

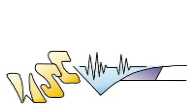


Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Méthodes multi-spectrales et géophysiques appliquées à la caractérisation des cavités

Raphaël ANTOINE



INSA
ROUEN

ENSG
Géomatique
ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES



irstea



ISI INTERNATIONAL
SPACE
SCIENCE
INSTITUTE



L'équipe de recherche ENDSUM





Outils utilisés pour l'étude de cavités

- **Méthodes dites « de surface »** : imagerie thermique infrarouge HR, visible, proche infrarouge, drones, etc... ;
- **Méthodes dites « de subsurface »** : imagerie de résistivité électrique, potentiels spontanés, radar, méthodes électromagnétiques, etc... ;



Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Outils utilisés pour l'étude de cavités





Cerema

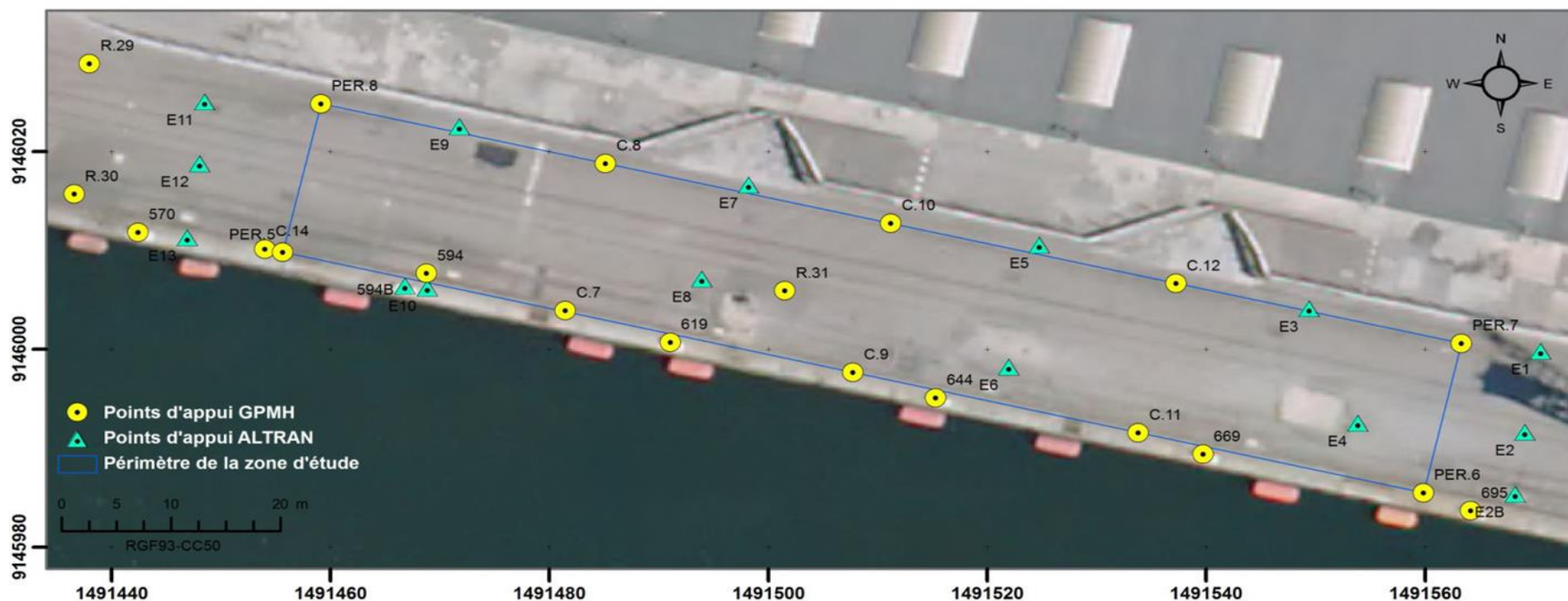
Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Outils utilisés pour l'étude de cavités



