



**HAL**  
open science

## Archéologie et imagerie satellitaire : une coopération à développer

Katia Schörle, Luc Lapierre, Luc Simiroré Diatta, Sébastien Gadal, Julien Seinturier

### ► To cite this version:

Katia Schörle, Luc Lapierre, Luc Simiroré Diatta, Sébastien Gadal, Julien Seinturier. Archéologie et imagerie satellitaire : une coopération à développer. Journée de l'innovation, CNES, Feb 2024, Toulouse, France. hal-04455854

**HAL Id: hal-04455854**

**<https://hal.science/hal-04455854>**

Submitted on 15 Feb 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

# Archéologie et Imagerie Satellitaire : Une coopération à développer

**Katia Schörle<sup>1</sup>**

Avec Luc Lapierre<sup>2</sup>, Luc Diatta<sup>3</sup>, Sébastien Gadal<sup>4</sup>, Julien Seinturier<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Chargée de Recherches CNRS, Centre Camille Jullian, Aix Marseille Université [Katia.schorle@cnrs.fr](mailto:Katia.schorle@cnrs.fr)

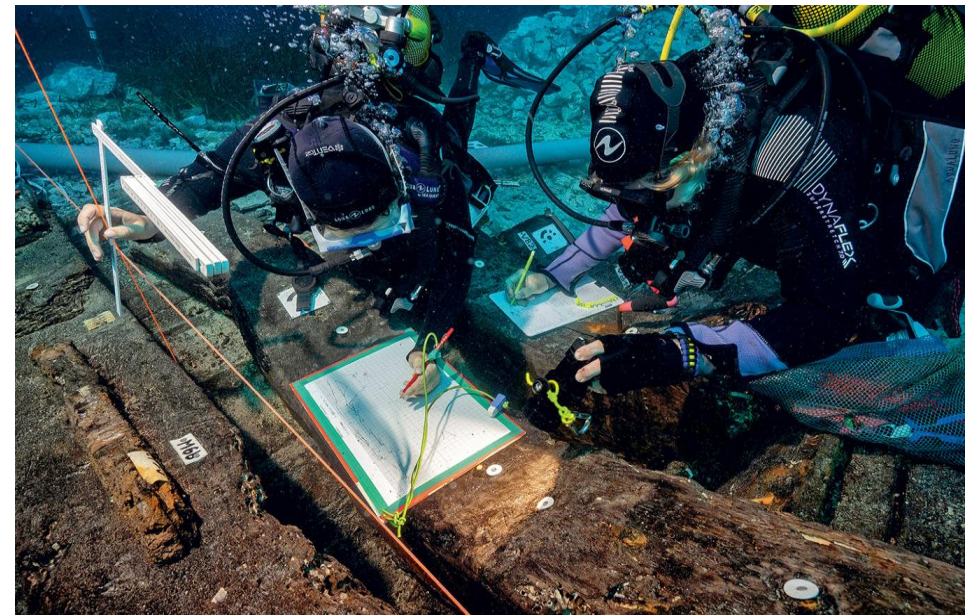
<sup>2</sup> Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection (SFPT)

<sup>3</sup> Centre Européen de Recherche et Enseignement des géosciences de l'environnement (CEREGE), Aix-Marseille Université

<sup>4</sup> UMR 7300 ESPACE, Aix-Marseille Université

<sup>5</sup> Laboratoire d'Informatique et des Systèmes (LIS), Université de Toulon







# L'imagerie spatiale au service du patrimoine culturel *Spatial Imagery at the Service of Cultural Heritage*

2-3 Novembre 2023

Paris, 2 Pl. Maurice Quentin, 75001 Paris



**Luc LAPIERRE (SFPT/ACT/Aouras/AOrOc) & Katia SCHÖRLE (AMU/CNRS/CCJ)**

**Avec Céline Calleya, Dominique Pheav, Yannick Tanguy (CNES)**

# Imagerie Spatiale & archéologie : Approches Méthodologiques

Liades

Altitu

MNS Pierades



Photo d'un fortin

Photo LL

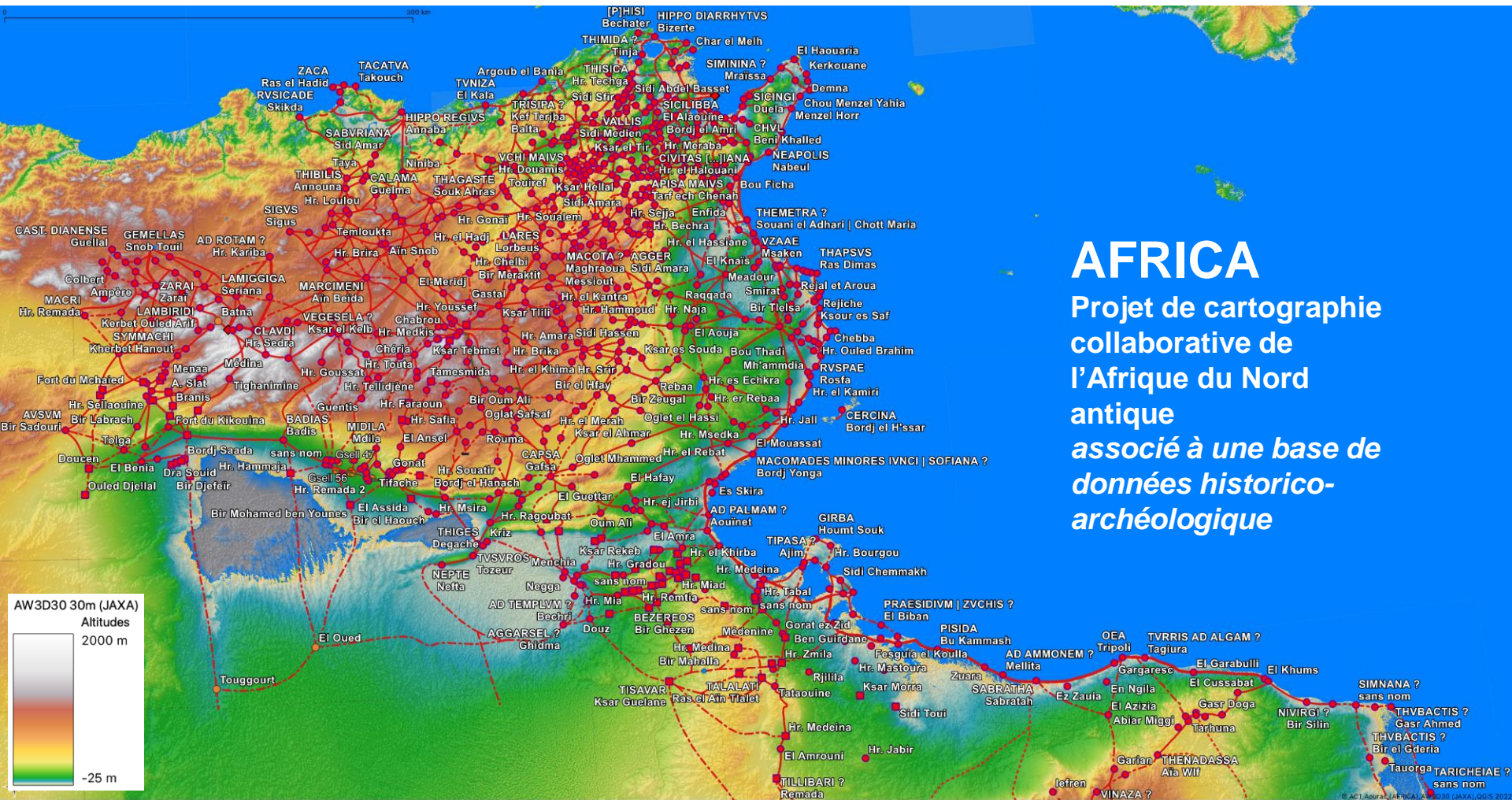
L'image spatiale pour l'étude de grandes infrastructures romaines  
(cadastres ruraux)

