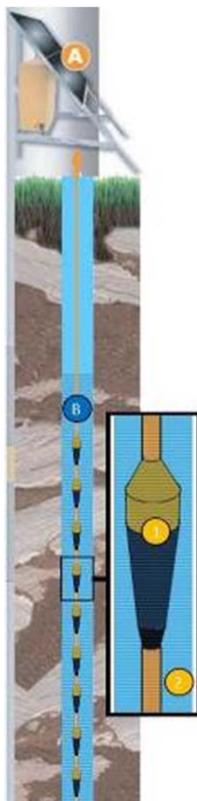




DEM'EAUX ROUSSILLON INSTRUMENTATION EN FORAGES

Marjorie Clergue
décembre 2019

SMD (Mesures de conductivités) - imaGeau



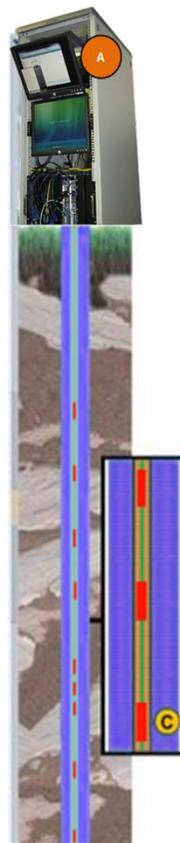
Boîtier d'acquisition

Fréquence d'acquisition minimale : horaire (Cond), minute (P, T)
Alimentation : 220 V ou panneau solaire ou batterie
Autonomie : 220 V = illimité, panneau solaire = illimité, batterie = 1 mois
Gamme de mesure : de 0.5 Ω.m à 5000 Ω.m

Flute électrique

Une flute électrique est un chapelet d'électrodes (1) en cupro-aluminium (pour résister à la corrosion) permettant de réaliser des mesures de résistivité. Une mesure nécessite 4 électrodes. Un à plusieurs capteurs de Pression et de Température sont intégrés au câble électrique installé dans le piézomètre.

- . Densité : conductivité = jusqu'à 57 points de mesure
P,T = à la demande
- . Profondeur : jusqu'à 200 m
- . Résolution verticale : de 30 cm à plusieurs mètres
- . Résolution radiale : 40% à 50 % de l'espacement entre 2 électrodes
- . Diamètre de l'électrode : 30 mm
- . Espacement inter-électrode : de 15 cm à 2 m



Fibre Optique - Kloé

Boîtier d'acquisition

Fréquence d'acquisition minimale : pas minimum de 10 secondes
Alimentation : 220 V
Gamme de mesure : de -180°C à +150°C en standard

Flute optique

Une flûte optique est un chapelet de réseaux de type Bragg (K-FBGs, (C)), composants optiques intégrés inscrits au cœur d'une fibre optique et possédant chacun leur propre signature optique, leur « longueur d'onde de référence ».

Cette longueur d'onde de référence varie de manière proportionnelle aux variations de températures de l'environnement. Un à plusieurs dizaines de ces capteurs de températures peuvent être déployés le long d'un même câble de détection

- . Densité : jusqu'à 80 points de mesure pour des écarts de températures importants
- . Profondeur : selon technique de déploiement
 - jusqu'à 120 m par soufflage
 - plusieurs kilomètres en pré-câblé usine
- . Résolution température : jusqu'à 0.001°C
- . Diamètre maximum d'un câble optique de détection : 15-20 mm
- . Espacement inter-capteurs : de 3 cm à plusieurs mètres