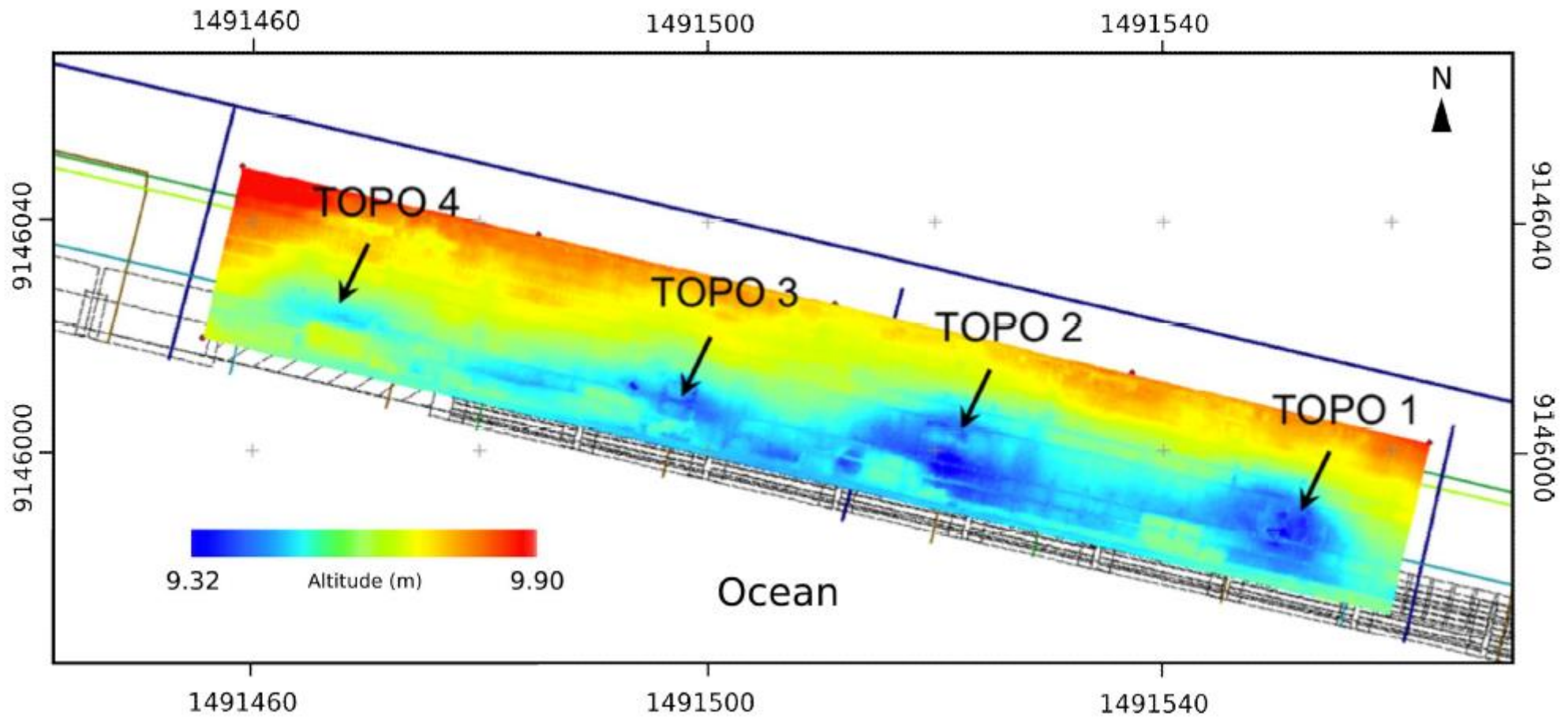


Cavités naturelles



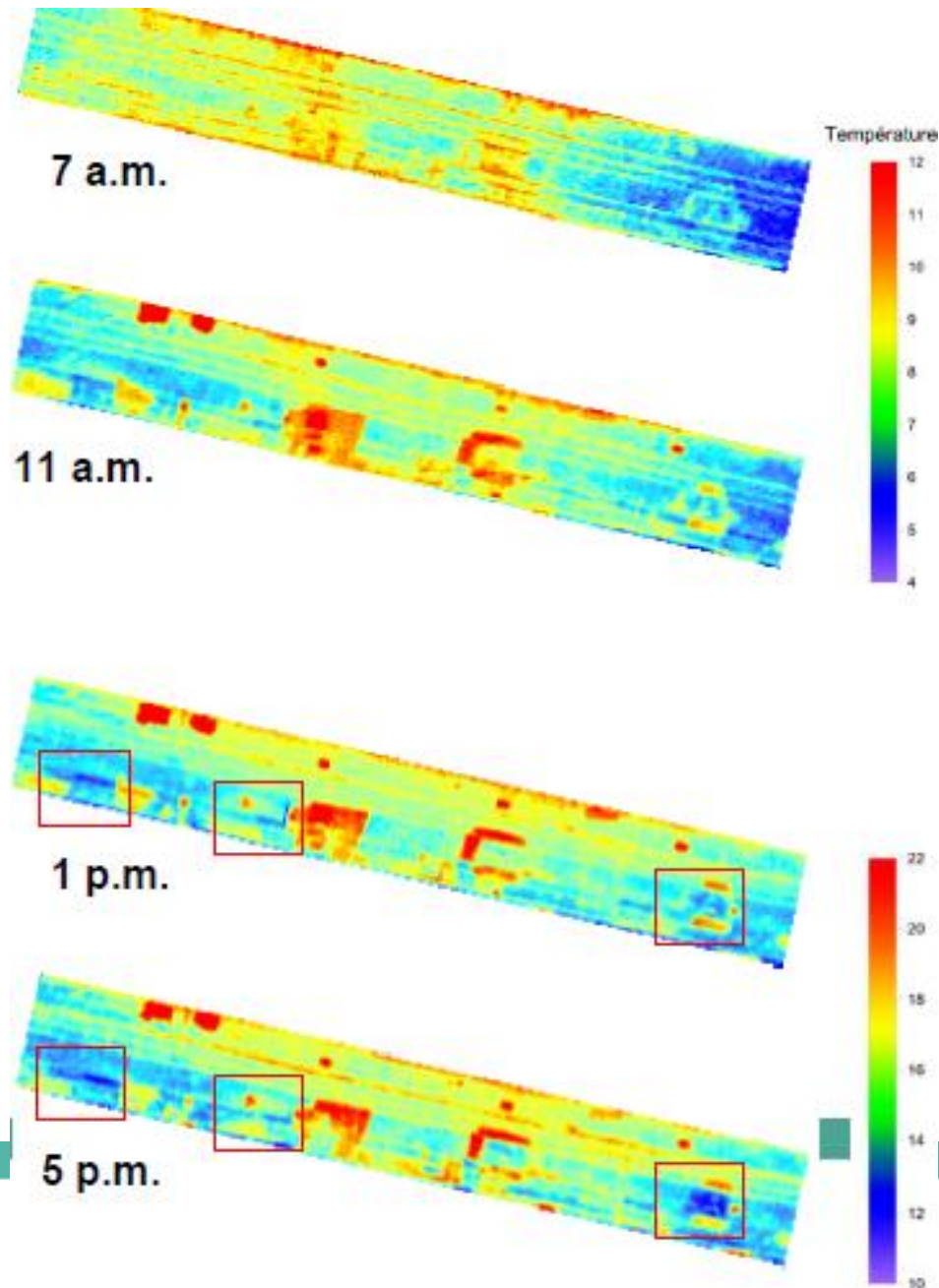


Cavités naturelles





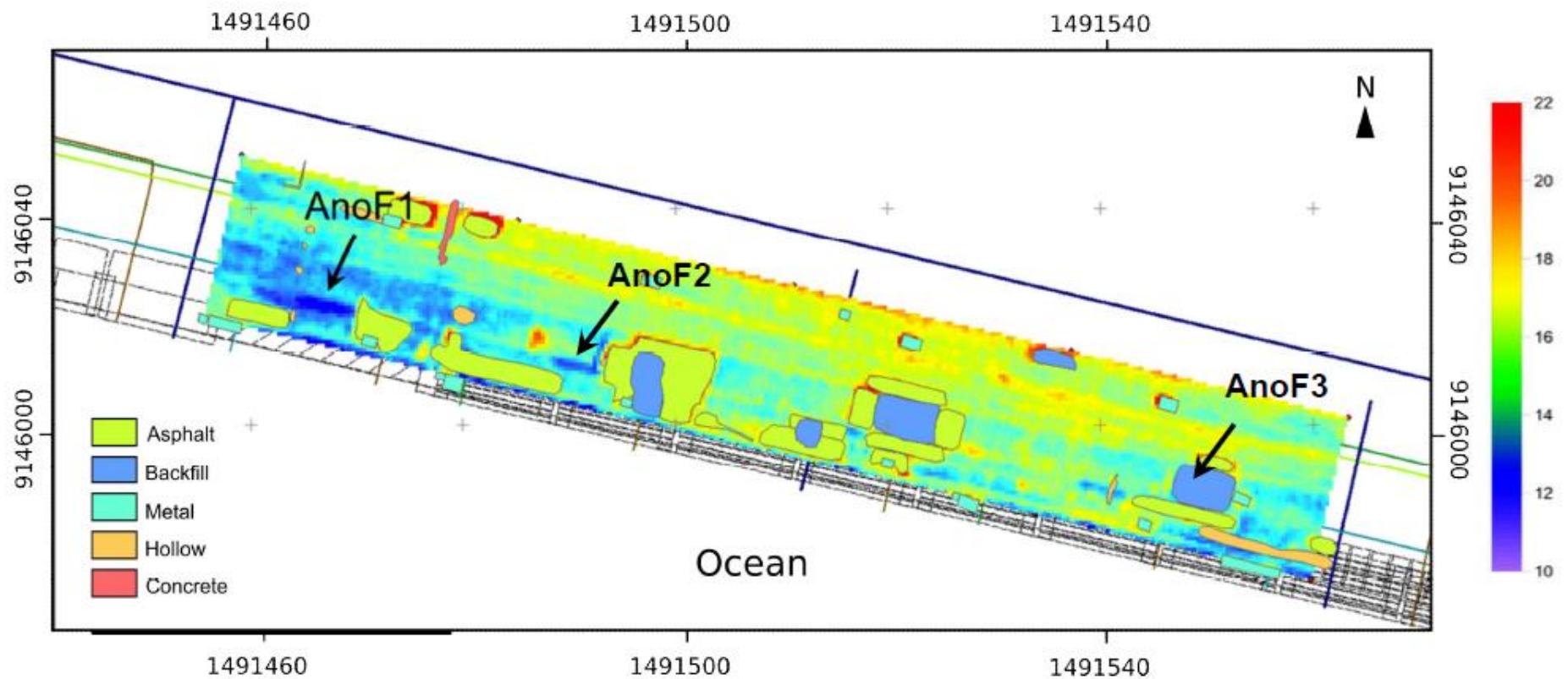
Cavités naturelles



Détection de zones froides au cours de la journée, associées aux cavités souterraines. Méthode infrarouge thermique par drone.