La grille cadastrale sur le terrain

Sidi Embarek

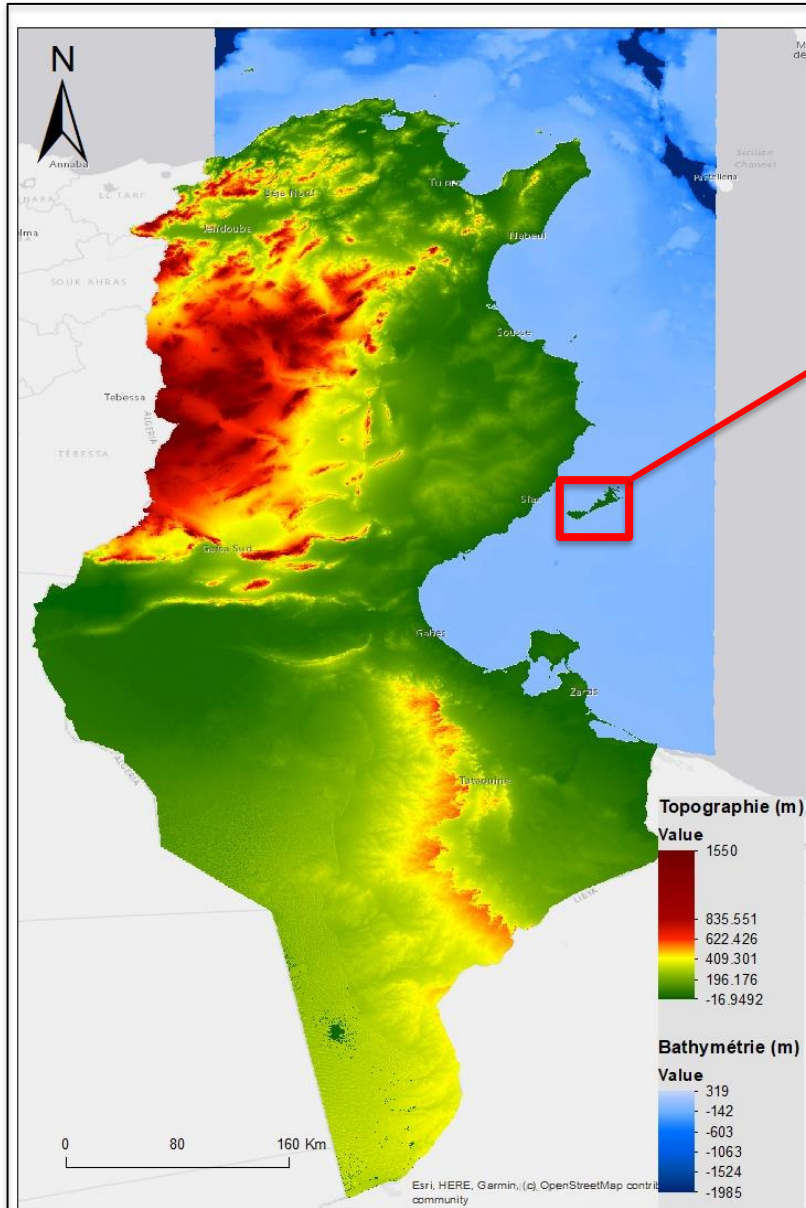
Hr. Ben Hassine

Centurie ~706 m  
Orientation :  $51,3^\circ$  , ratio : 5/4



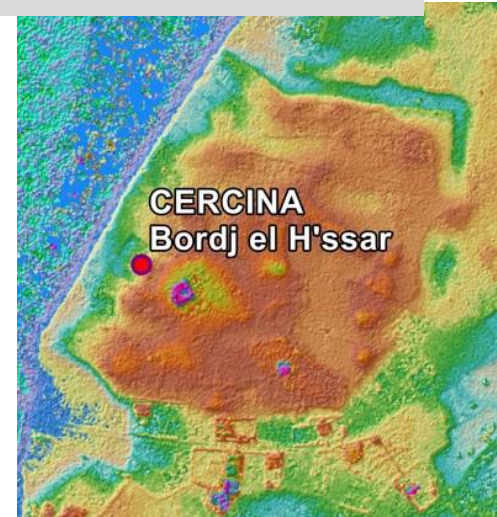
**AFRICA**  
Projet de cartographie  
collaborative de  
l'Afrique du Nord  
antique  
associé à une base de  
données historico-  
archéologique