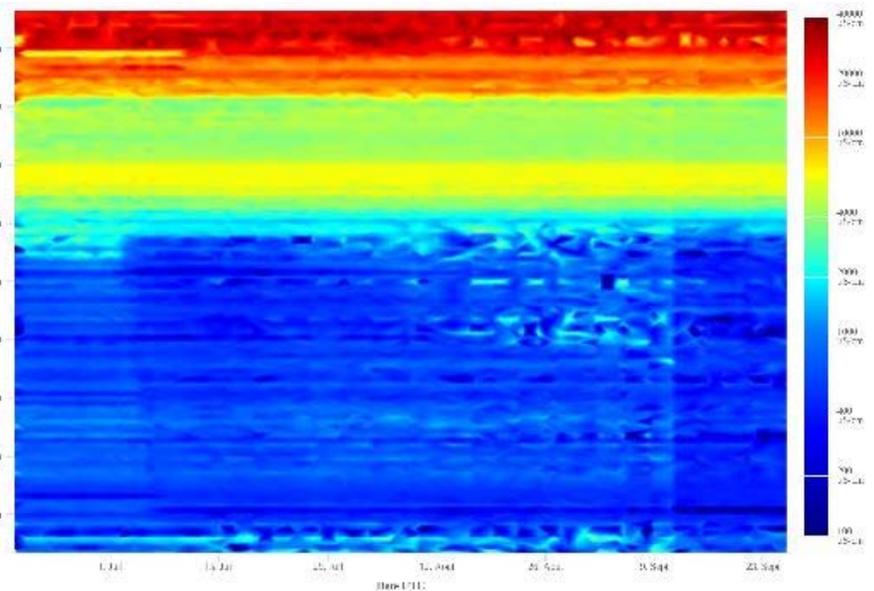
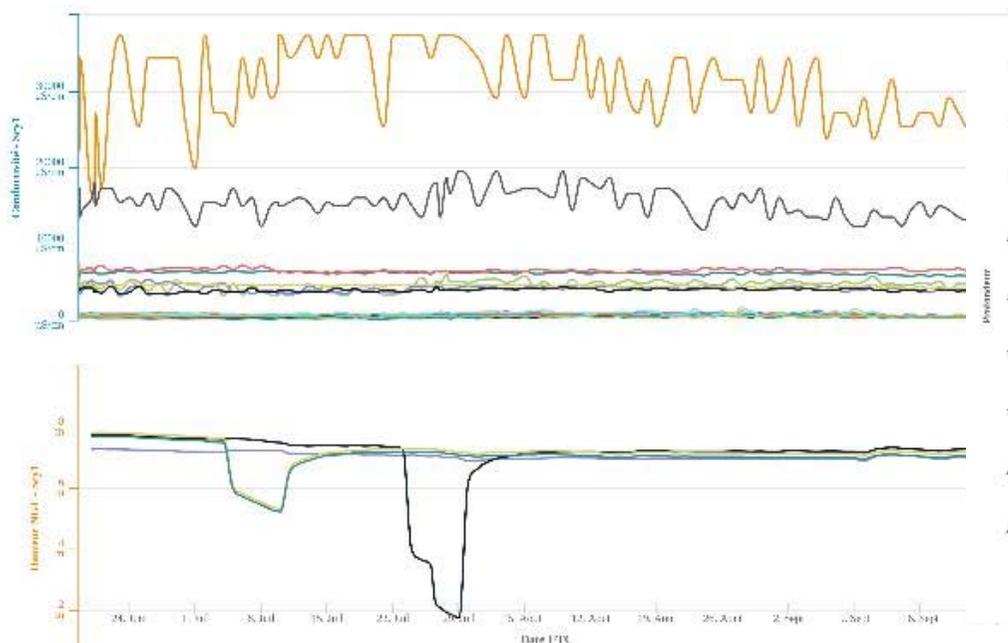
Observatoire Mer (Saint Cyprien)

Type de capteurs/sonde	Nb points de mesure	Espacement entre capteurs	Profondeur équipement
SMD (résistivité électrique)	117	2m	5 m – 242 m
Fibre Optique de Températures	49	5m	3 m – 243 m
Capteurs de Pression	4	-	Position : 30,05m; 58,05 m; 129,65 m; 208,55 m

Observatoire Terre (Pollestres)

Type de capteurs/sonde	Nb points de mesure	Espacement entre capteurs	Profondeur équipement
SMD (résistivité électrique)	47	2m	5 m – 103 m
Fibre Optique de Températures	20	5m	7 m – 103 m
Capteurs de Pression	4	-	Position : 29 m; 49 m; 70 m; 94 m