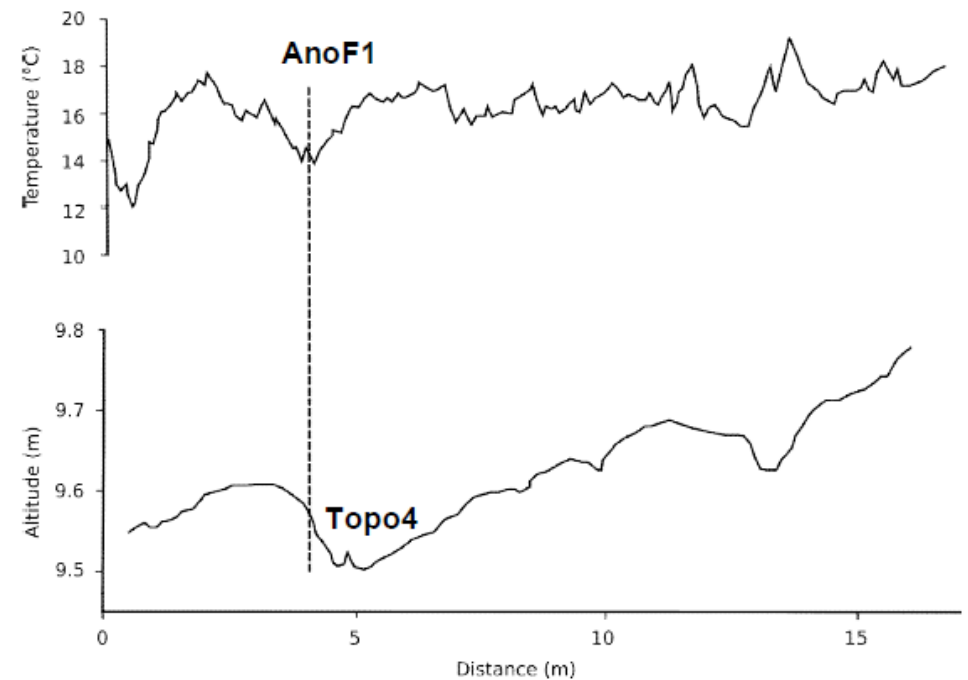
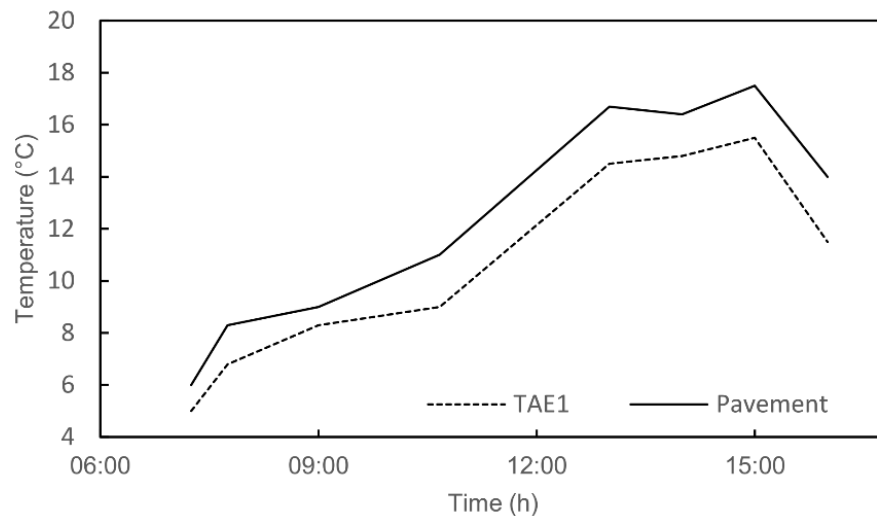
Cavités naturelles



