

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

DEM'Eaux-Thau



Matinée technique, 17 décembre 2019, Montpellier

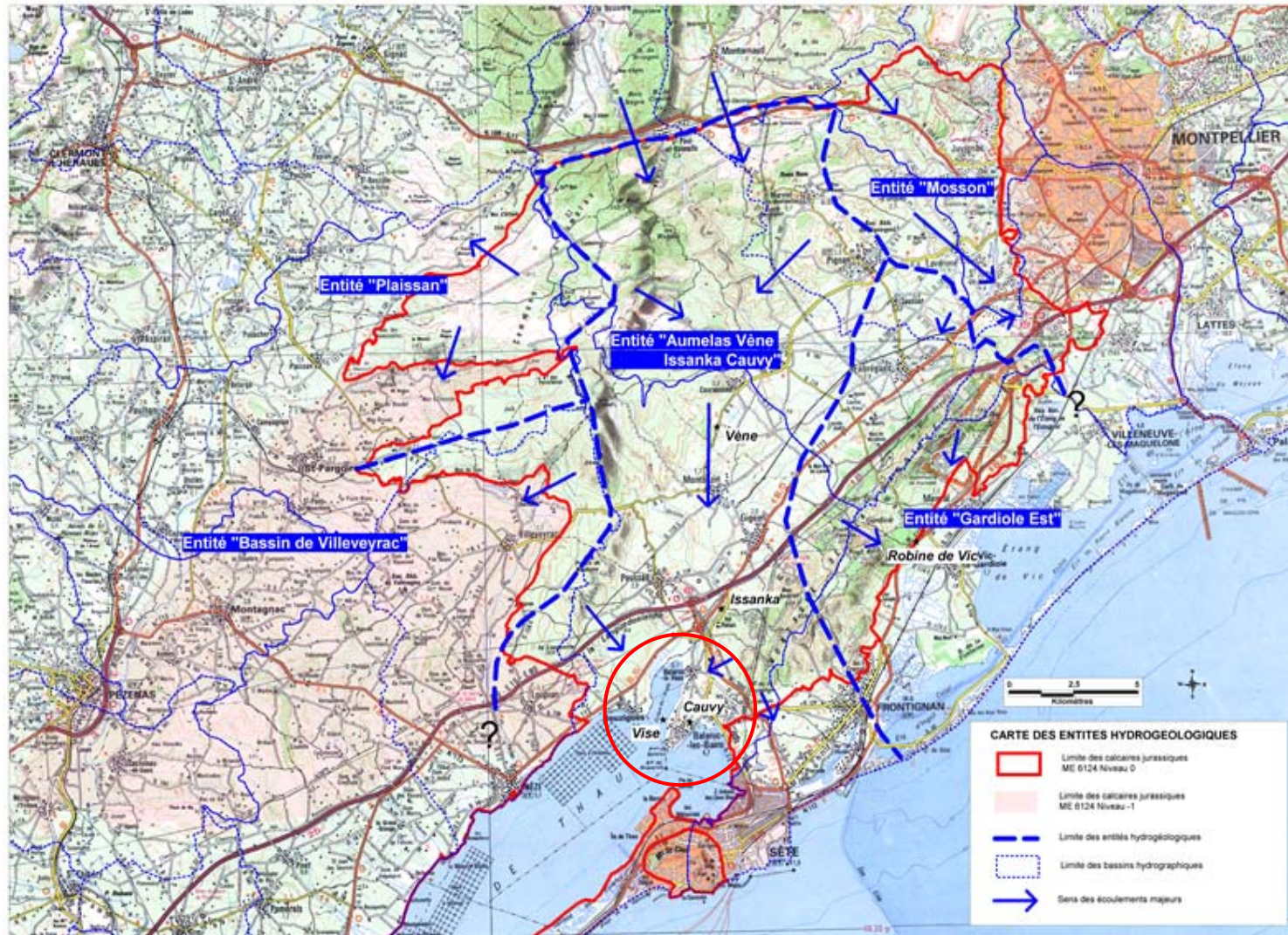


AD'Occ
Région Occitanie

Agence de Développement Économique



Zone d'étude



**Q
U
E
S
T
I
O
N
S**

*Comment satisfaire les
demandes en Eau face à la
croissance de population sur
le littoral ?*

*Comment assurer
l'alimentation de l'étang par
la source de la Vise ?
Prévenir et gérer un
inversac ?*

*Comment s'assurer (quantité
et qualité) d'une ressource
thermale conforme ?*



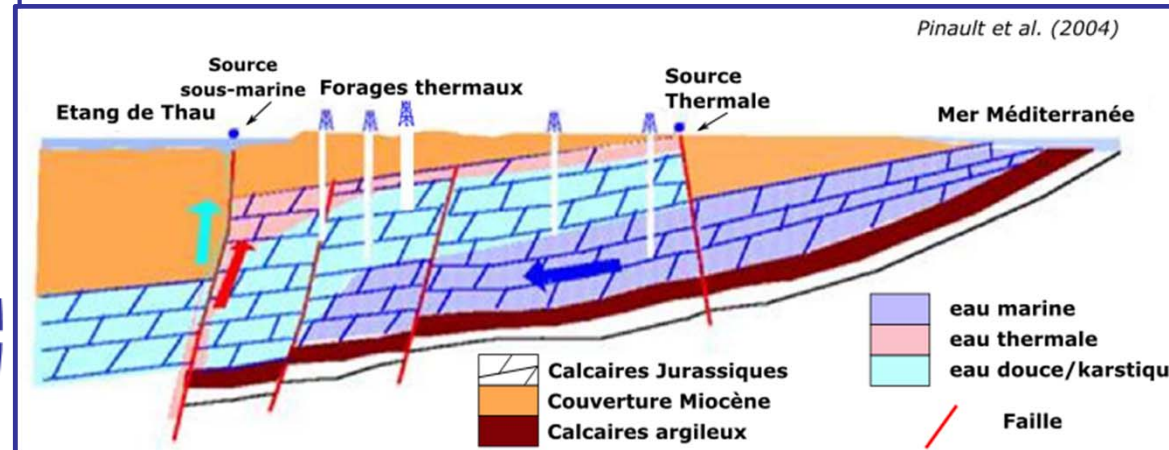
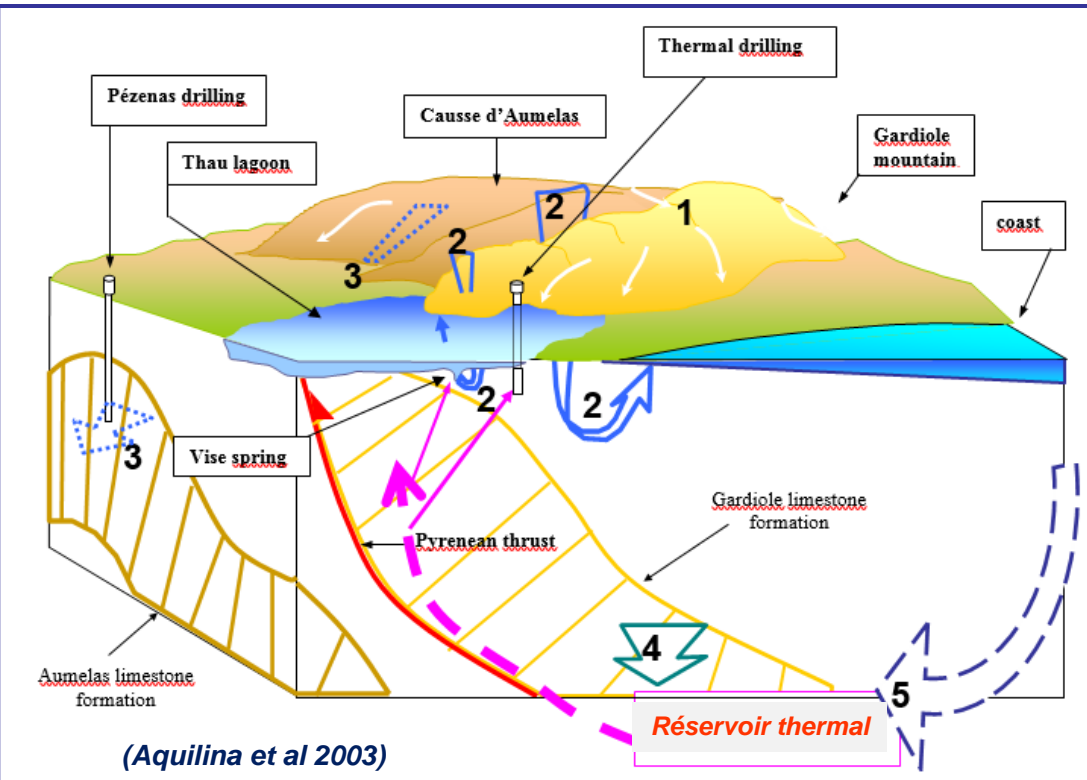
**Gestion concertée
des eaux
souterraines**