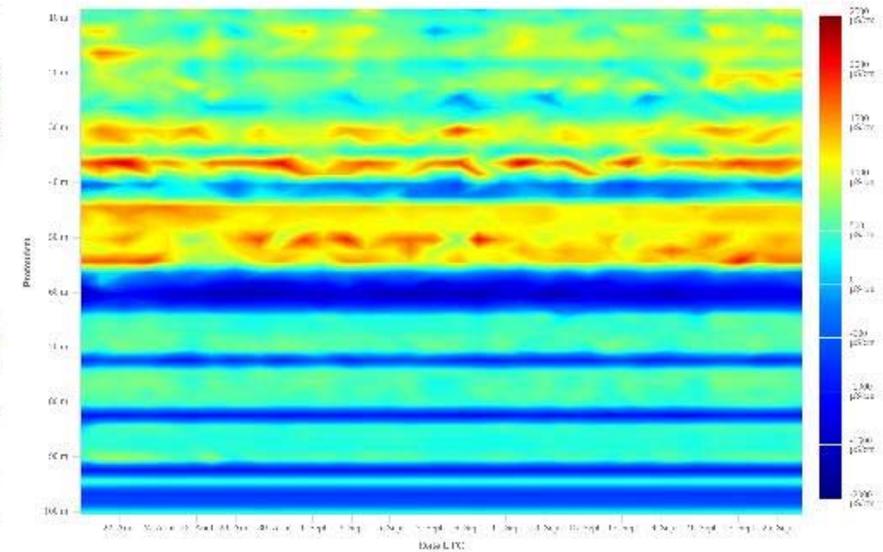
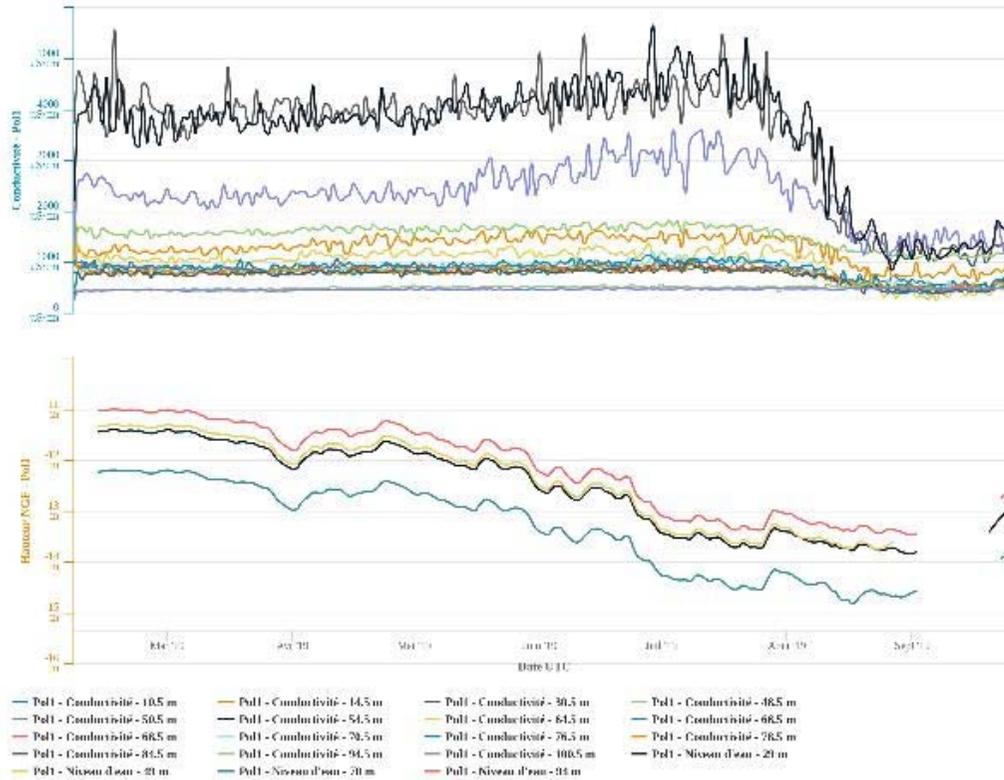




Scy1 - Conductivité - 13.35 m	Scy1 - Conductivité - 19.35 m	Scy1 - Conductivité - 37.35 m	Scy1 - Conductivité - 51.35 m
Scy1 - Conductivité - 53.35 m	Scy1 - Conductivité - 63.35 m	Scy1 - Conductivité - 71.35 m	Scy1 - Conductivité - 75.35 m
Scy1 - Conductivité - 81.35 m	Scy1 - Conductivité - 117.35 m	Scy1 - Conductivité - 121.35 m	Scy1 - Conductivité - 123.35 m
Scy1 - Conductivité - 135.35 m	Scy1 - Conductivité - 153.35 m	Scy1 - Conductivité - 161.35 m	Scy1 - Conductivité - 175.35 m
Scy1 - Conductivité - 177.35 m	Scy1 - Conductivité - 193.35 m	Scy1 - Conductivité - 199.35 m	Scy1 - Conductivité - 201.35 m
Scy1 - Conductivité - 213.35 m	Scy1 - Conductivité - 213.35 m	Scy1 - Conductivité - 217.35 m	Scy1 - Conductivité - 225.35 m
Scy1 - Niveau d'eau - 30.85 m	Scy1 - Niveau d'eau - 58.16 m	Scy1 - Niveau d'eau - 129.85 m	Scy1 - Niveau d'eau - 208.55 m