Pas de relation entre matériaux de surface et température



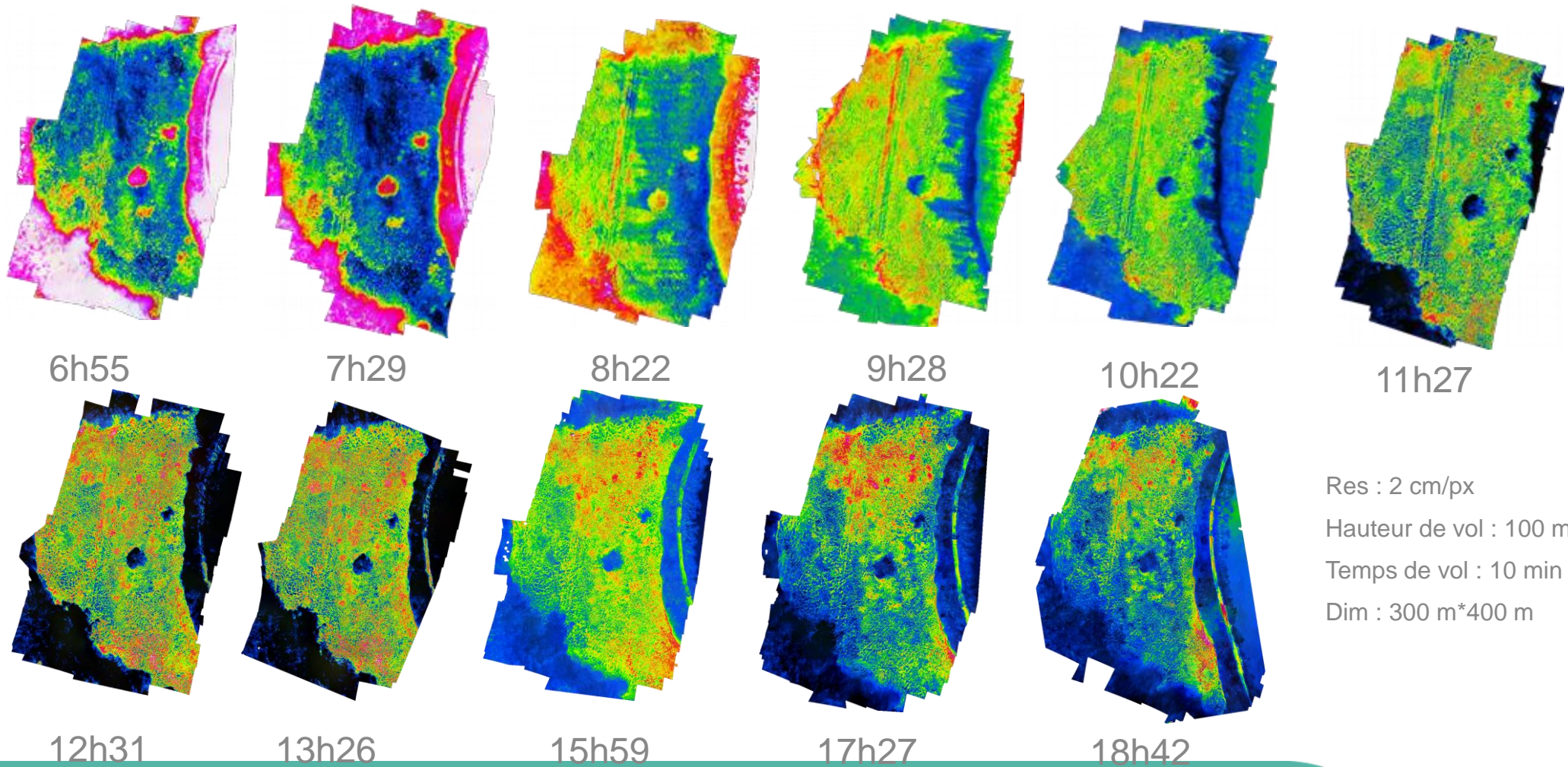
Cavités naturelles



Zones toujours plus froides que les zones saines, relation claire entre anomalies thermiques et déformations



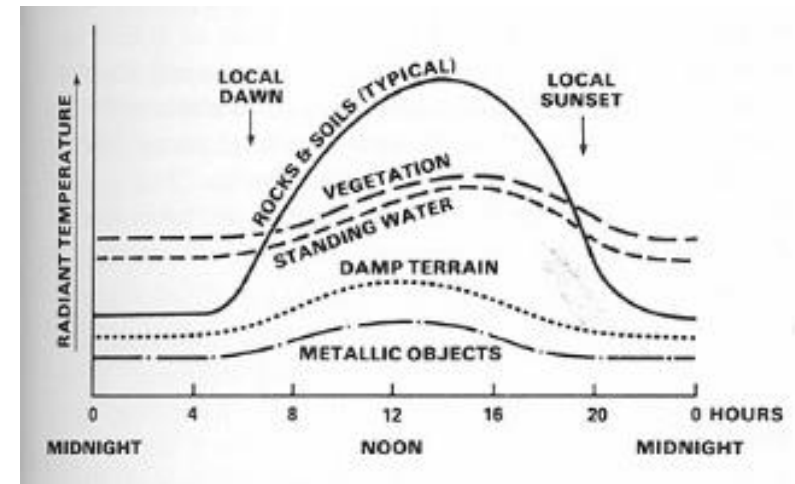
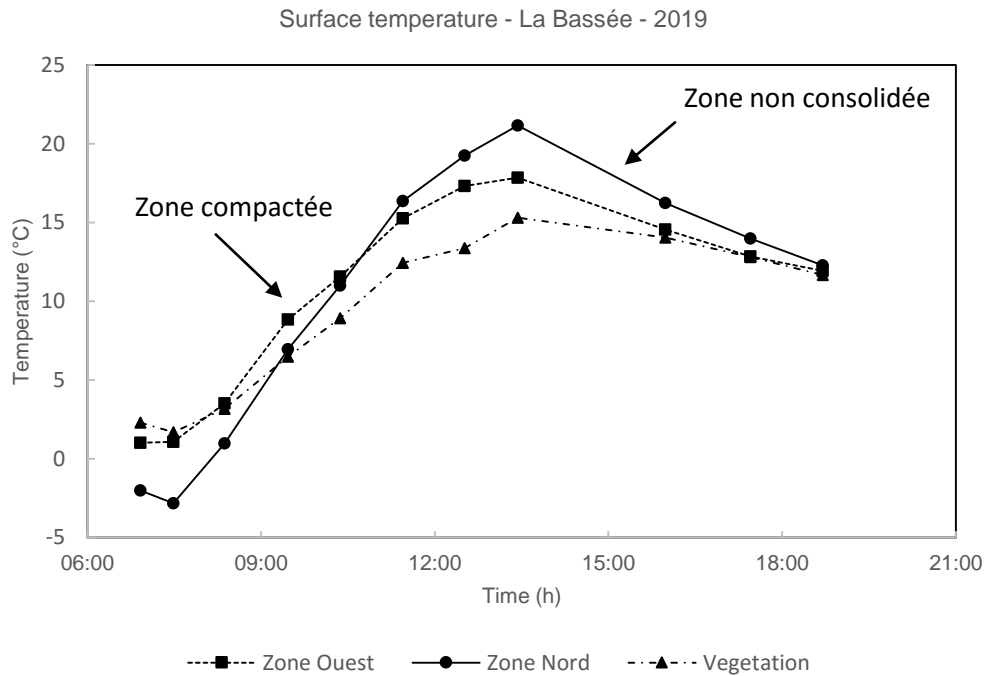
Orthophotographie thermique diurne HR