*Outil de gestion de
la ressource*



*Scenarii de gestion
(prélèvements), de
conditions
climatiques*

Schéma conceptuel - organisation des écoulements

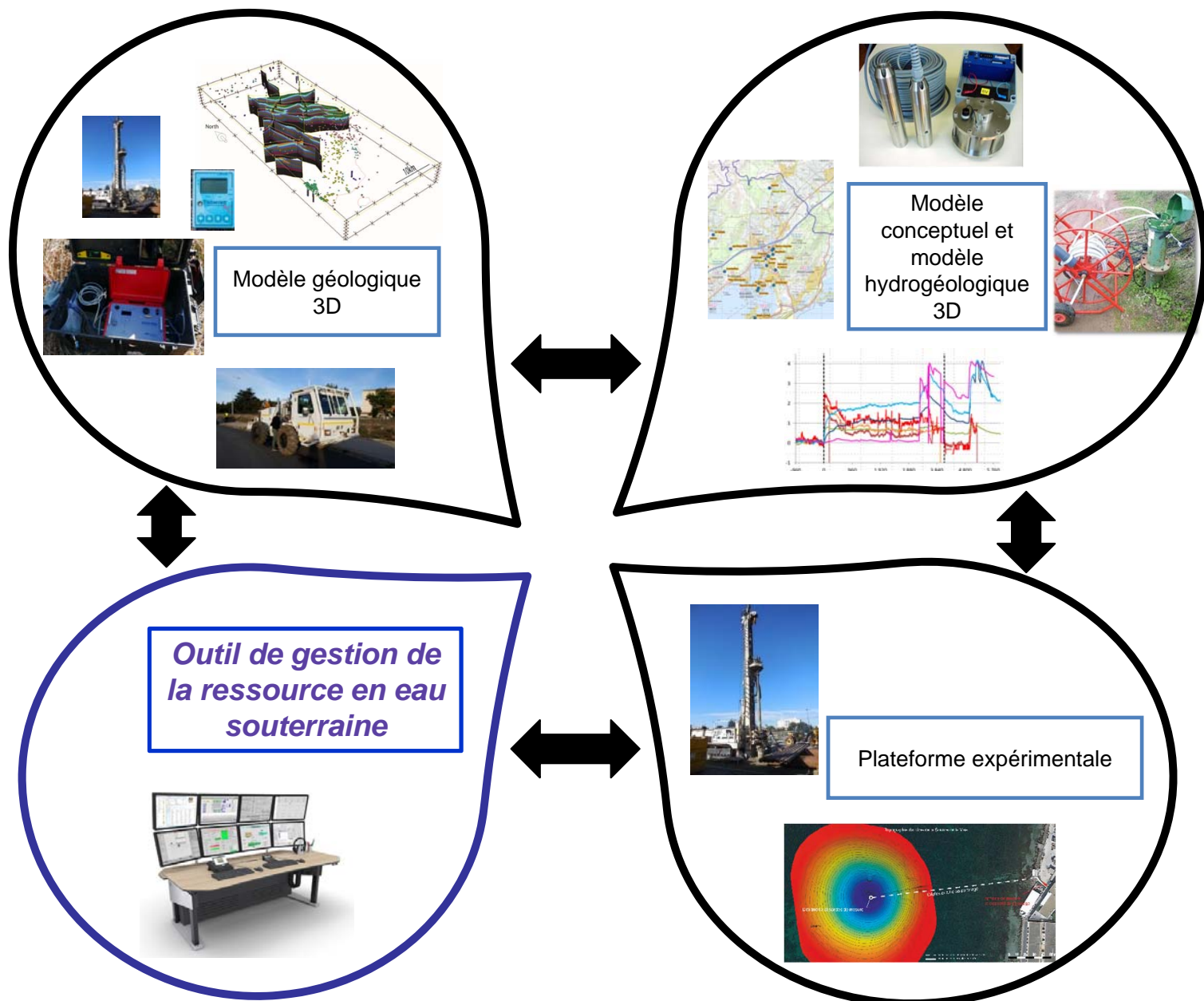


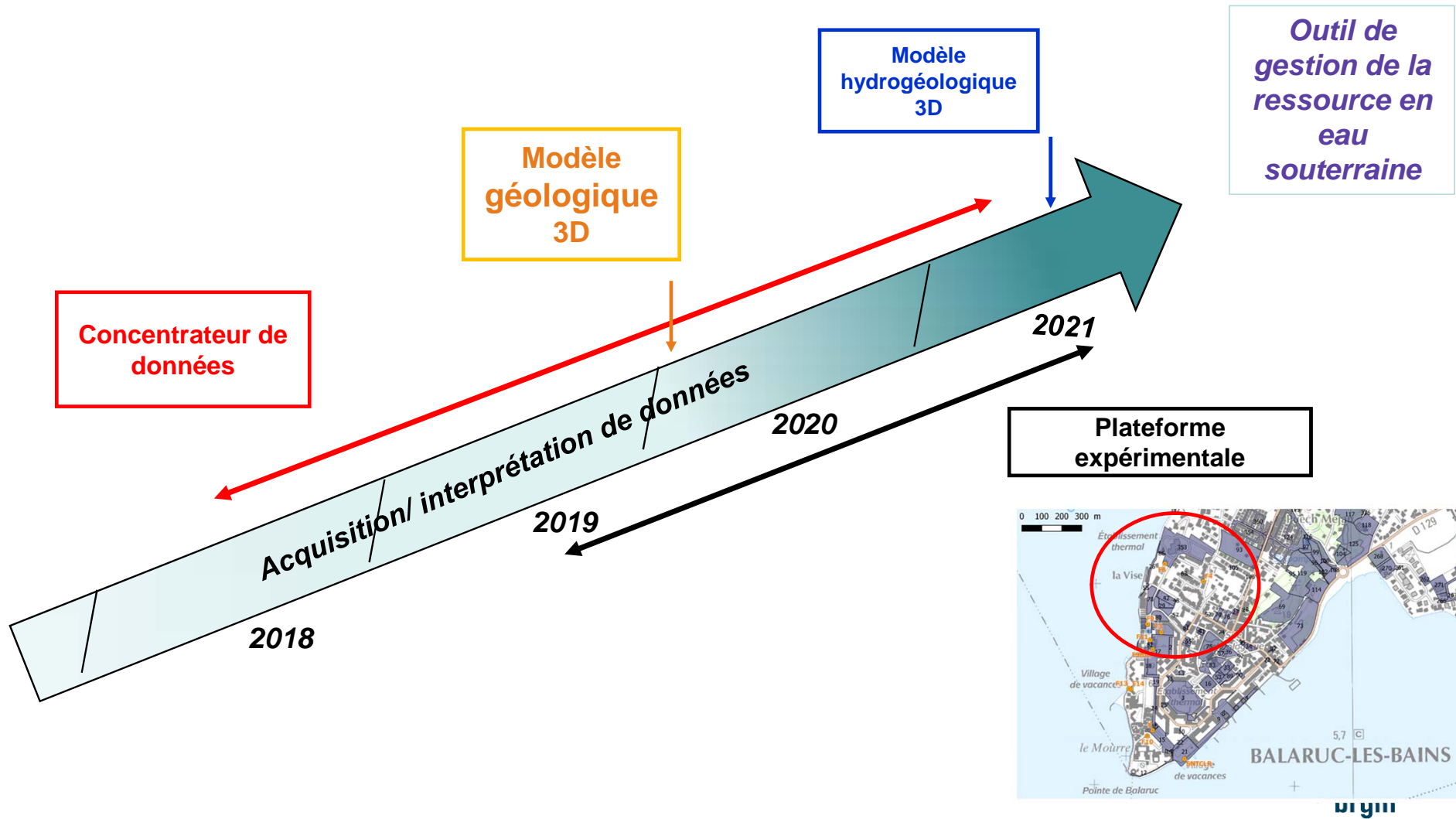
Eau karstique	Eau thermique	Eau de mer
17°C	50°C	15°C
0,6 mS/cm	15 mS/cm	57 mS/cm



Compréhension de l'hydrosystème :

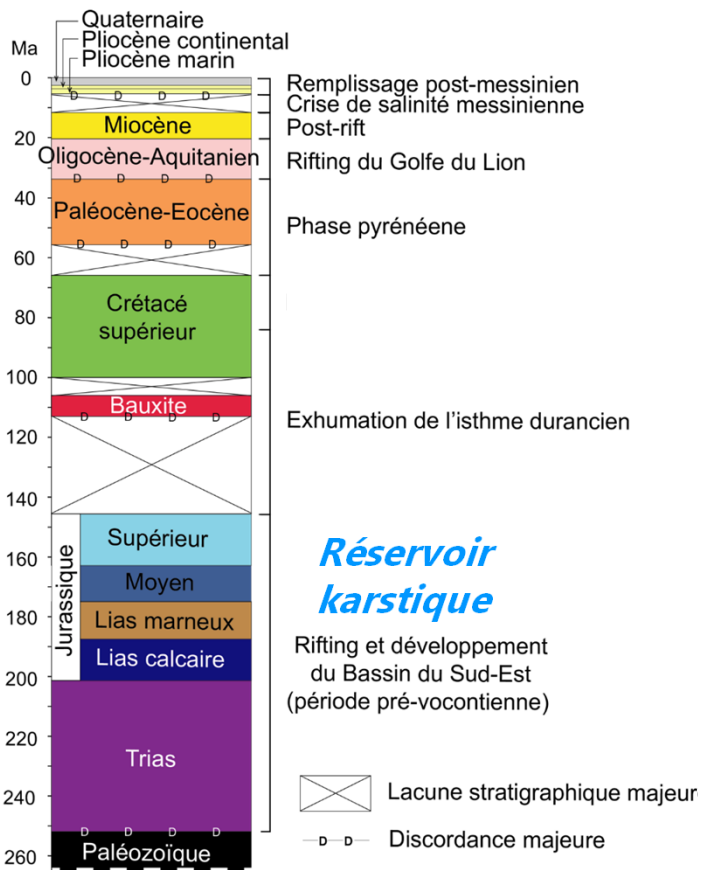
Nécessité d'identifier les différentes masses d'eau
 Contribution relative?
 Évolution temporelle?