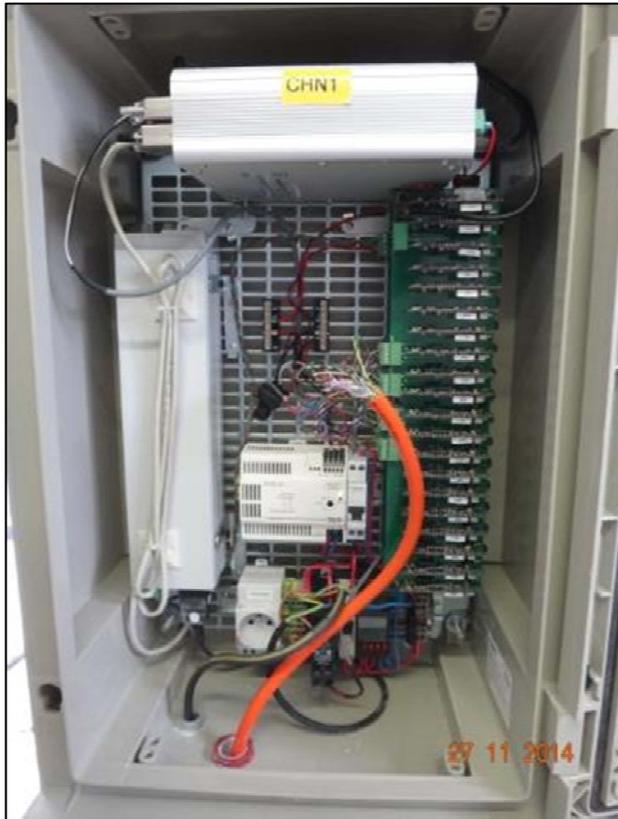
Visualisation de l'évolution de la conductivité électrique de l'eau (en couleur) versus temps et profondeur sur juillet septembre 2019 – SMD Scy1

Chroniques des mesures de conductivité de l'eau à certaines profondeurs depuis février 2019 (acquisition au pas de 6 heures) et de pression (acquisition au pas de 2 minutes) sur le SMD Scy 1



Visualisation de l'évolution de la conductivité électrique de l'eau (en couleur) versus temps et profondeurs sur août septembre 2019 – SMD Pol1

Chroniques des mesures de conductivité de l'eau à certaines profondeurs depuis février 2019 (acquisition au pas de 6 heures) et de pression (acquisition au pas de 2 minutes) sur le SMD Pol1



- **Fréquence d'acquisition** minimale : 15 min (Cond), minute (P, T)
- **Acquisitions automatiques, autonomes, paramétrables à distance** : pas de déplacements nécessaire sur site post installation
- **Alimentation** : 220 V ou panneau solaire ou batterie
 - **Autonomie** :
 - 220 V = illimitée,
 - panneau solaire = illimitée
 - batterie = 1 mois
- **Gamme de mesure** : de 0.5 Ω .m à 5000 Ω .m
- **Maintenance limitée** (Electronique tropicalisée), se faisant la plus part du temps à distance
- **Envoi des données automatique** toutes les heures via réseau 3G
- Logiciel pour se connecter en direct inclus
- Données accessibles en ligne à tout moment sur une application Web sécurisée (EMI)

MONITORING DE TEMPERATURES PAR FIBRE OPTIQUE

INFORMATIONS GENERALES

- Société : KLOE SA (St Mathieu de Tréviérs)
- Produits proposés sur Dem'eaux et Dem'Terre :
 - **SYSTÈMES DE MONITORING DE TEMPERATURES PAR FIBRE OPTIQUE**
 - **TECHNOLOGIE EMPLOYEE : RESEAUX DE BRAGG**
 - **RESOLUTION THERMIQUE MAXIMALE : jusqu'à 0.01°C**
 - **RESOLUTION SPATIALE MAXIMALE : < 50cm**
- Composition de base de ces solutions de monitoring :
 - **INTERROGATEUR OPTOELECTRONIQUE (laser)**
 - **CABLE OPTIQUE DE DETECTION**
 - **LOGICIEL DE TRAITEMENT ET DE STOCKAGE DES DONNEES**
 - **REPRESENTATION GRAPHIQUE TEMPS REEL**



KLOE SA
2-4 RUE DES ARBOUSIERS
34270 ST MATHIEU DE TREVIER
FRANCE

Telephone : +33 (0)467 821 910

Fax : +33 (0)467 731 485

Email : kloe@kloe-france.com

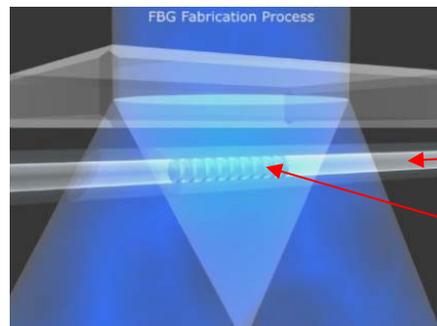
The KLOE logo, featuring the word 'KLOE' in a stylized font with a red dot over the 'O'.