Res : 2 cm/px
Hauteur de vol : 100 m
Temps de vol : 10 min
Dim : 300 m*400 m



Orthophotographie thermique diurne HR



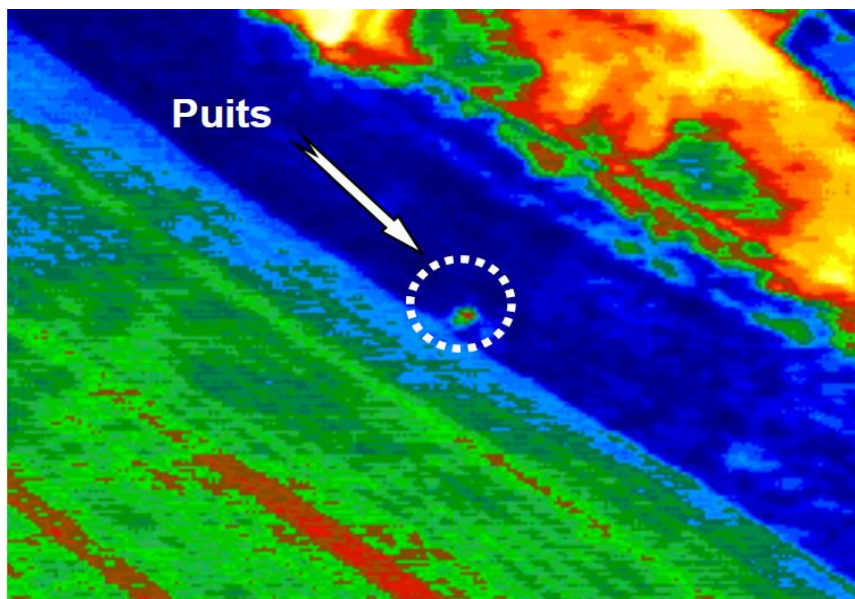
Sabins, 1987

- Obtention des courbes de température diurnes pour chaque pixel des images
- Possibilité de détection de zones de porosité différentes et de zones humides (zones de remontées de nappes, d'infiltration ou d'évaporation préférentielles).

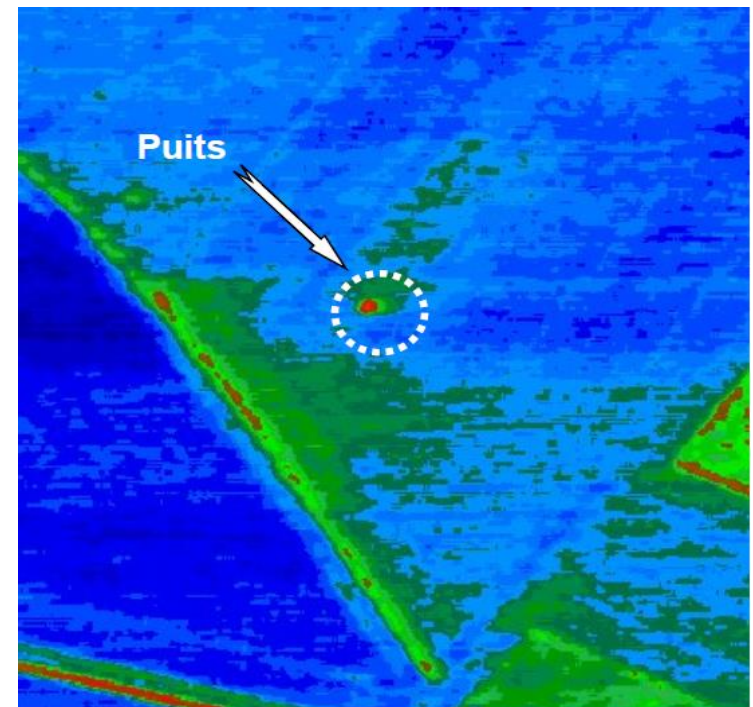


Cavités anthropiques

Observation aéroportée des températures de deux champs juste avant le lever du jour