# Zone d'étude



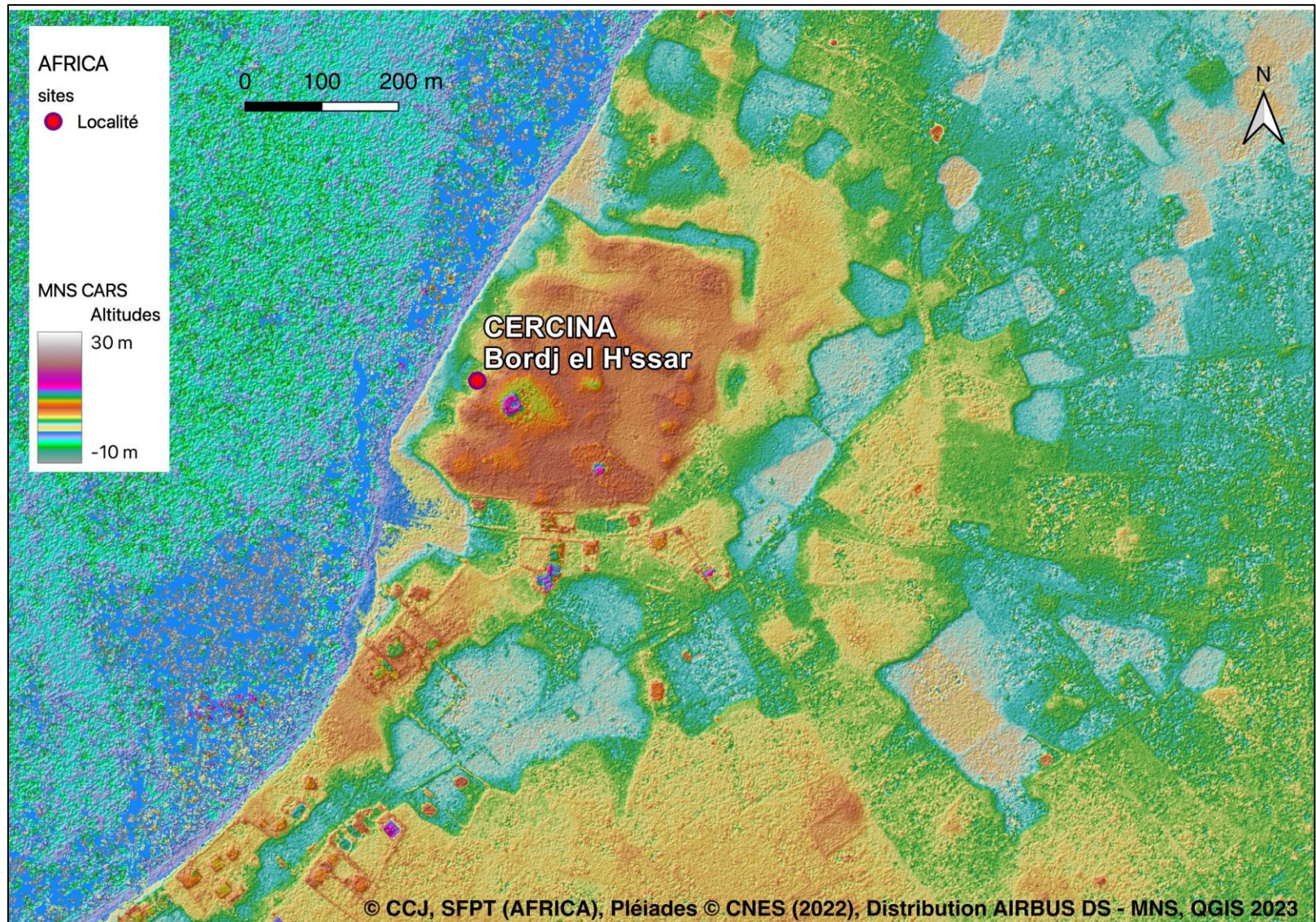
## Archipel des Kerkennah, Tunisie

Secteur étudié





# Archipel des Kerkennah, Tunisie



# Apport de l'imagerie Spatiale

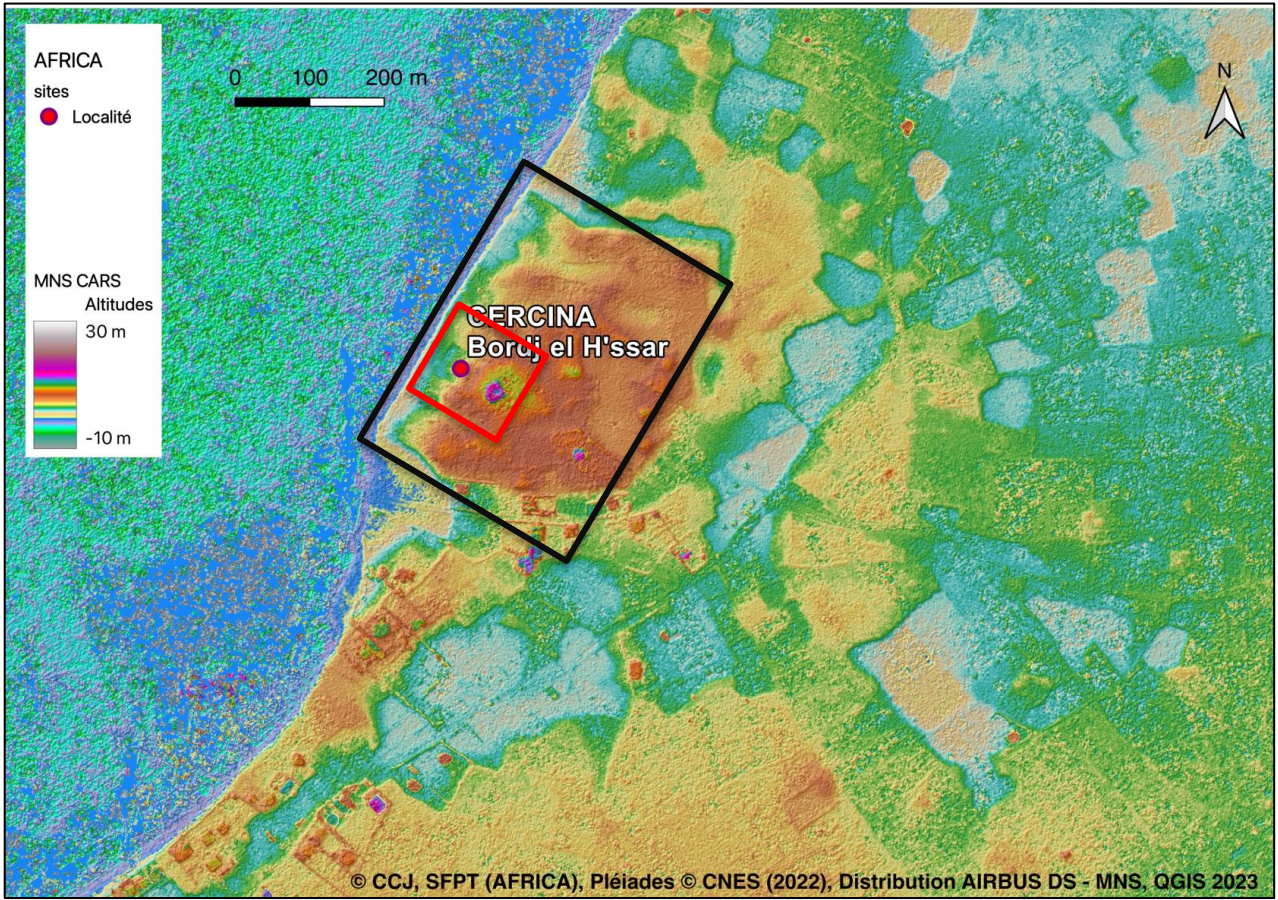
Types d'images	Années	Date d'acquisition	Résolution	Résolution finale	Mode d'acquisition
Pléiades 1	2012	13/03/2012	2.8 m, 70 cm	50 cm	Stéréo
Pléiades 1	2017	16/01/2017	2.8 m, 70 cm	50 cm	Stéréo
Pléiades 2	2022	10/2022/02	2.8 m, 70 cm	50 cm	Stéréo