MONITORING DE TEMPERATURES PAR FIBRE OPTIQUE

TECHNOLOGIE « FIBRE A RESEAUX DE BRAGG »

- Une fibre à réseau de Bragg est une fibre composée de microstructures de quelques millimètres (sorte de marquage), appelés réseaux de Bragg, inscrits dans le coeur de la fibre optique.

L'inscription de ces réseaux se fait en illuminant transversalement la fibre à l'aide d'un rayon laser UV et ce marquage produit un modèle d'interférence dans le noyau, induisant un changement permanent des caractéristiques physiques de la matrice de silice (fig.1).



FIBRE OPTIQUE
RESEAU DE BRAGG

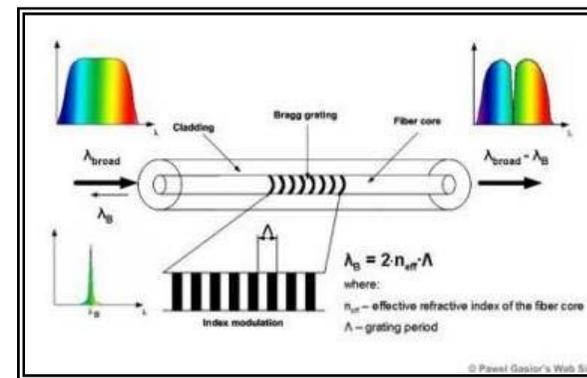
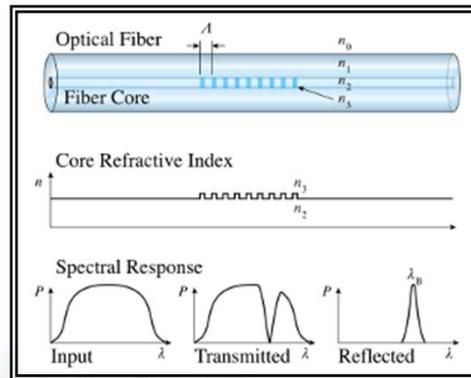
Ce changement consiste en une **modulation périodique de l'indice de réfraction du noyau qui crée une structure résonnante.**

- Ce composant se comporte alors optiquement comme un **filtre spectral**

MONITORING DE TEMPERATURES PAR FIBRE OPTIQUE

TECHNOLOGIE « FIBRE A RESEAUX DE BRAGG »

- En adaptant les conditions d'inscription, on peut inscrire différents réseaux de Bragg filtrant chacun une partie différente (« longueur d'onde de Bragg») du spectre optique total injecté dans celle-ci:

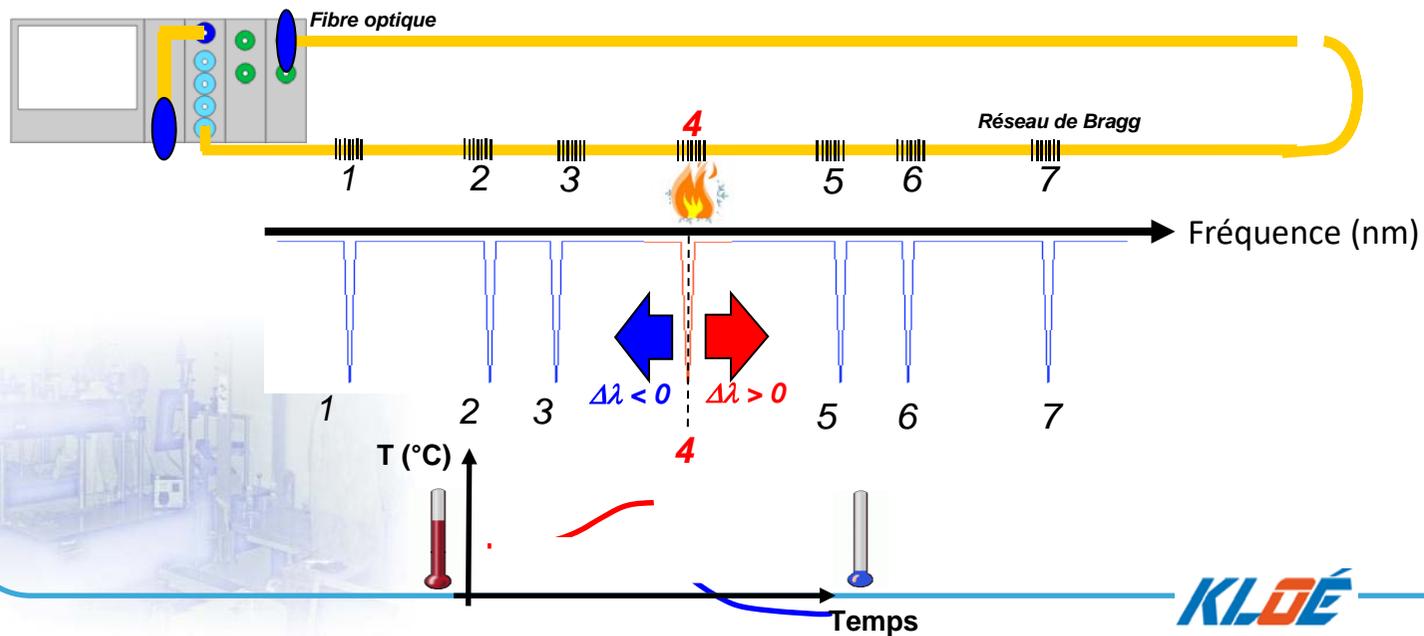


→ Cette longueur d'onde « de Bragg » est donc une signature propre à chaque capteur de Bragg, ce qui permet d'en inscrire plusieurs sur une même fibre, tous en les différenciant les uns des autres.

MONITORING DE TEMPERATURES PAR FIBRE OPTIQUE

TECHNOLOGIE « FIBRE A RESEAUX DE BRAGG »

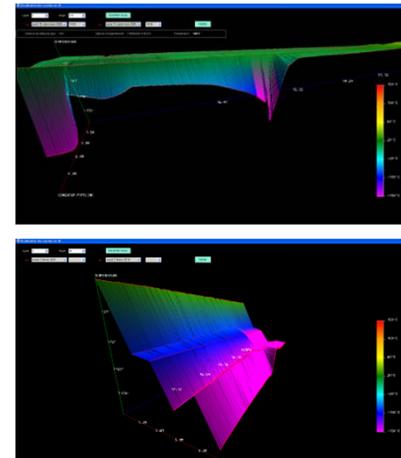
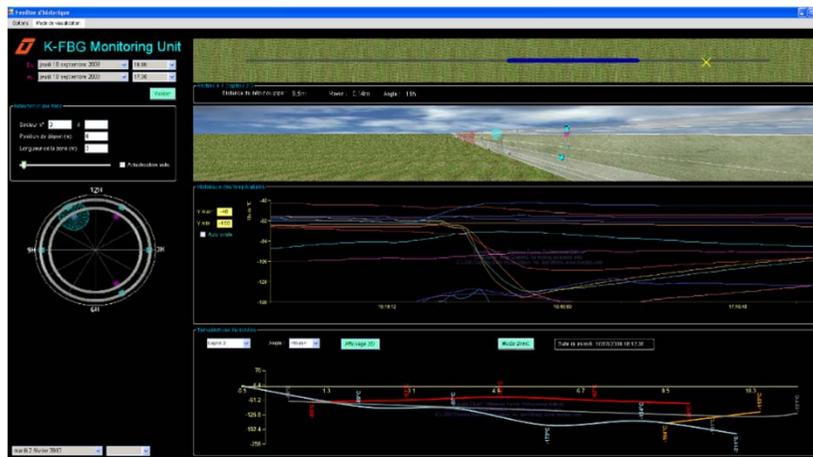
- Cette longueur d'onde de Bragg est très sensible à la température, de manière proportionnelle
- Ce phénomène permet de mesurer des variations de températures, avec une très haute résolution, par corrélation avec les décalages en fréquence observés en temps réel pour chaque capteur :



MONITORING DE TEMPERATURES PAR FIBRE OPTIQUE

DONNEES & REPRESENTATIONS GRAPHIQUES

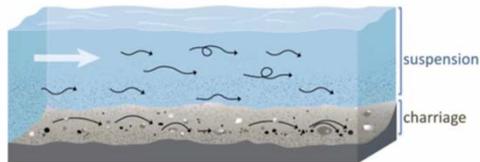
- Les relevés de températures observés, pour chaque capteur, le long des câbles optiques déployés dans les puits sont affichés en quasi temps réel sur l'interface
 - forage site de St Cyprien : ~250m de profondeur
 - forage site de Pollestres : ~115m de profondeur



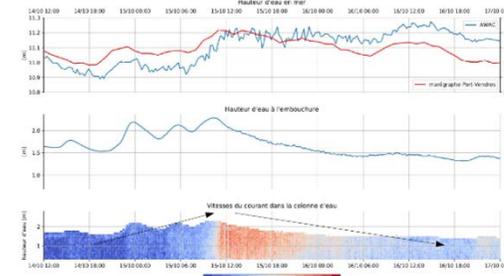
Hydrodynamique sédimentaire (Têt)