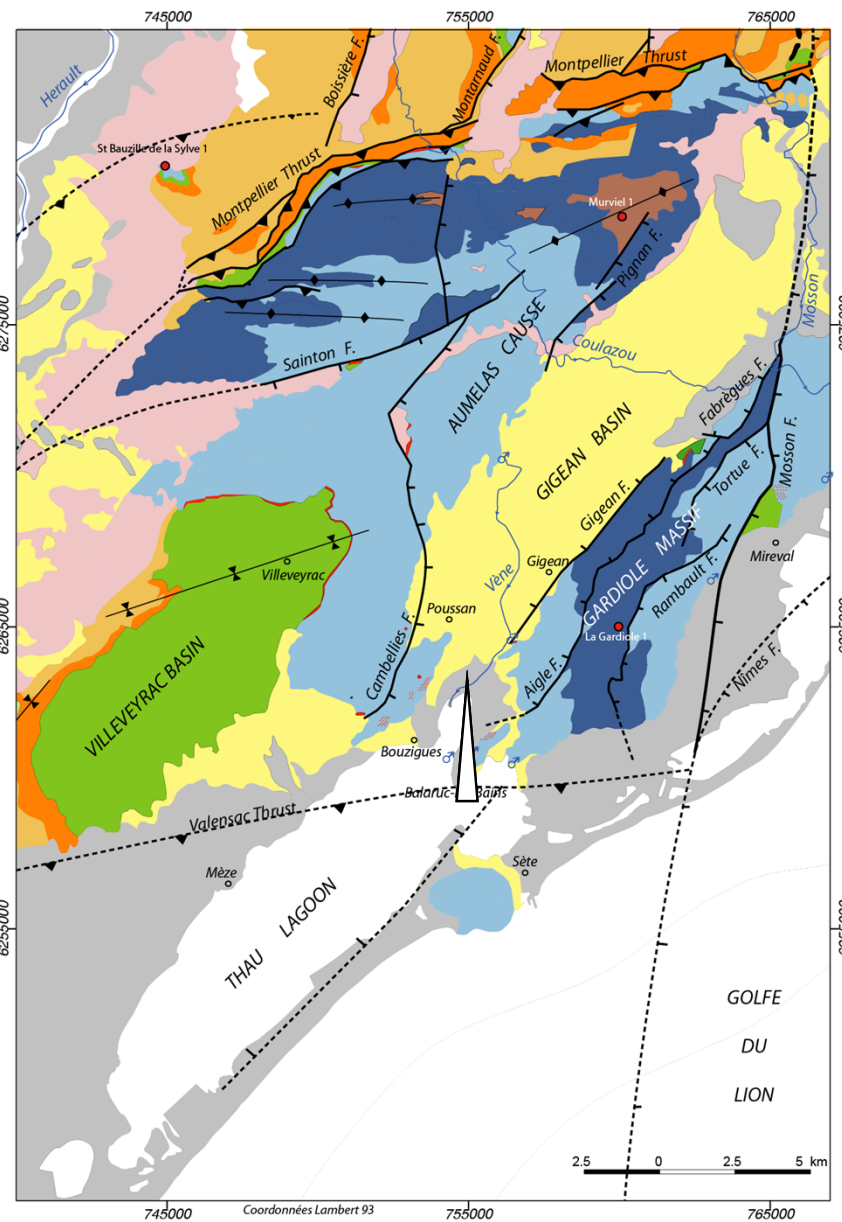


Cadre géologique

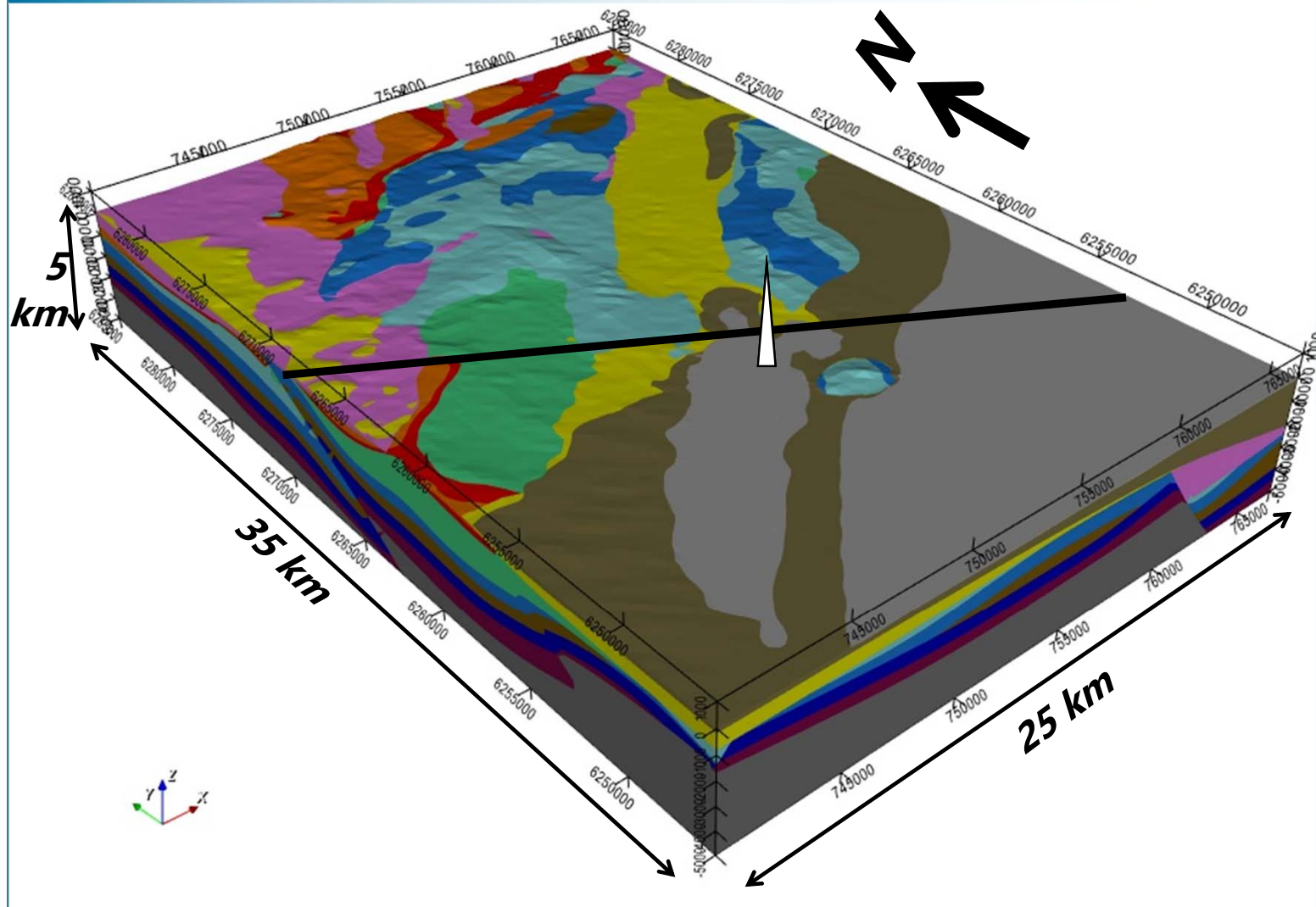
Chronostratigraphie:



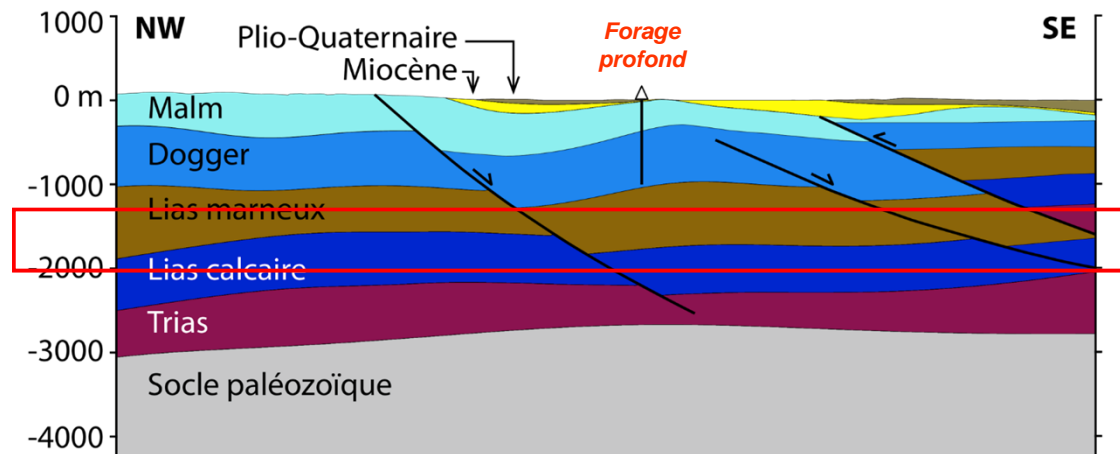
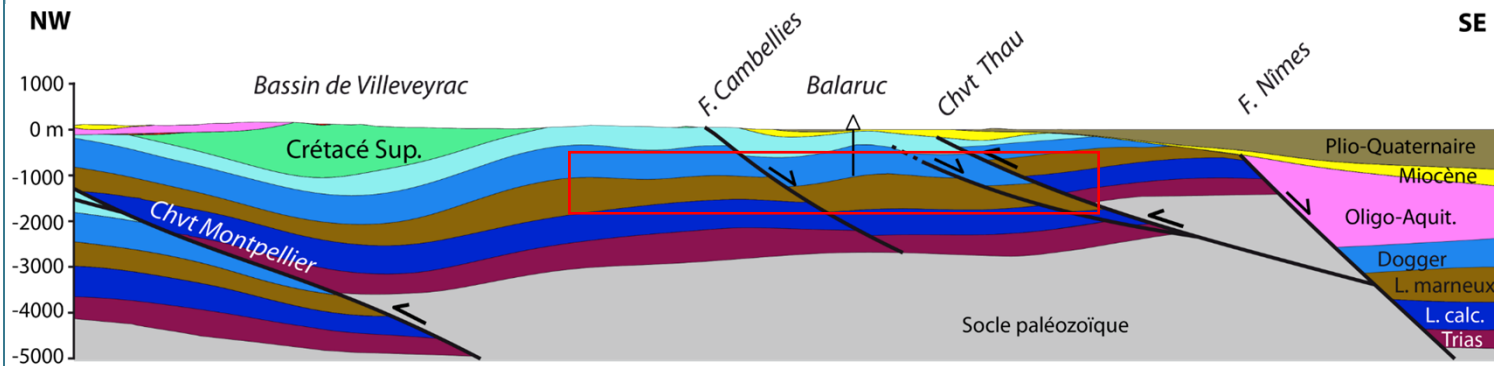
Réservoir karstique