## Délimitation de la zone de prospection

## MNS

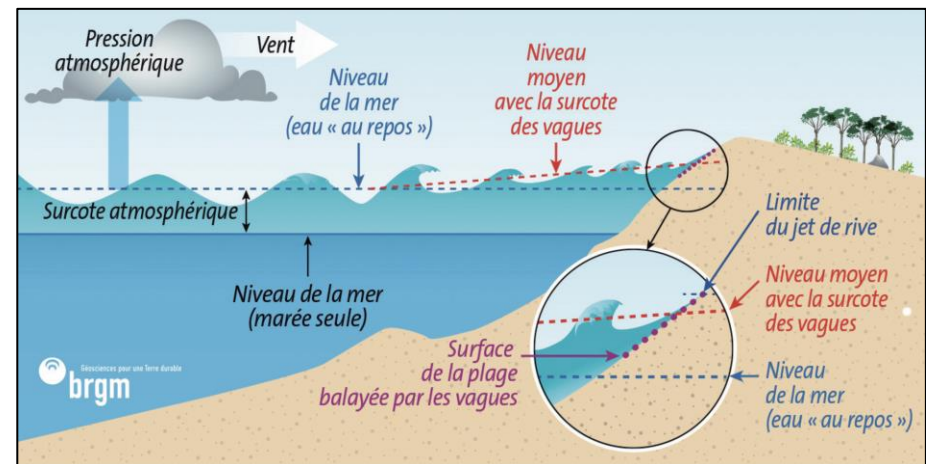
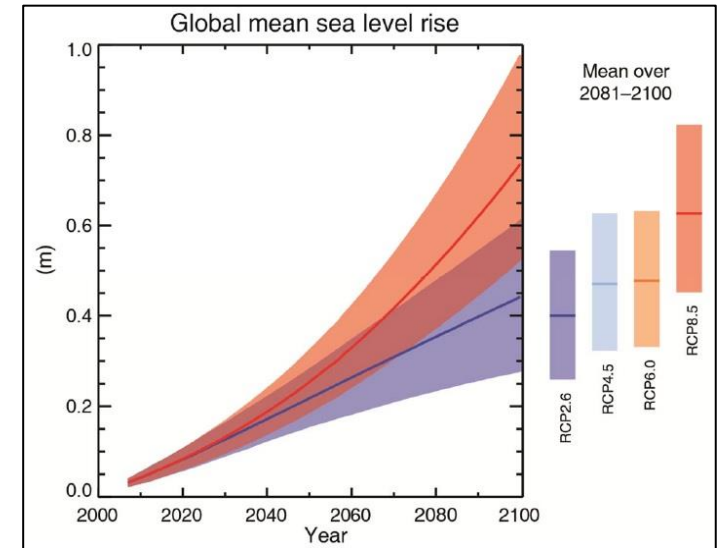
✓ Extension de la zone au-delà de la limite actuelle du site.

✓ Une trentaine de citernes identifiées sur près de 2 km prospecté.



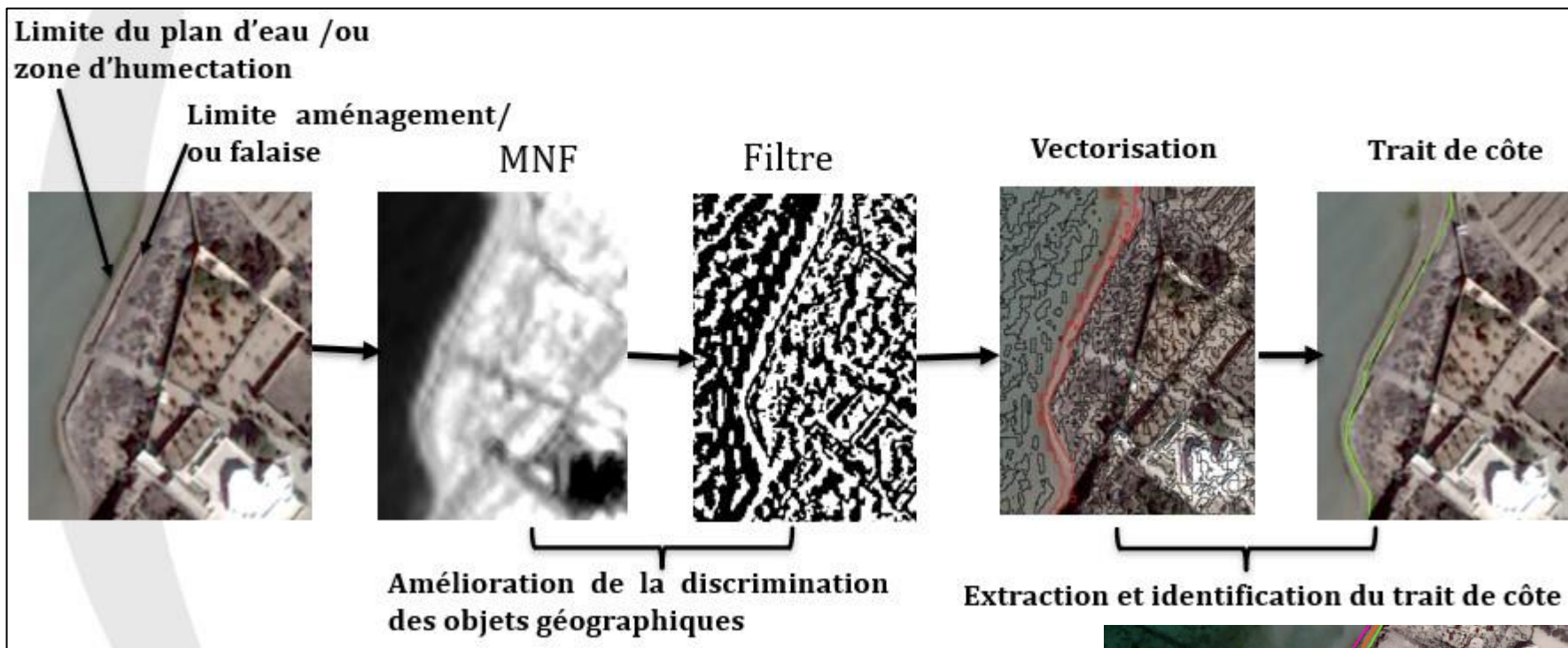
# Changement Climatique Mondial & Gestion du Patrimoine