Types de transport

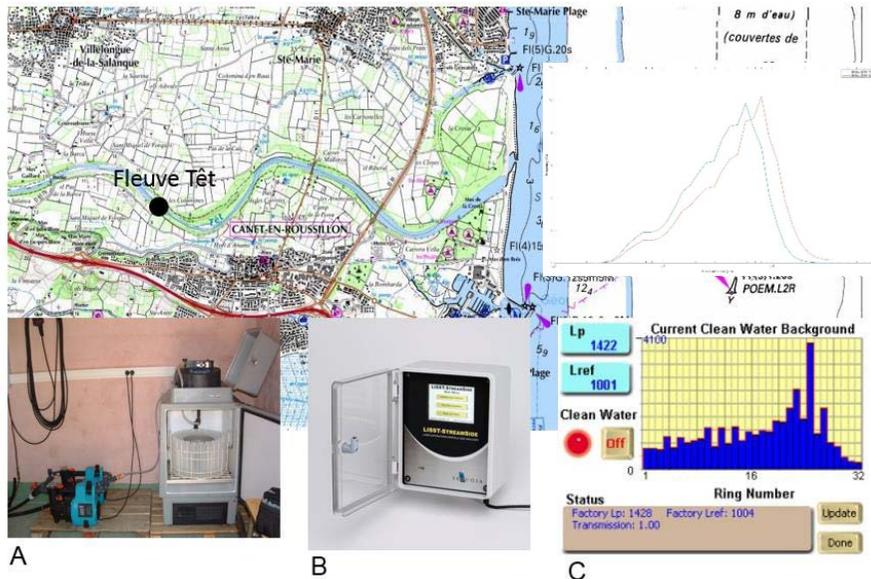
Suspension: limon, argiles, sable très fin ($d < 0.02$ mm)
 Charriage: sable, graviers, galets



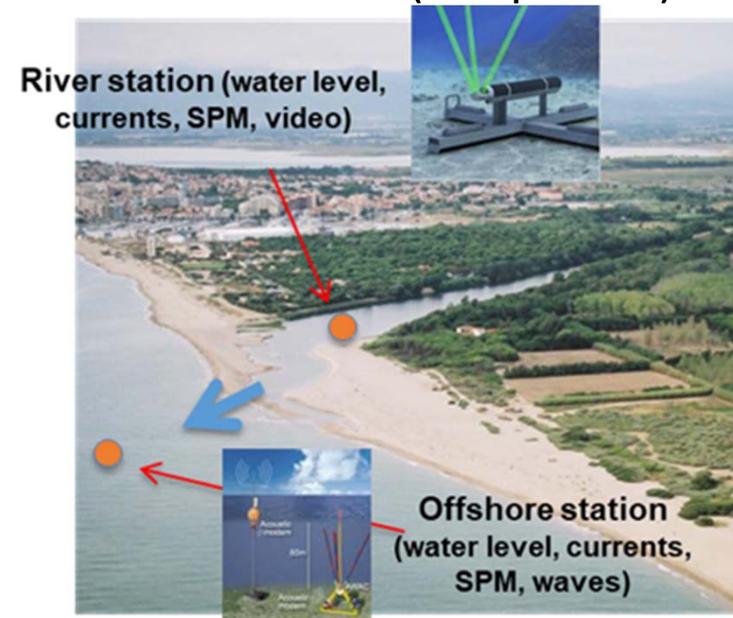
Apports sableux Têt:
 Distinction fines/sables



Dynamique d'embouchure:
 Observation (temps-réel)