Modèle géologique 3D du démonstrateur

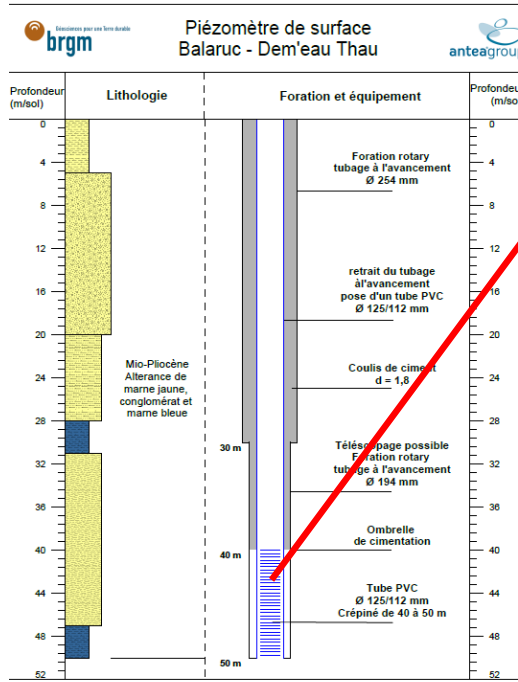


Coupe géologique passant par le forage

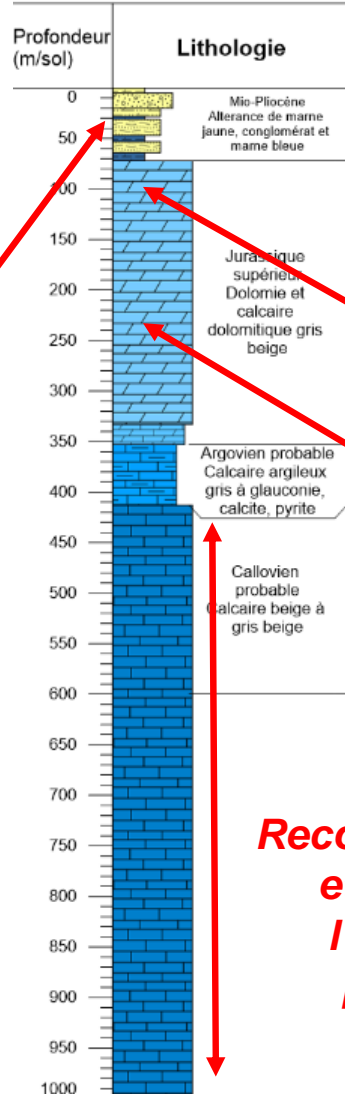


Design de la plateforme expérimentale de Balaruc

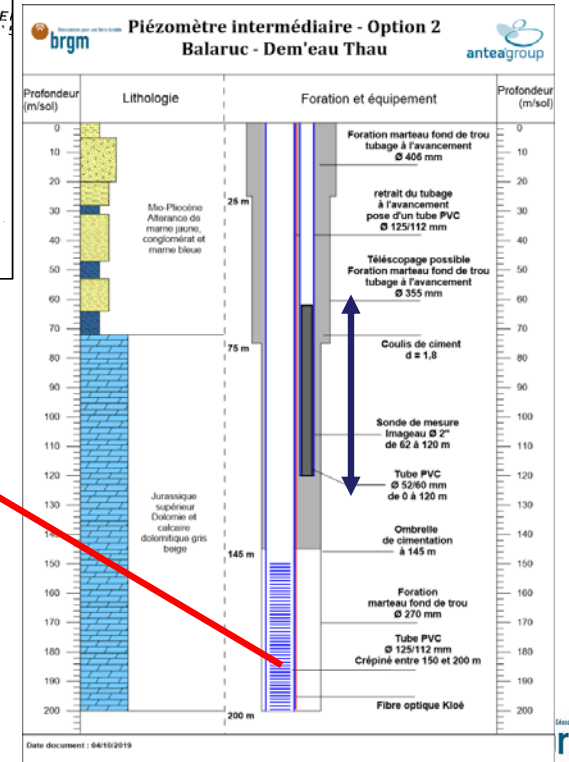
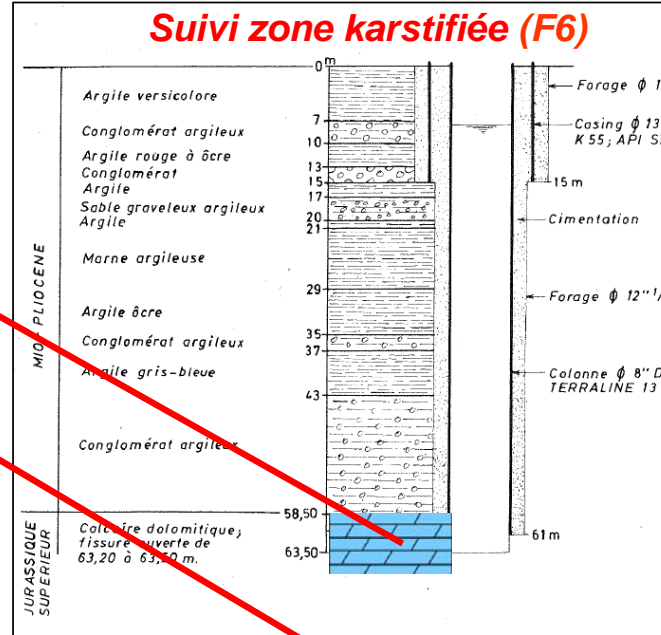
Suivi aquifère sous la zone karstifiée + suivi en temps réel en linéaire de T et C des arrivées d'eau dans la zone karstifiée



Suivi aquifères superficiels



Reconnaissance et suivi de l'aquifère profond

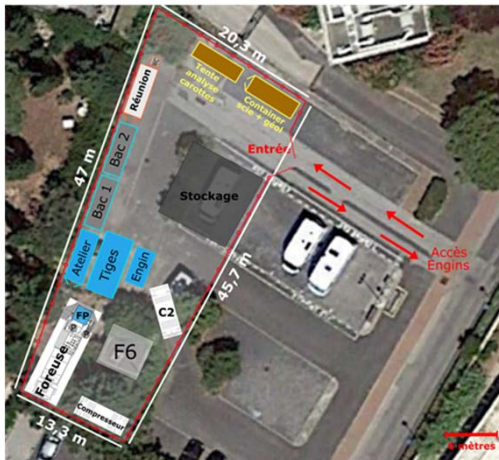


Plateforme expérimentale de Balaruc les Bains

1 forage profond à but géologique, hydrogéologique et géochimique
Objectif Jurassique moyen à prof. 1000 m

Forage en 4 phases principales :

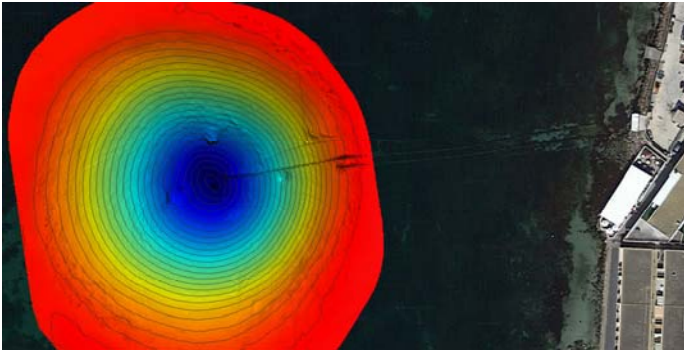
- **0 - 380 m : Carottage au carottier câble avec 2 pompages à l'avancement et diagraphies,**
 - **0 - 380 m : Alésage, pose et cimentation d'un tubage inox,**
- **380 -1 000 m : Carottage au carottier câble avec 3 pompages à l'avancement et diagraphies,**
 - **380 – 650 m : Pose d'un tubage crépiné suspendu.**





Source de la Vise Balaruc les Bains

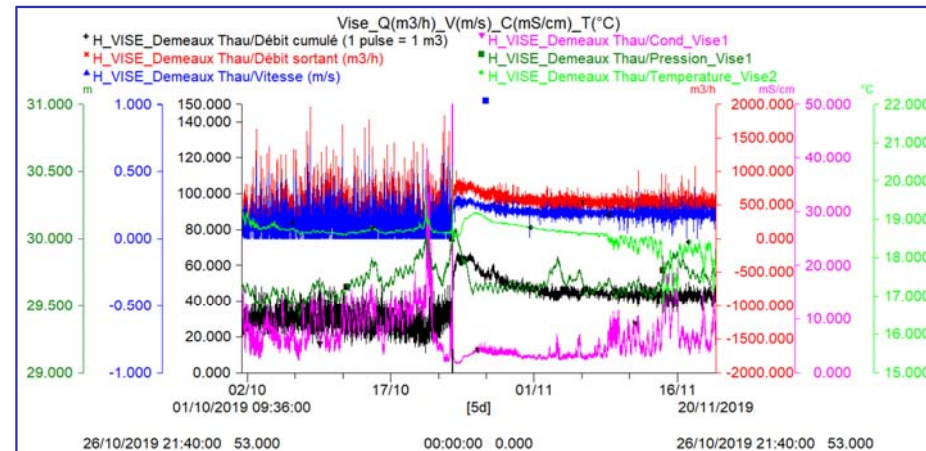
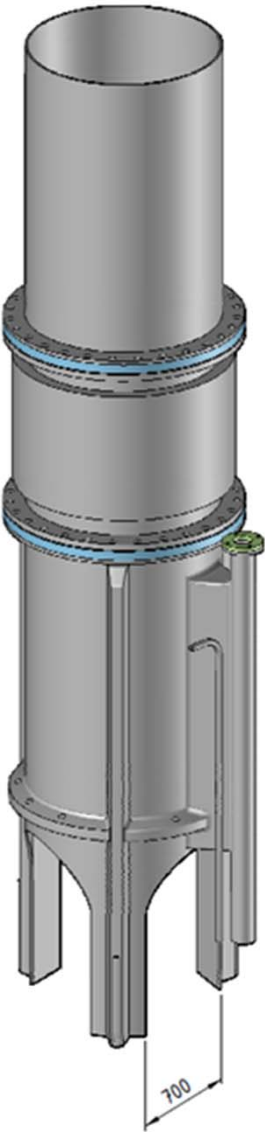
- **Source située sous la lagune de Thau au bas d'un cône à 28 m de profondeur, à 150 m de la côte,**
- **Eau présentant une signature thermique (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 19 °C)**
- **Premières tentatives d'instrumentation dans les années 60**
- **Travaux dans le cadre du projet Dem'Eaux Thau :**
 - **Dépose de l'ancienne buse métallique,**
 - **Mise en place d'un collecteur en fibre de verre diamètre 1000 mm,**
 - **Installation et raccordement à terre de 2 sondes de niveau/conductivité/ T°, d'un débitmètre électromagnétique DN 1000 mm, d'un tuyau + pompe de prélèvement**



Source de la Vise Balaruc les Bains

Des adaptations et des mises au point sont encore nécessaires pour fiabiliser les mesures :

- Réduire les interférences au niveau des câbles du débitmètre,
- Rallonge du tube latéral pour les sondes afin d'éliminer les arrivées d'eaux superficielles au droit du point de mesure.



Merci pour votre écoute



DEM'EAUX THAU- Atelier géochimie

Caractérisation hydrogéochimique de l'hydrosystème de Thau

Contexte

Point de convergence de différentes masses d'eau (karstique, thermale, marine)

Nécessité de comprendre le fonctionnement de l'hydrosystème régional pour mieux protéger la ressource en eau.

L'outil géochimique permet de caractériser les masses d'eaux qui circulent dans l'hydrosystème

Objectifs

Collecter de nouvelles données géochimiques dans la zone d'étude pour mieux comprendre:

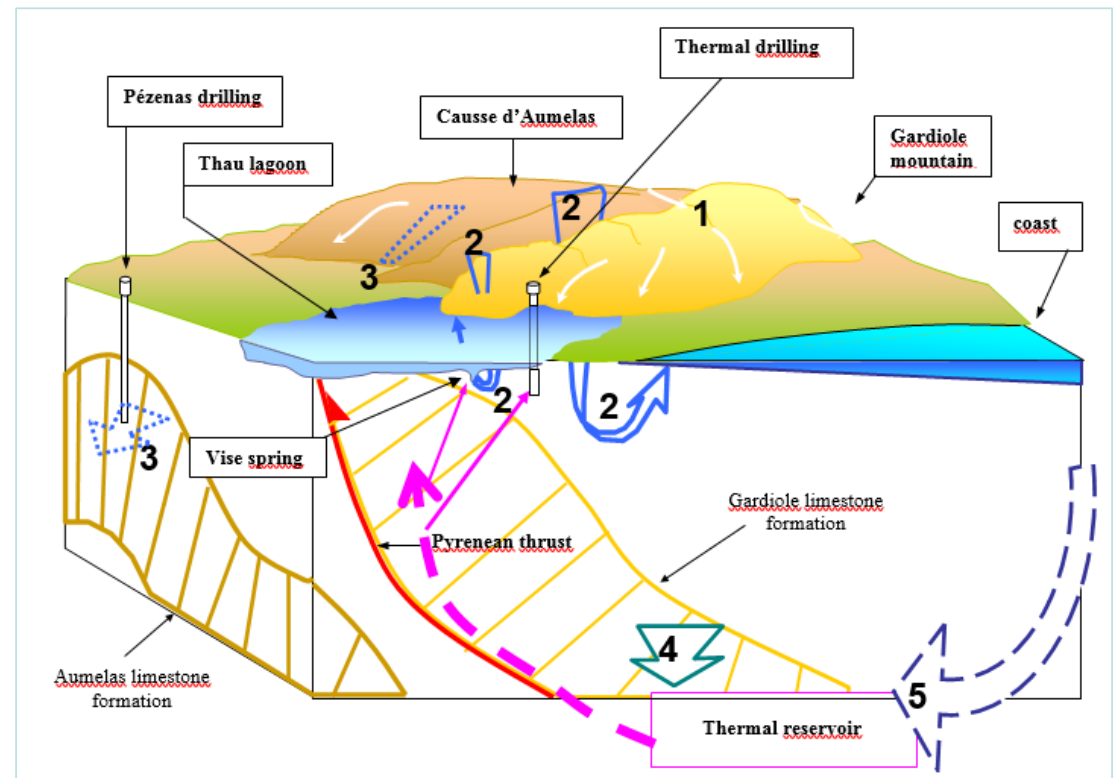
- > L'origine et l'âge des différentes masses d'eau
- > Les interactions entre les eaux thermales, les eaux karstiques et l'eau de mer

DEM'EAUX THAU- Atelier géochimie

Caractérisation hydrogéochimique de l'hydrosystème de Thau

Quelles analyses?