- Hausse du niveau de la mer
- Multiplication des phénomènes extrêmes
- Tempêtes
- Pénurie des apports sédimentaires
- Accentuation de l'action des agents hydrodynamiques

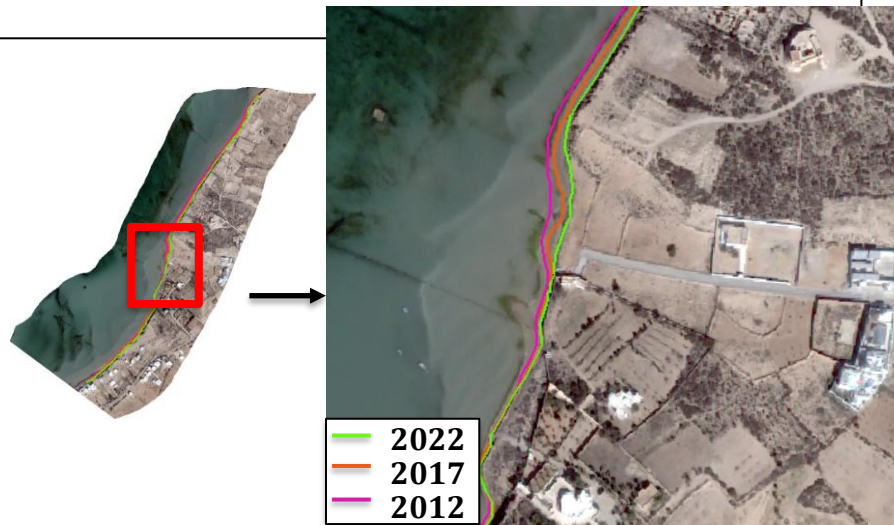


# Suivi de la dynamique du littoral

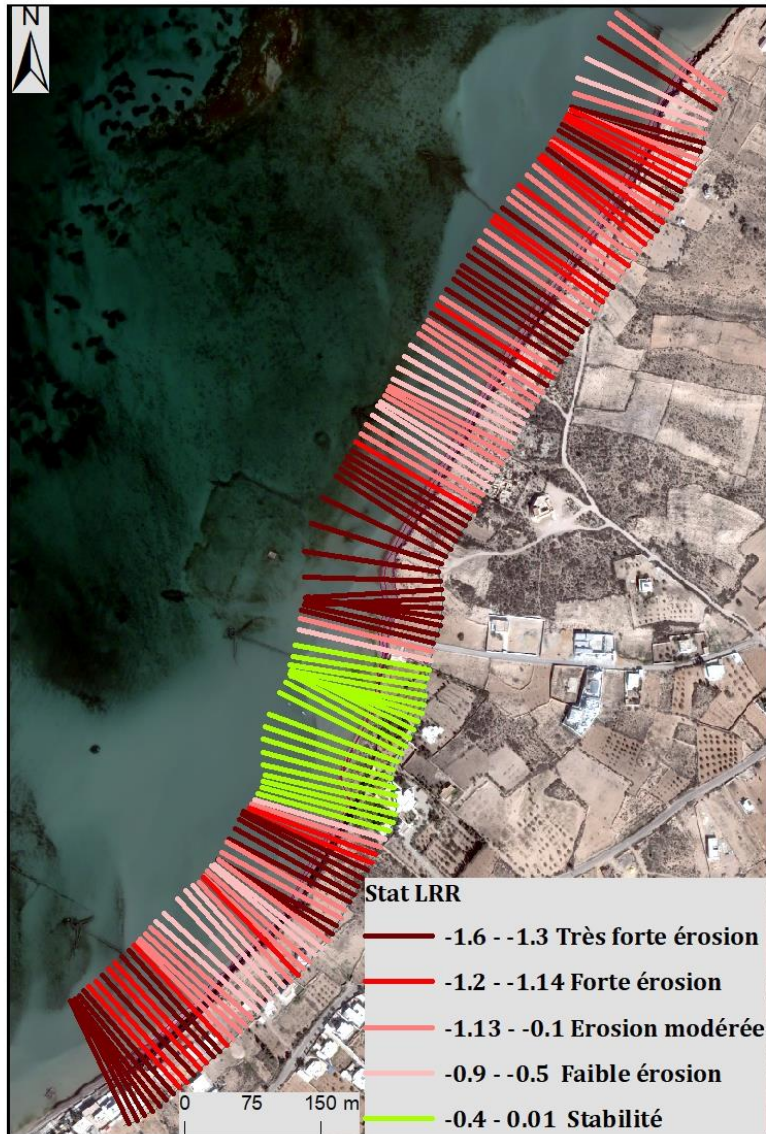
Méthodes d'extraction automatique des différents traits de côtes



- ✓ Identification et extraction des différents traits de côte.

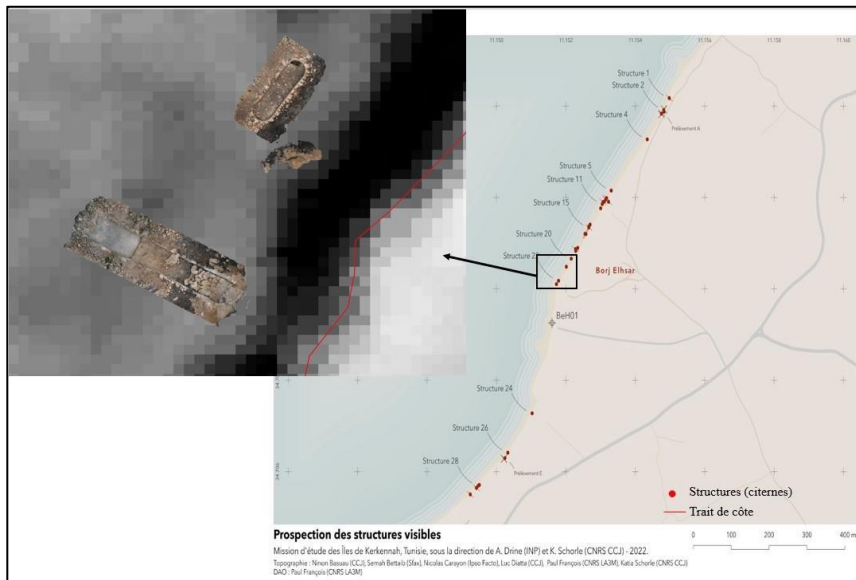


# Résultats



1 m/an

# Destruction du patrimoine



Destruction des vestiges archéologiques et de la ville carthaginoise et romaine



Immersion de sites ou structures



# Destruction du patrimoine

- Nécessité de sauvegarde digitale
- Construction de jumeaux numériques
  - Fidèles
  - Exhaustifs
  - Multimodaux