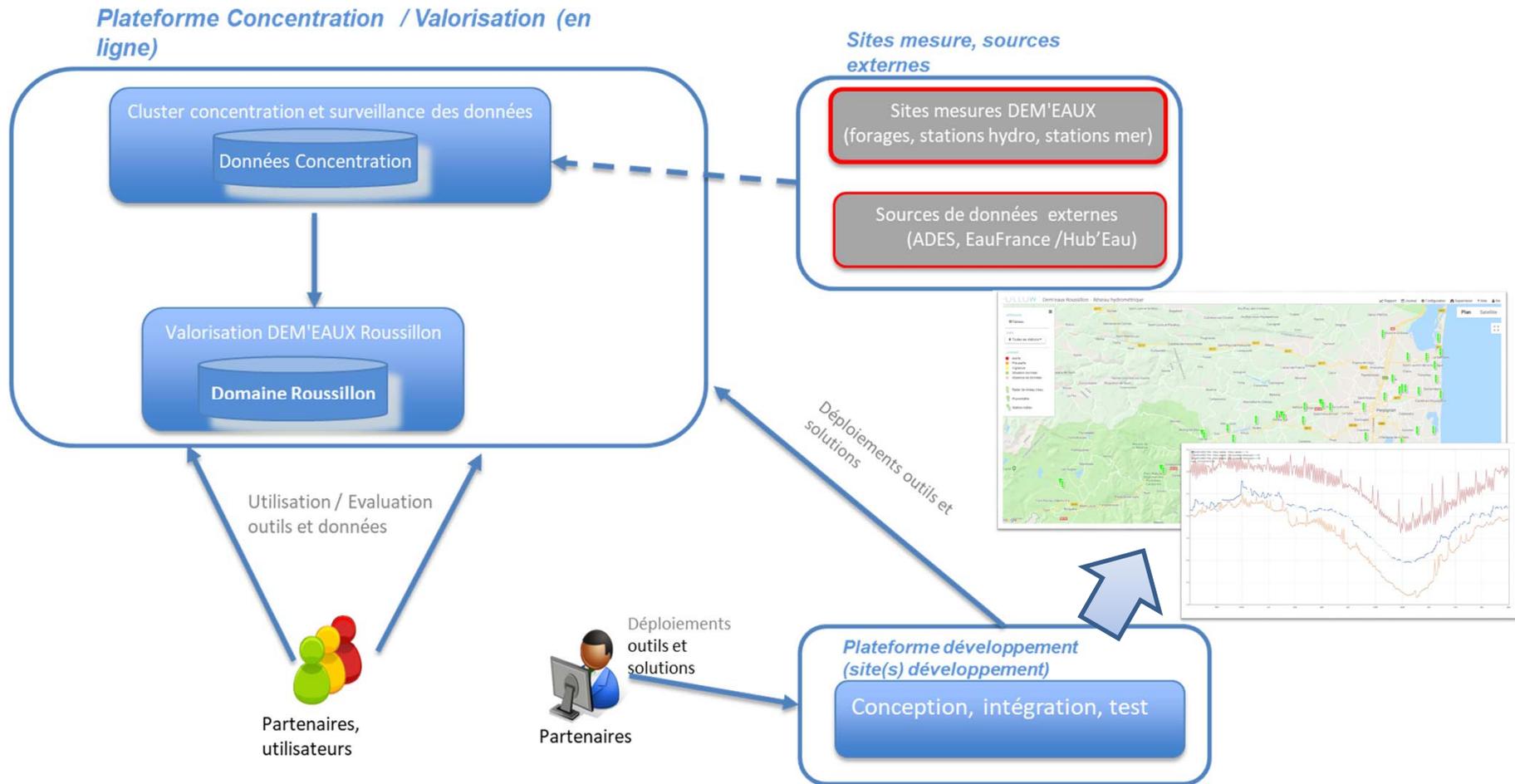
Granulomètre laser



Courantomètre (10') & Houlographe (30') (Nortek),
 MES (OBS), à l'embouchure et à 10 m de prof.

Plateforme démonstrateur

Concentration, bancarisation et valorisation des données



Chronologie des travaux

Tâches	2016	2017					2018				2019				2020			
	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	
T1 - Coordination (Resp. Brgm)																		
Suivi du projet, organisation réunions, communication interne et externe	RL	RP	CP	RP	CP	RP	CP	RP	CP	RP	CP	RP	P1	RP				
T2 - Caractérisation géologique (Resp: GEOTER)																		
Acquisition données		P2									P3	P4	P5					
Modélisation géologique													P6			V7		
T3 - Caractérisation Usages (Resp: BRLi)																		
Caractérisation usages agricoles											P9	P10	P11					
Consommation eau potable											P12	P13	P14					
Optimisation prélèvements								P15										
Intégration à la planification territoriale													P8	P16		V17		
T4 - Interactions Littoral (Resp: GM)																		
Transport solide/érosion																P18		
Submersion marine														P19	P20	V21		
T5 - Caractérisation hydrogéologique (Resp: BRGM)																		
Acquisition données												P22						
Ecoulements, recharge et paramètres hydrodynamiques																		
Faciès géochimiques et intrusions salines														P23				
Modélisation hydrodynamique															P24	V25		
T6 - Valorisation et démonstrateur (Resp: SYNAPSE)																		
Concentration et bancarisation														P26				
Valorisation														P27		V28		

Legende		
Px	Productions proposées	
Vx	Valorisations proposées	
Px	Productions abandonnées	
Px	Productions réalisées	
RL	Réunion de lancement	
CP	Réunion Comité Pilotage	
RP	Réunion de projet	
RC	Réunion de clôture	

Merci!

Prochain comité de suivi:
Mars 2020

Des questions?

11.12.2018