Traceurs	Utilisation dans le projet
Isotopes stables de l'eau (^{18}O , ^2H)	Origine des flux
Isotopes du Bore, Lithium et Strontium	Signature des pôles géochimiques (thermal, karstique, marin)
Carbone Organique Total, Matière Organique Naturelle	Identification des flux de surface
Ions majeurs, éléments traces et terres rares	Origine des flux, mélanges
CFC/SF ₆	Temps de transit (5 à 50 ans) ou signature anthropique
Gaz nobles (Ne, Ar)	Origine des flux (surface, profond)
^{222}Rn	Origine des eaux et temps de transfert
^{36}Cl , ^3H	Temps de résidence



Organisation des écoulements (Aquilina et al., 2003)

Observatoire des eaux souterraines : le réseau du Pli Ouest

Réseau de suivi Gestion quantitative
Pli Ouest / Octobre 2018



Légende

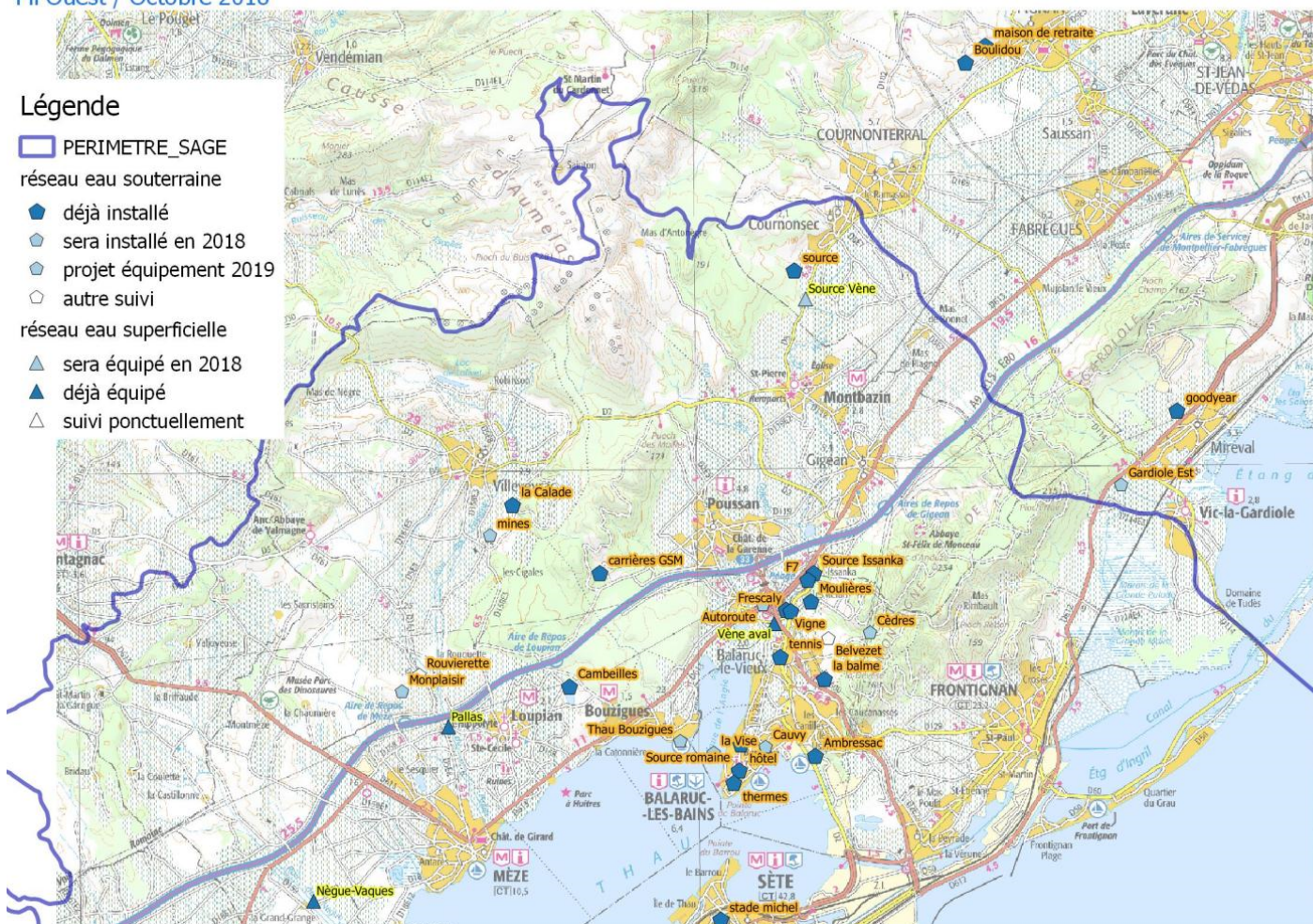
PERIMETRE_SAGE

réseau eau souterraine

- déjà installé
- sera installé en 2018
- projet équipement 2019
- autre suivi

réseau eau superficielle

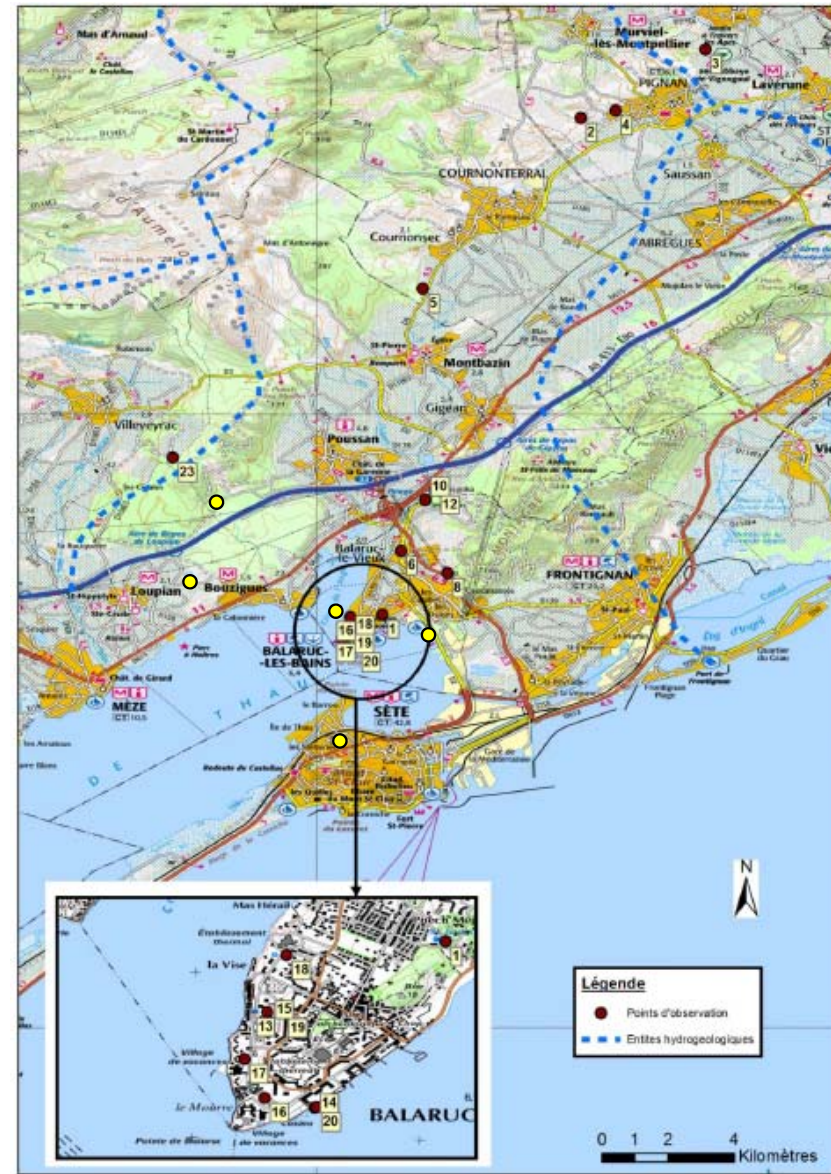
- sera équipé en 2018
- déjà équipé
- suivi ponctuellement



Atelier Hydrogéologie (BRGM)

Caractérisation et compréhension
détaillé du fonctionnement
hydrogéologique

- Forage de Sète
- Réalisation de traçages
- Valorisation données
historiques CC Issanka
- Diagnostic des essais de
pompage



Atelier Hydrogéologie



Réalisation d'un forage à Sète (Novembre à Janvier 2018)

-> anomalie thermique dès les 50 premiers mètres du forage, calcaires du JS à 108 m de profondeur