Puits non comblé



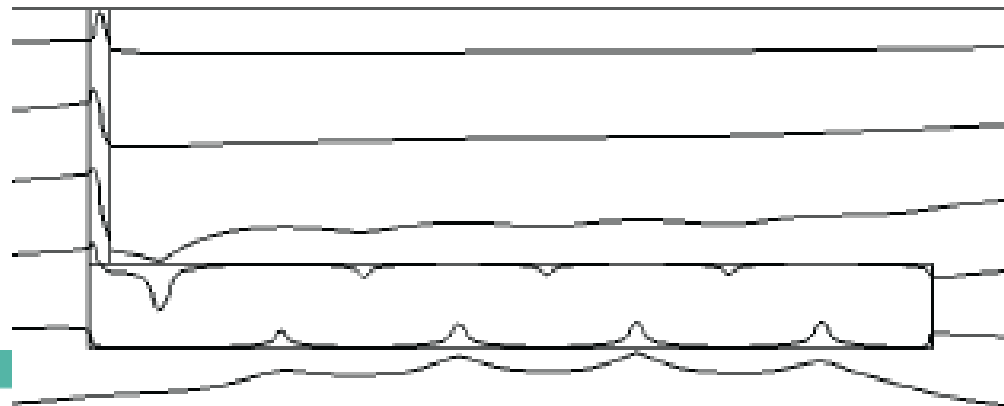
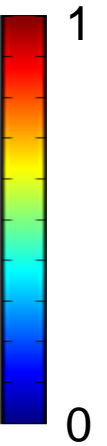
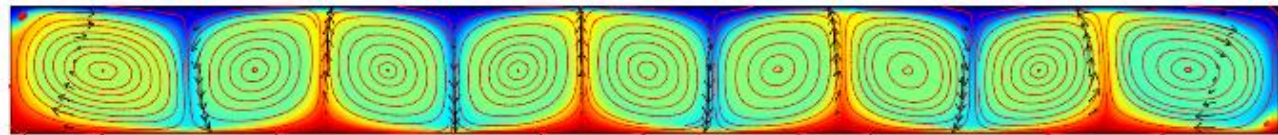
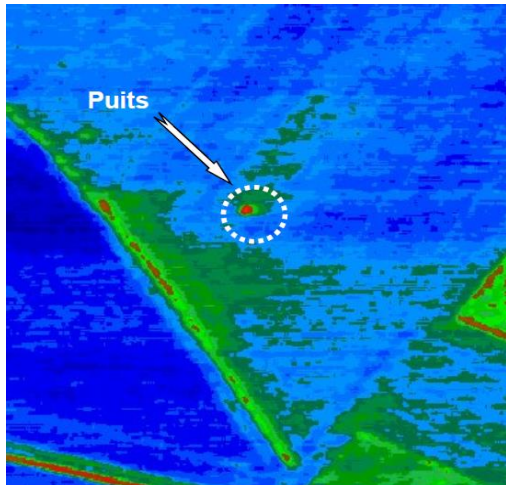
Puits comblé

Anomalies thermiques similaires sur puits comblé ou non : processus interne !



Cavités anthropiques

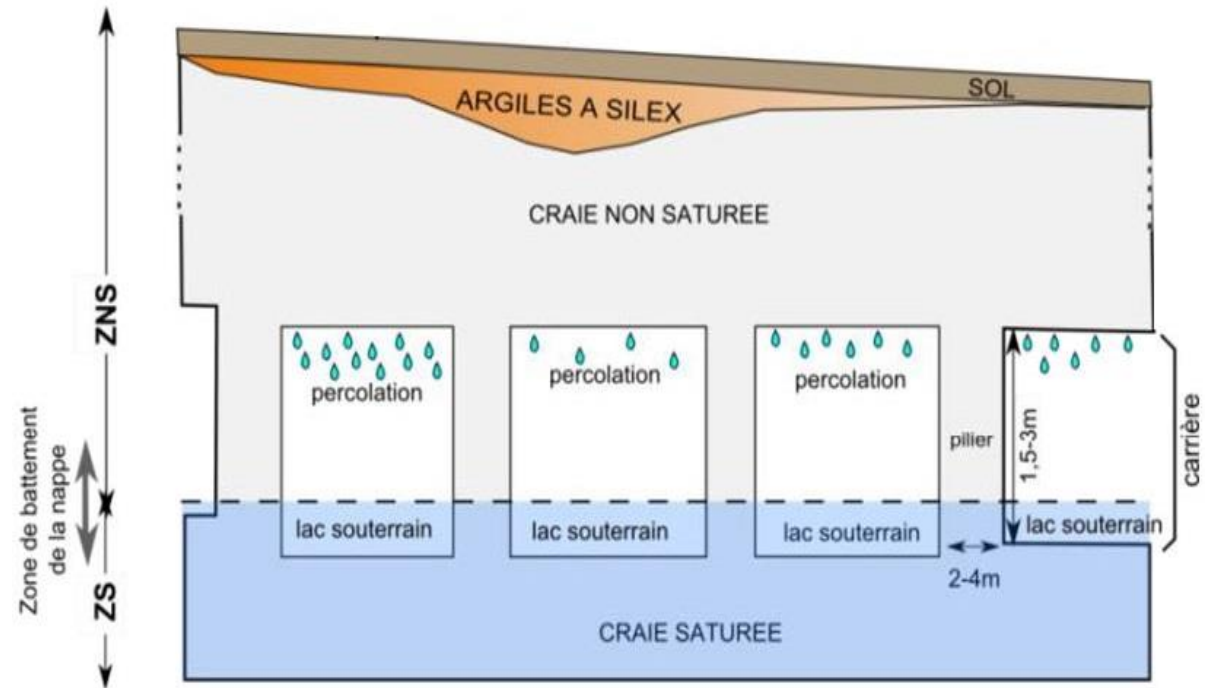
Simulations numériques de la température dans une cavité sujette à une circulation d'air – Détection des échanges cavité / atmosphère rendu possible par drone





Imagerie électrique de pilier de carrière

- Projet EC2CO CARPE « Chalk Aquifer Recharge Processes » avec l'Université Paris-Sorbonne.
- Mesures d'imagerie de résistivité électrique (IRE) effectuées autour d'un pilier.
- Inversion des données grâce au nouveau code d'inversion électrique PyMERI (CEREMA/INSA/IFSTTAR) (projet Région TELEDETAC)