0 0,5 1 2m  
Echelle : 1:20"

## Citerne 5

Orthophoto de l'élévation, coupe transversale

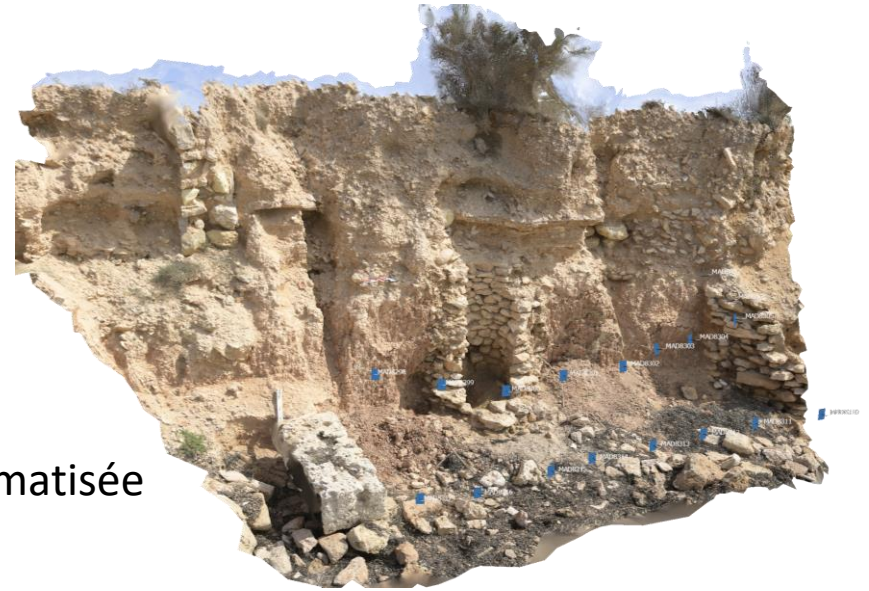
Mission d'étude des îles de Kerkennah, Tunisie - 2022

Relevé : Paul François (CNRS-LA3M)

# Photogrammétrie terrestre et Orthophoto

## ■ Avantages

- Faible cout de déploiement
- Etude à postériori
- Capture de l'élévation (falaise)

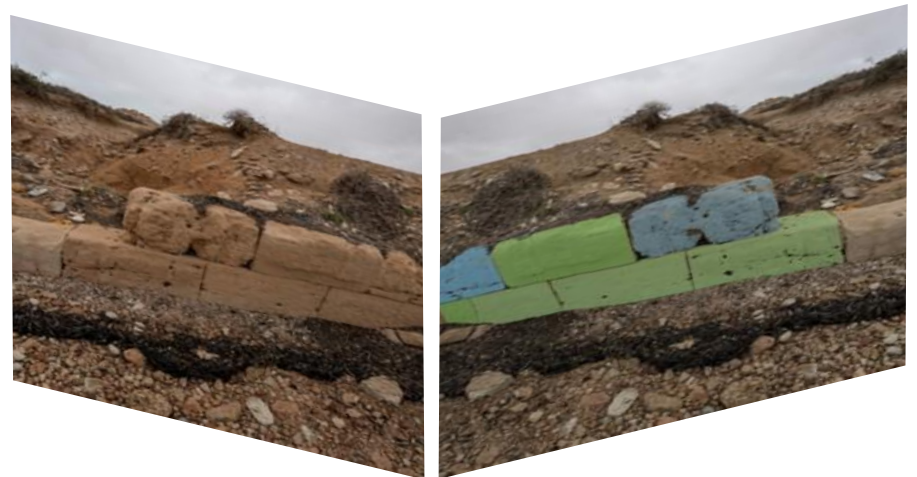


## ■ Approche informatique

- Détection, classification et mesure automatisée
- Jumeau Numérique, XR (VR et AR)

## ■ Limitations

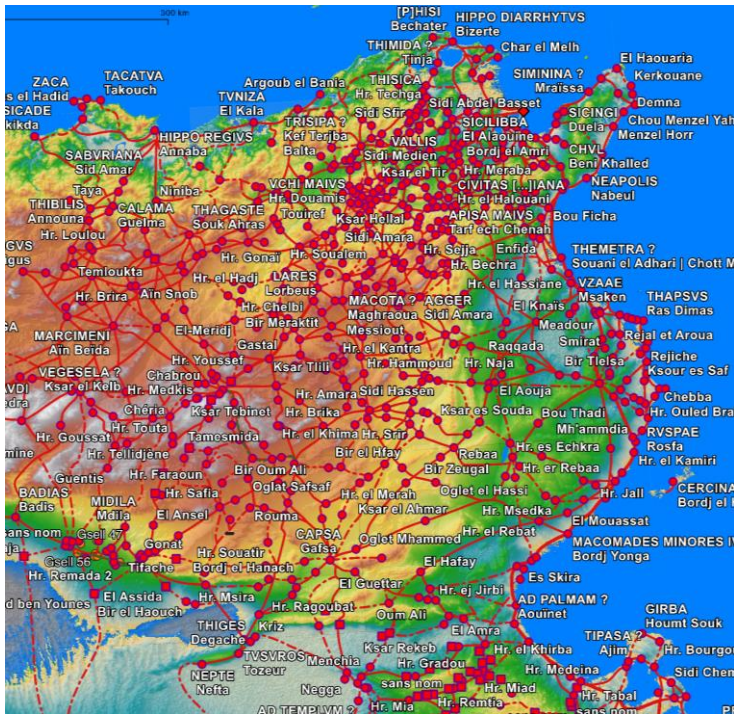
- Présence sur site
- Volume de données
- Non adaptée à une approche exhaustive





# Intelligence Artificielle et Imagerie Spatiale

- Études de données spatiales pour l'archéologie
  - Découvertes de routes commerciales anciennes (AFRICA)
  - Suivi d'évolution d'un site (KERKENNAH)
  - Détection de sites inconnus



# Intelligence Artificielle et Imagerie Spatiale

## ■ Limitations

- Grande quantité d'information
- Modalités variées (Optique, Radar, Multi-spectrale)