-> eau à 41°C et 26 mS/cm (~F8) après pompage de 48h à 100 m³/h

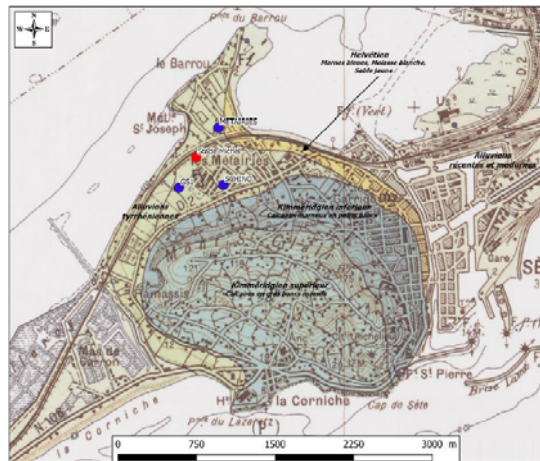
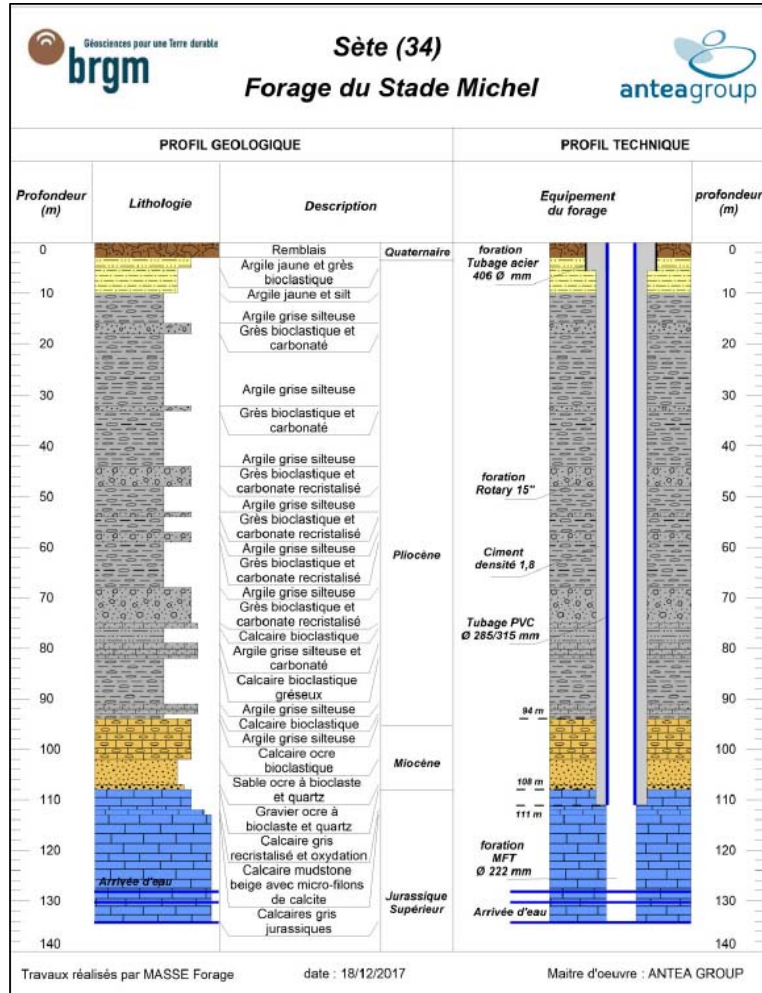


Figure 3 : Extrait de la carte géologique de Sète (1/50 000^{ème})



> Prochaines acquisitions de données (2019)



2 campagnes d'échantillonnage – 17 points (mars/août 2019) + suivi mensuel sur 6 points



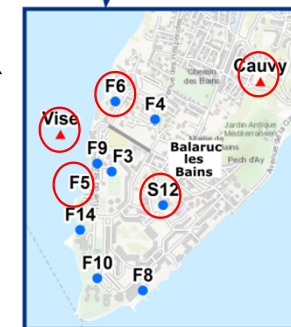
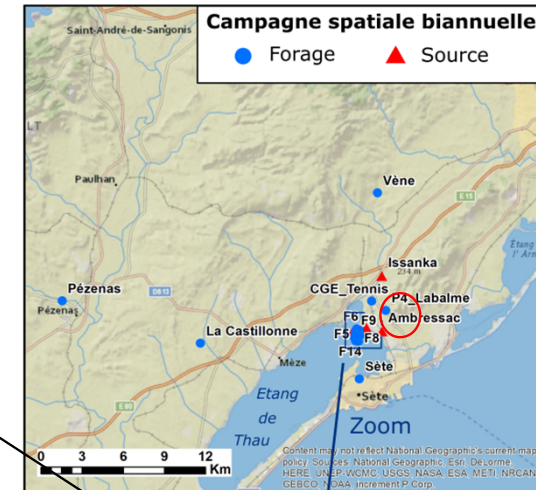
Opérations de traçage (équipement de F6, Ambressac, Cauvy, Vise)



Equipement de la Vise (Février 2019)



Réalisation d'un forage profond (2019 - 2020)



Équipement de la source de la Vise

Autorisation DDTM34 Police Eau

Autorisation DDTM34 DML -> accord de principe

Réunion d'information avec la CRCM et la Prud'homie

Dispositif expérimental sur-mesure :

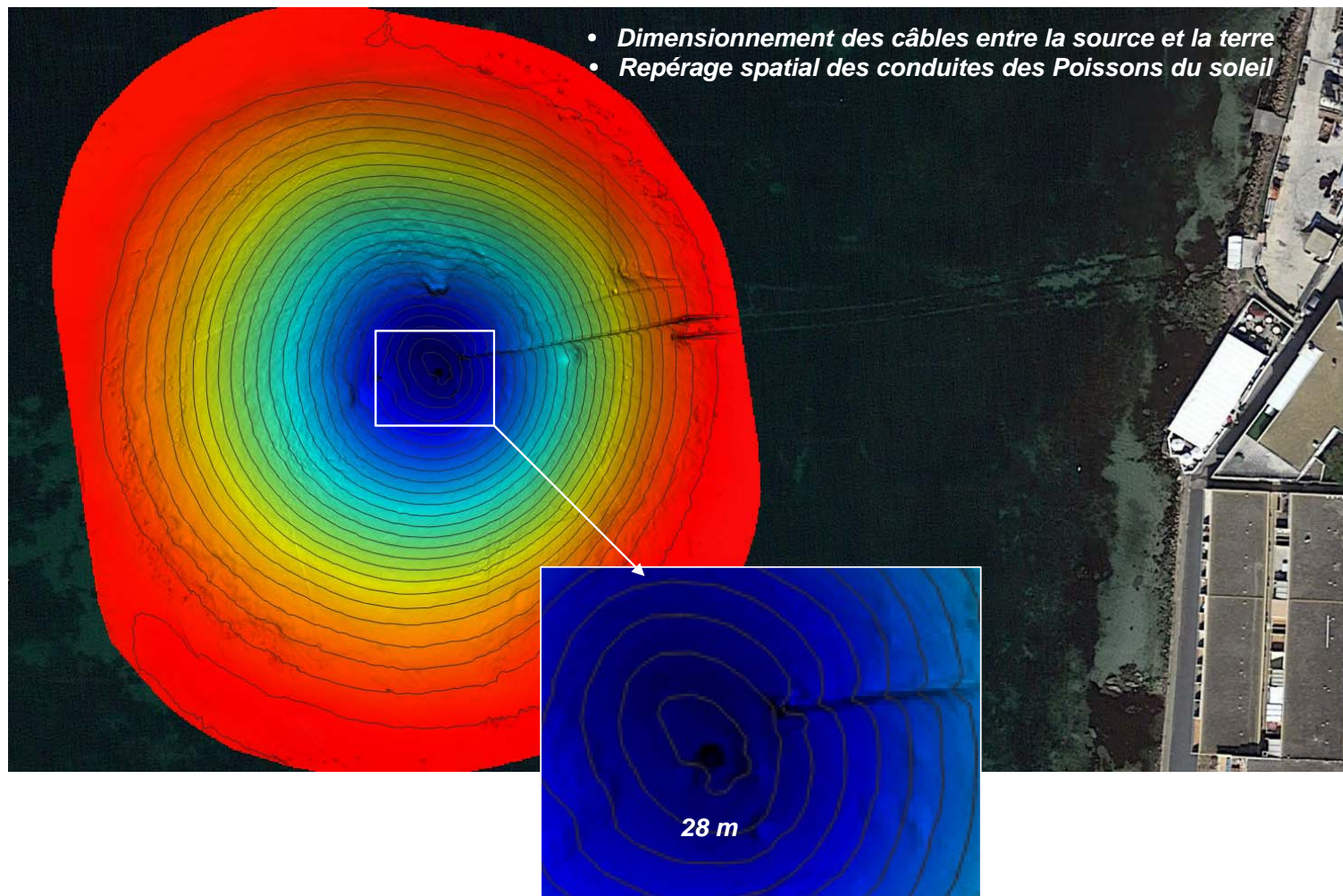
- ***Dimensionnement du projet : reconnaissance topo en Avril 2018***
- ***Libre écoulement des eaux***
- ***Préservation des herbiers***

Les données qui vont être acquises :

- ***Débit de la source,***
- ***Qualité***

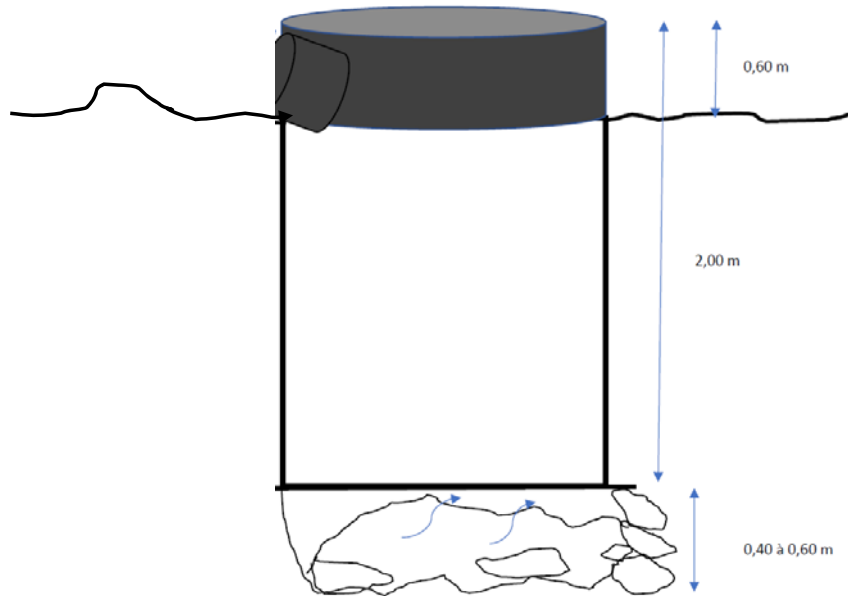


Topographie du cône de la source (2018)