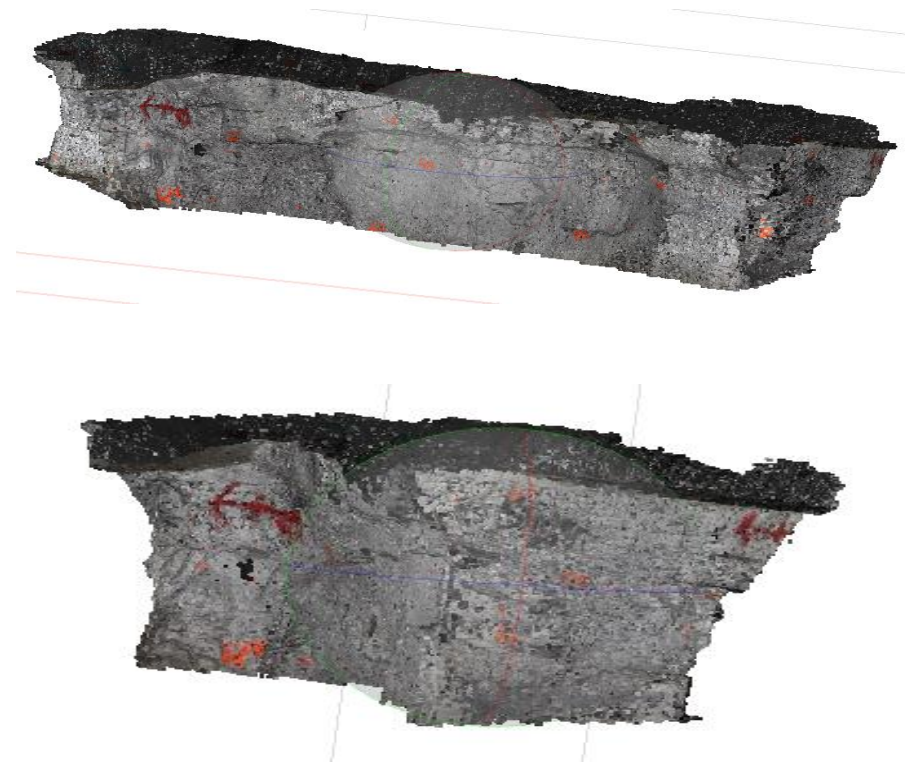




Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

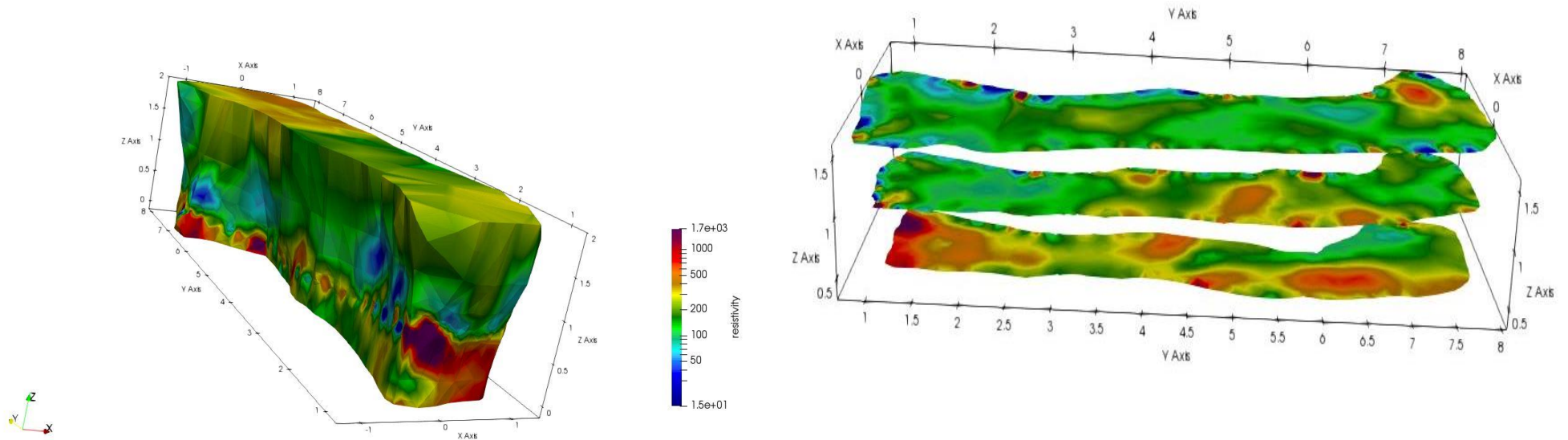
Imagerie électrique de pilier de carrière



Reconstitution 3D du pilier par photogrammétrie (une centaine d'images)



Imagerie électrique de pilier de carrière



- Injection des données 3D du nouveau code d'inversion électrique PyMERI
- Prospective : relations entre paramètres électriques et résistance mécanique du pilier



Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

- Approche pluridisciplinaire tournée 1) vers la compréhension des processus et 2) la mise en œuvre opérationnelle des méthodologies ;
- Approche intégrée : de la mesure à l'interprétation ;
- Approche multi-échelle avec une interaction forte entre les sujets ;
- Utilisation d'outils variés, allant du drone au satellite (non montré ici), en passant par l'imagerie géophysique et la modélisation numérique.



Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Merci de votre attention