**Traitement des données difficile à grande échelle**



**Coupler des méthodes de l'Intelligence Artificielle  
aux données spatiales**

# Intelligence Artificielle et Imagerie Spatiale

## ■ Apprentissage Machine / Intelligence Artificielle Neuronale

- Détection de sites inconnus

- Suivi d'évolution d'un site

## ■ Intelligence Artificielle Symbolique

- Validation d'hypothèses sur des images satellites

## ■ Intelligence Neuro-Symbolique

- Mêlé connaissances expertes et Apprentissage

- Intégration de l'imagerie spatiale dans un corpus plus vaste

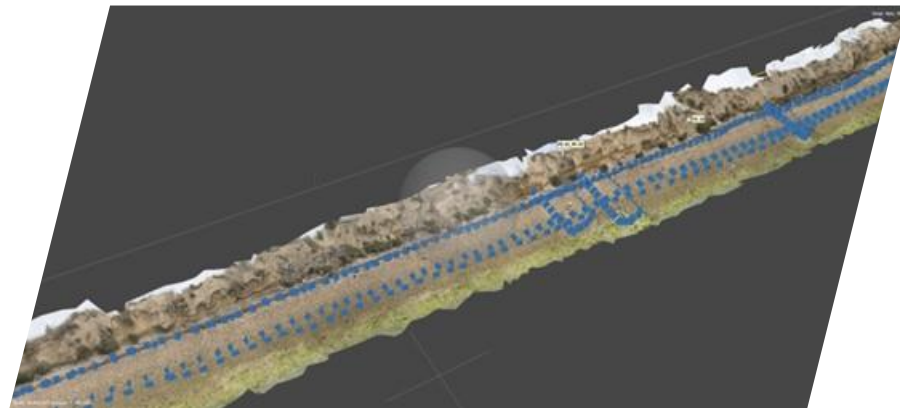
- Sémantisation d'images spatiales



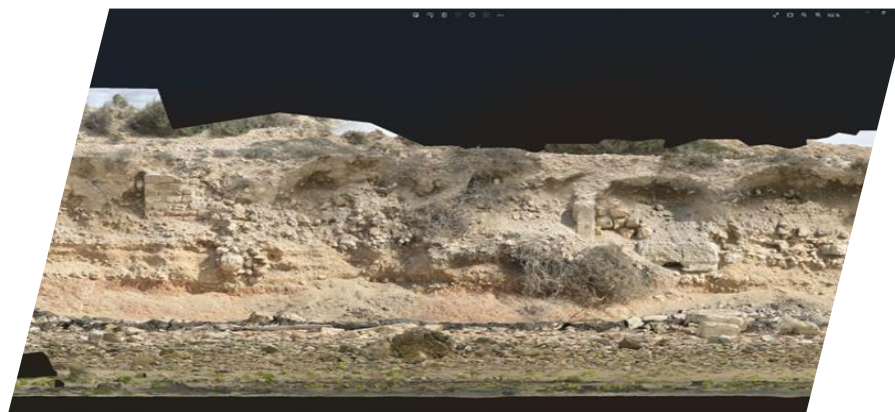
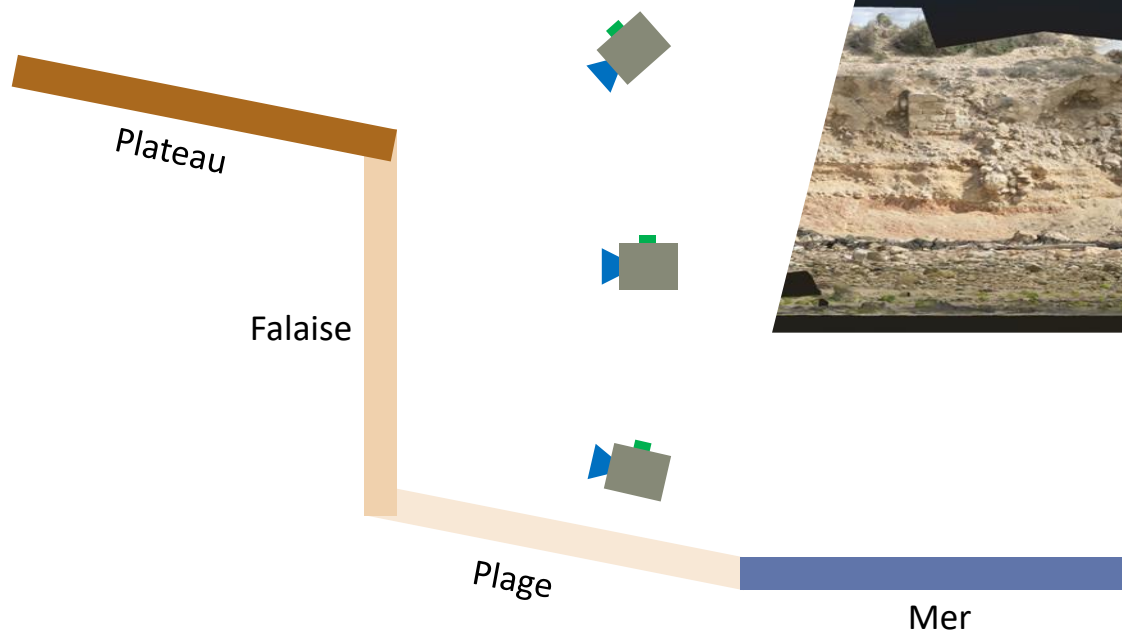
# Photogrammétrie terrestre et Orthophoto

## ■ Modélisation fine

- Niveau de détail < 1mm
- Env. 3000 photographies
- 800 m de littoral numérisé
- Référencée via points topographiques



## ■ Protocole de relevé



**Perspectives de  
collaboration avec le  
CNES : constellation  
CO3D**

# Conclusions



**Avec mes remerciements à toute l'équipe du projet SPAT:**

**Loica Avanthey** (Epita), **Laurent Baudouin** (Epita), **Semah Bettaieb** (Univ. Sfax), **Luc Diatta** (CEREGE, Aix-Marseille Université), **Ali Drine** (INP), **Paul François** (LA3M, CNRS), **Sébastien Gadal** (Géographie, Aix-Marseille Université), **Ridha Ghaddhab** (Université de Sousse, Tunisie), **Sami Khemiri** (Université Tunis El Manar, Tunisie) **Luc Lapierre** (SFPT), **David Ollivier** (LA3M, CNRS), **Julien Seinturier** (LIS, Univ. Toulon), **Philippe Soubias** (CCJ, CNRS) et l'Institut National du Patrimoine de Tunisie