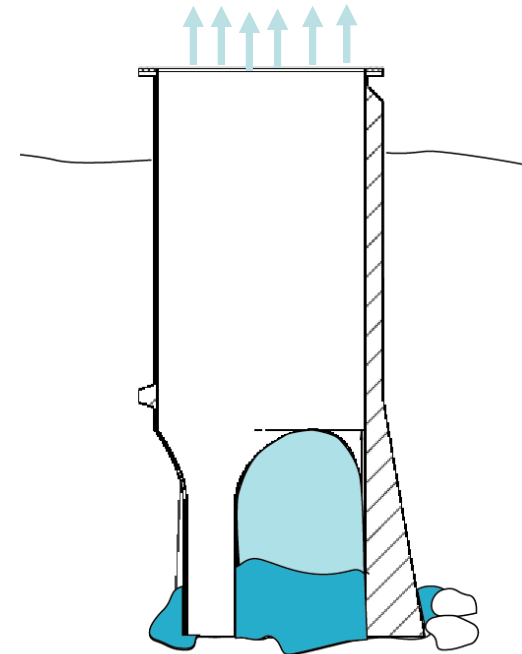


Vue en coupe de la source

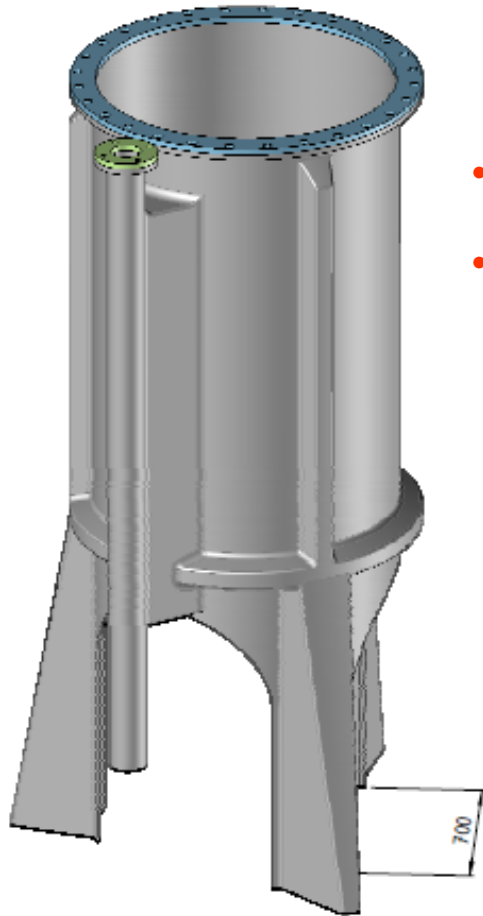
Etat actuel : diam 1.3 m



Projet : diam 1.0 m



Nouveau collecteur

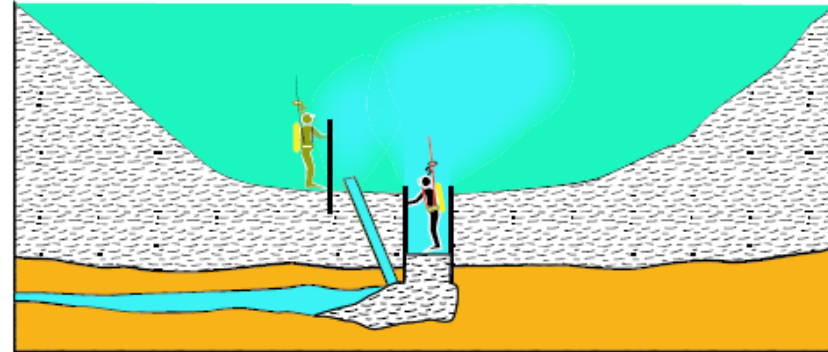


- **Tube central diamètre 1000 mm : débitmètre**
- **Tube latéral diamètre 100 mm :**
 - **Sondes de mesure**
 - **Pression**
 - **Conductivité**
 - **Température**
 - **Tube de prélèvement PE diamètre 32 mm jusqu'à la rive où sera installé une pompe de 1 à 2 m³/h**

Déroulé du chantier

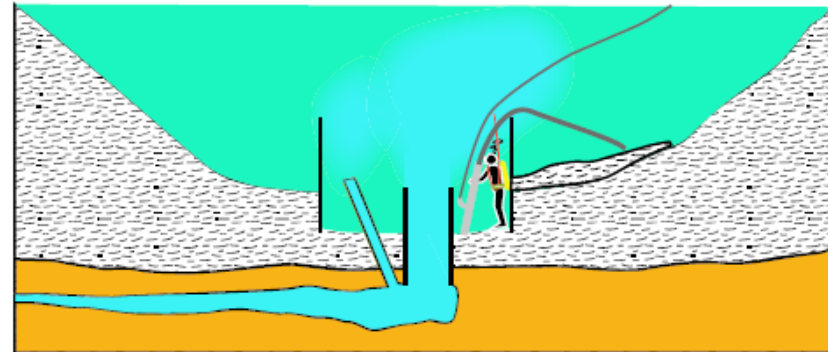
Phase 1 : reconnaissances

- épaisseur recouvrement
- topo 3 D du cône



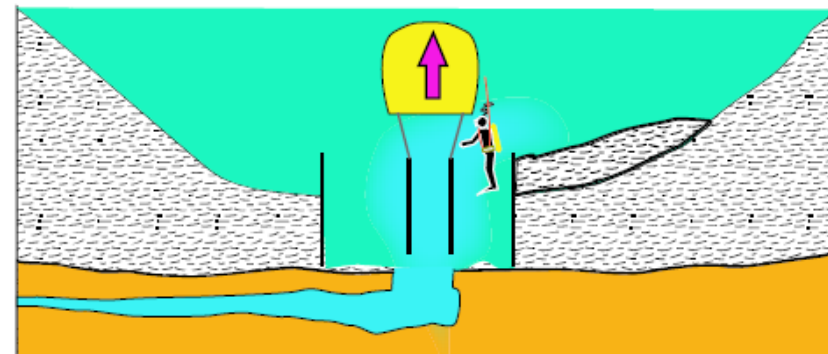
Phase 2 : dépose buse - 1

- curage de la buse
- descente d'un coffrage de travail
- curage de l'intérieur du coffrage



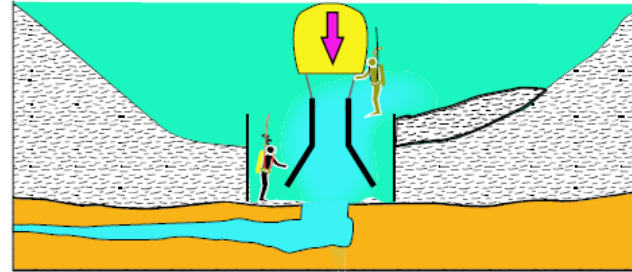
Phase 3 : dépose buse - 2

- extraction de la buse

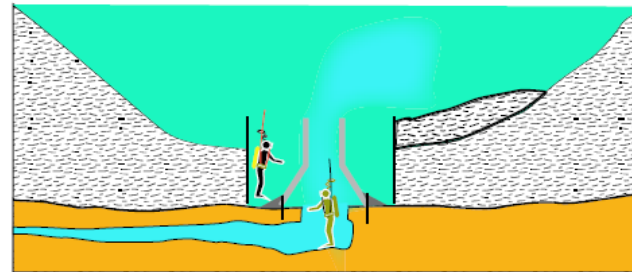


Déroulé du chantier

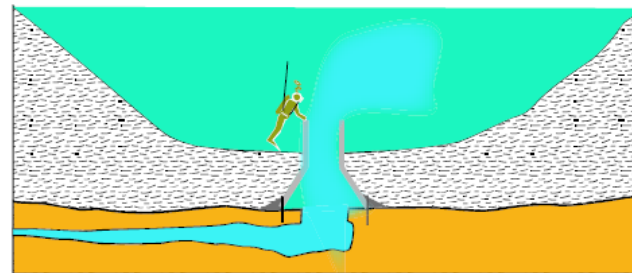
Phase 4 : pose collecteur béton - 1
- descente et positionnement d'un collecteur en béton



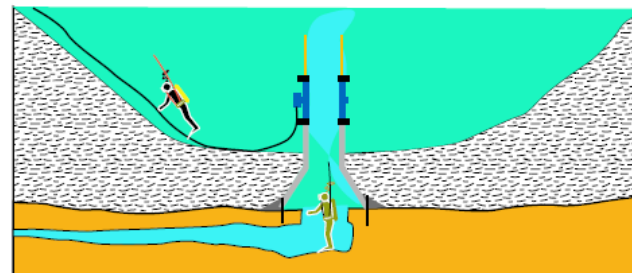
Phase 5 : pose collecteur béton - 2
- ancrage du collecteur
- étanchéification de la base



Phase 6 : pose collecteur béton - 3
- dépose du coffrage de travail
- remblaiement autour du collecteur



Phase 7 : pose débitmètre
- fixation du débitmètre électromagnétique
- fixation du tube aval en fibre de verre
- ensouillage des câbles



Chronogramme Équipement de la source de la Vise

Réalisation février/mars 2019

Durée prévisionnelle : 2 à 3 semaines

Intervenants

***Plongées de maintenance du matériel tous les 3 mois pendant
3 ans (2021)***

Point du réseau du Pli Ouest intégré au concentrateur



Objectifs du Forage profond

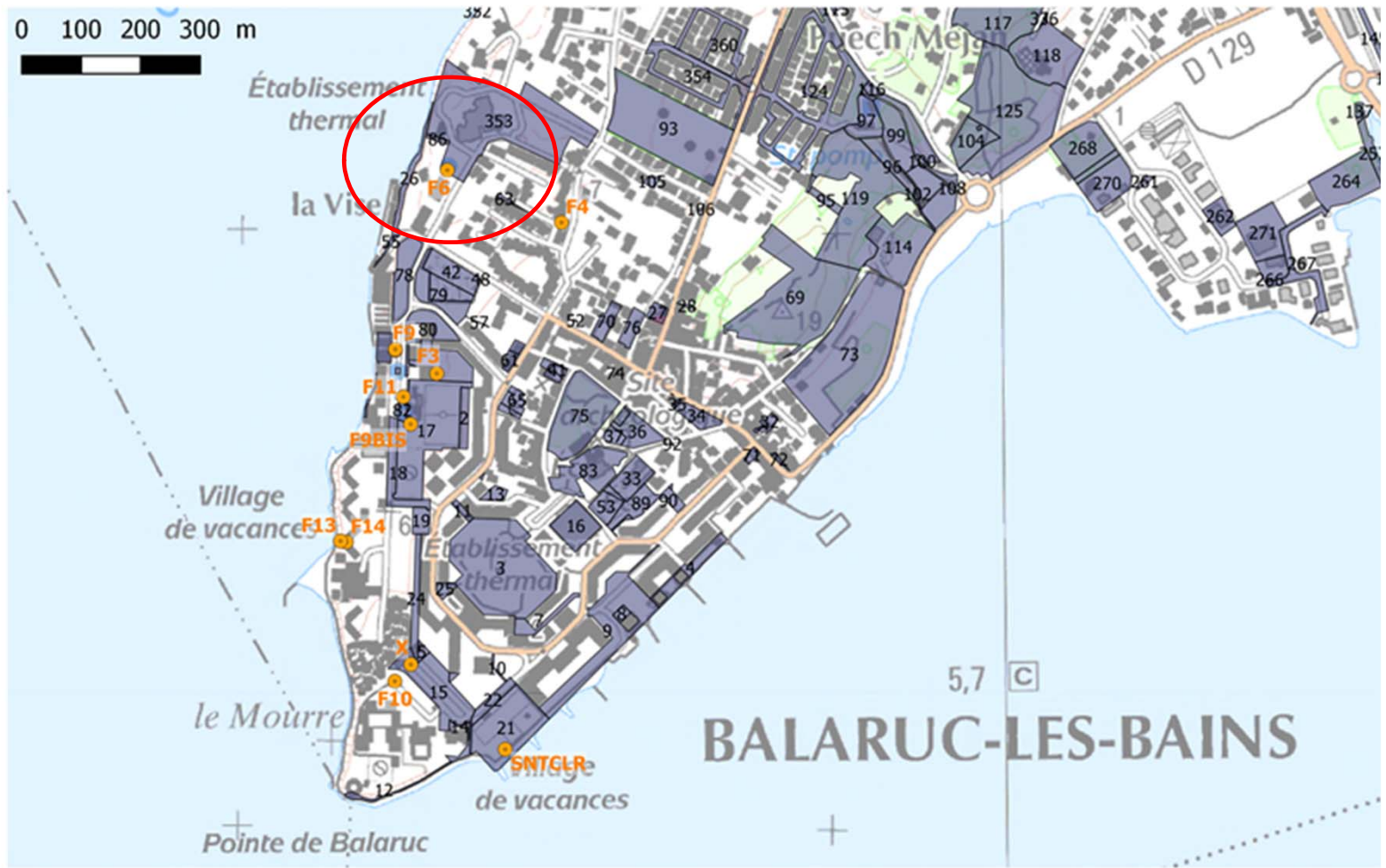
- > Valider le modèle conceptuel (géologique, hydrogéologique et géochimique)**
- > Acquérir des informations jusqu'à 800/1000 m de profondeur dans le secteur de Balaruc**
- > Recouper en profondeur un réservoir d'eau chaude thermale (réservoir « relais »)**
- > Caractériser ces eaux avant leur remontée**

Forage profond : où?

- > **Eaux thermales Sud presqu'île - Sète, pas d'indice thermal au-delà.**
- > **Indices géophysiques en profondeur dans le secteur à l'ouest de la presqu'île**
- > **Nécessité d'avoir 700/800 m² pour la réalisation du forage, puis local technique une fois fini**



Proposition : à côté du forage F6



Devenir du Forage profond

Observatoire scientifique, accessible aux chercheurs et organismes privés (convention)

Cession de l'ouvrage à la commune?

Financement

Fonctionnement	Plan de financement (€HT)	BRGM	GM	HSM	SYNAPSE	TOTAL
	Agence de l'Eau	653 125 €	104 585 €	125 311 €	- €	883 021 €
	Financement demandé FEDER	112 391 €	147 485 €	201 854 €	109 298 €	571 028 €
	Ville de Balaruc-les-Bains	110 000 €				110 000 €
	SMBT	45 638 €				45 638 €
	Autofinancement	869 426 €	102 575 €	187 607 €	133 586 €	1 293 195 €
	TOTAL GENERAL	1 790 580 €	354 645 €	514 772 €	242 884 €	2 902 882 €

Investissement	Investissement CPER Etat/Région/3M (2014-2020)	Coût	Coût réel	Année de réalisation
	N°1a: Forage à Sète	73,85 K€	81,575 K€	2017
	N°3: Equipement de la source de la Vise	398 K€	399,45 K€	2019
	N°5 : Acquisition matériel géophysique (CSEM)	119,39 K€	119,39 K€	2017
	N°1b : Forage profond	1022,73 K€	?	2020
	Sismique	204,40 K€	210 K€	2017
	Maitrise d'œuvre forage	149,02 K€	?	2020
	Plateforme expérimentale – Pompe, sondes	269 K€	?	2020
	TOTAL	2 236,392 K€	+14,8 K€	

Planning du projet DEM'Eaux Thau

Fin convention
Etat
(30/04/2019)

Fin convention
3M
(30/06/2019) et
Région
(31/07/2019)

Fin convention
Agence /
FEDER/SMBT

Fin convention
Balaruc les
Bains

Version du 12/12/2018		2017		2018				2019		2020		2021	
postdoc GM post-doc HSM		Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4	Semestre 5	Semestre 6	Semestre 7	Semestre 8	Semestre 9	Semestre 10		
GEOLOGIE	Construction d'une base de données géoréférencées			BRGM/GM									
	Exploitation des données géologiques existantes, de forages, sismiques (1ère valorisation) ...			GM		L1							
	Reconnaissance et cartographie de paléosurfaces et des Fsup - Caractérisation des karsts					GM +prestataire		L2					
	Acquisition profil sismique + gravi+CSEM + retraitement		BRGM + prestataire		(L3)								
	Construction du modèle géologique 3D				GM +BRGM		L4 provisoire		L4				
HYDROGEOLOGIE	Mise en place du réseau de suivi des eaux souterraines		SMBT										
	Valorisation des données existantes +(forages Sète, F15)			BRGM		L1							
	Interprétation des données du réseau REAGIRE à l'aide des techniques de traitement du signal (analyse corrélatrice/spectrale/ ondelettes, modèle de transfert)				BRGM								
	Traçages				HSM				L8				
	Equipement de la source de la Vise		BRGM + prestataire				(b) its) L7						
GEOCHIMIE	Réalisation du forage (Sète)		BRGM + prestataire L6										
	Valorisation des données existantes (dont Interprétation des prélèvements de sept 2012 - ACP (inversac + 15 mois))			HSM		L1							
	Acquisition de nouvelles données (analyses)			HSM		L5 provisoire		L5					
Mise à jour du modèle conceptuel et choix de l'emplacement du forage profond						HSM/GM/BRGM		L9					
Démonstrateur : FORAGE PROFOND	Réalisation du forage profond						B IGM + prestataire						
	Caractérisations, tests, monitoring, interprétation							HSM/GM/BRGM	L1				
Développement d'un outil d'aide à la gestion des ressources en souterraines sur le territoire	Construction modèle 3D des écoulements souterrains, du transport et des transferts thermiques et hydraulique							BRGM			L11		
	Définition des scénarii de gestion							SMBT/BRGM					
	Révision du modèle conceptuel							HSM/GM/BRGM				L14	
	Concentration, Bancarisation, Valorisation des données			SYNAPSE		L12a		L12b		L12		L13	

Communication

- Scientifique (1 présentation RST + 1 poster)
- 4 Plaquettes (Géophysique, géochimie, traçages, Vise)
- Newsletters
- Film
- Logo du projet

Communication scientifique: Affiche Eurokarst 2018



Hydrochemical characterization of a complex Mediterranean karstic system to improve the regional management of the groundwater resources (Thau lagoon area, Montpellier, France)

Marie-Amélie Patrié¹, Christelle Baston-Guilhe¹, Véronique De Monety², Demarc Ladouche³, Claudine Lamotte³, Jean-Luc Sekiet¹

Context and Objectives

Groundwater in the Thau lagoon area is a strategic resource for:

- Drinking water supply
- Industrial operations
- Thermal activities (Bain de Salins spa)

The site is a natural point of convergence of different water bodies: karstic, fluvial and marine waters (supratidal). The interaction processes involved between these water bodies are still not well understood.

The karstic and thermal aquifer of the Thau lagoon underwent several episodes of marine water intrusion (called "inversac"). This marine flow process occurs through the four submarine springs located in the Thau lagoon and impacts the quality of the groundwater resources in the sector (tourism, agriculture).

DISPERAX Thau project

- Preserving the quality and quantity of the groundwater resources.
- Harmonizing the economic development of the region.
- Multidisciplinary approach.
- Development of a management tool.

Hydrogeochemical analyses during and after an inversac event

- Seawater intrusion in 2010: sampling campaign in 10 October 2010 on the thermal wells and in the springs (Cauvy, Ambressac) and in the lagoon (in 2011).
- Subsequent monitoring campaigns in April and September 2012 (15 and 30 months after the 2010 inversac episode).
- Major trace and rare earth elements were analyzed for the thermal wells (F3, F4, F5, F6, F8, F9, S12), karstic wells (P4 La Balme, COE, Terrals) and springs (Cauvy, Ambressac).

Rare Earth Element profiles

Diagram showing REE profiles for thermal wells (F3, F4, F5, F6, F8, F9, S12), karstic wells (P4 La Balme, COE, Terrals) and springs (Cauvy, Ambressac). The profiles show a characteristic pattern of enrichment in light REE, typical of seawater intrusion.

Principal Component Analysis (PCA) - Temporal evolution from 2010 (seawater intrusion event) to 2012

PCA plot showing the temporal evolution of groundwater samples from 2010 to 2012. The plot shows a clear separation between the 2010 seawater intrusion event and the 2012 samples, indicating a trend towards the reference state.

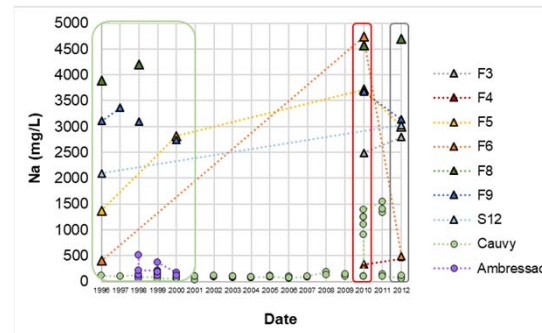
Results

- Major elements Na and Cl concentrations decrease for Cauvy spring, F5 and F6 in 2012 (tendency then observed by their reference values from 2010 to 2012).
- F8 and F9 are not directly affected by the seawater intrusion event.

Conclusion

This study reveals a complex hydrochemical system (data collected during and after an inverse aquifer intrusion event) on a coastal karstic and thermal aquifer. The data show that coastal thermal wells and springs were already affected by a process. A gradual decrease of the marine ion content effect is observed after the active hydroclimatic. However, twenty months after the marine episode, the thermal wells had not completely reached their original geochemical conditions.

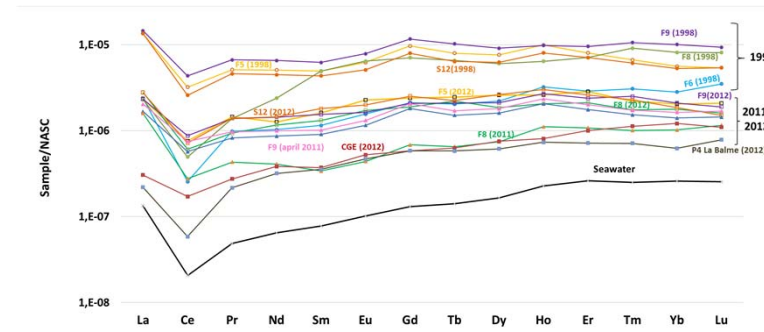
This finding supports the need for a comprehensive understanding of the complex karstic and thermal aquifer functioning, which will be addressed in the next steps.



F5, F6 et Cauvy: Augmentation concentrations Na, Cl en 2010 puis retour à l'état chimique de référence en 2012

F8 non affecté par le phénomène d'inversac

Profils terres rares: situation intermédiaire en 2012 pour F5, S12, F9, Influence marine encore perceptible 20 mois après l'arrêt de l'épisode d'inversac 2010



Communication : le film

- Sujet : Comment un consortium de scientifiques qui travaillent sur différentes thématiques (géologie, hydrog., géochimie, ingénierie logicielle) arrivent à répondre aux problématiques d'un territoire en développant un outil concret pour un syndicat de gestion
- Construction du film : présentation de l'hydrosystème de Thau, usage de la ressource et enjeux (SMBT+ usagers), construction de l'outil (BRGM, ?), conclusion
- Durée : 15 mn
- Vues extérieures, opérations de terrain (forage, acquisitions géophysiques, Vise, ...), animation, interviews

Merci pour votre écoute