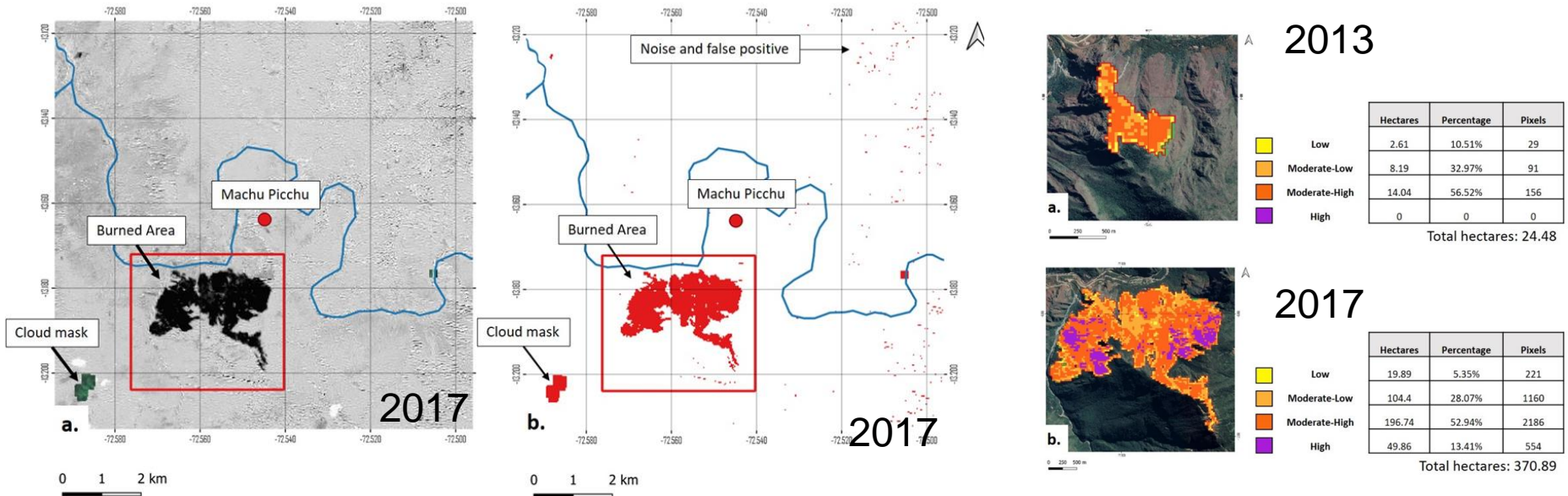




# Analysis of Big data & artificial Intelligence

Analysis of potentially damaging events for the natural and cultural heritage (e.g. Wildfire)

Natural Park of Machu Picchu (two fire events 2013 and 2017)



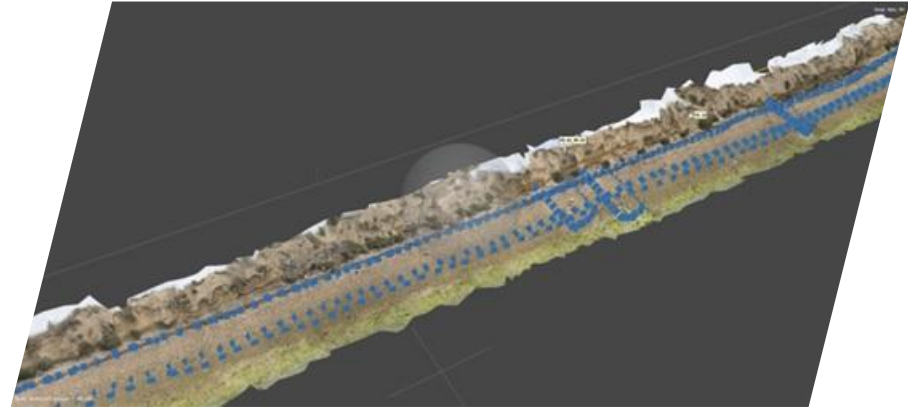
Lasaponara, R., Abate, N., Fattore, C., Masini, N. (2022). Open Big Earth Observation Data and Artificial Intelligence for the Study and Preservation of UNESCO Natural and Cultural Heritage: The Case of Machu Picchu. In: Ziólkowski, M., Masini, N., Bastante, J.M. (eds) Machu Picchu in Context. Springer, Cham.

[https://doi.org/10.1007/978-3-030-92766-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92766-0_6)

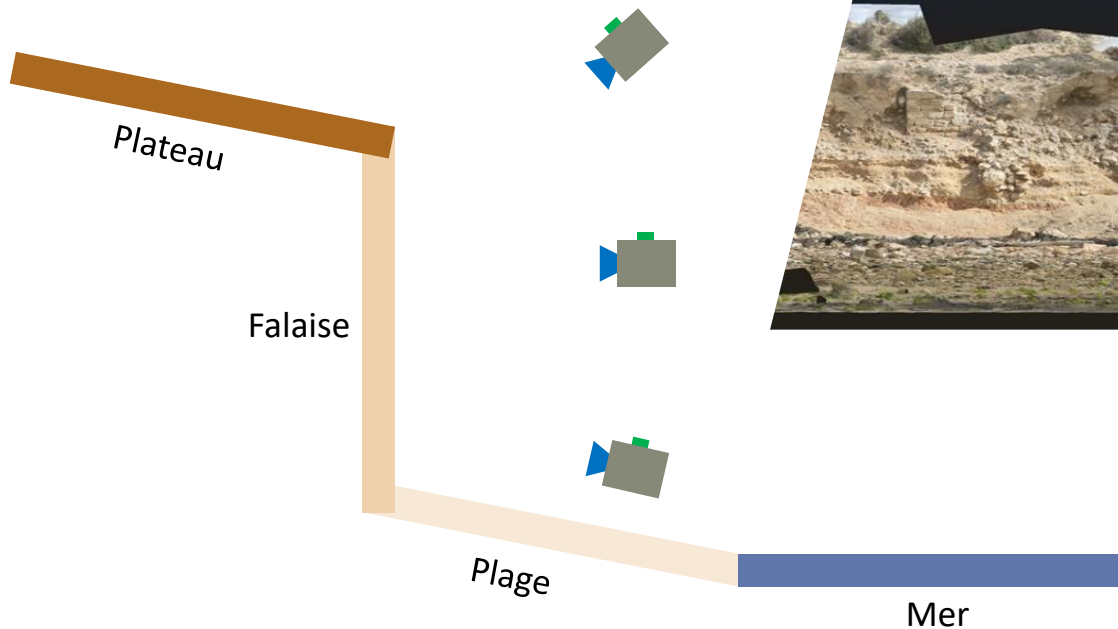
# Photogrammétrie terrestre et Orthophoto

## ■ Modélisation fine

- Niveau de détail < 1mm
- Env. 3000 photographies
- 800 m de littoral numérisé
- Référencée via points topographiques



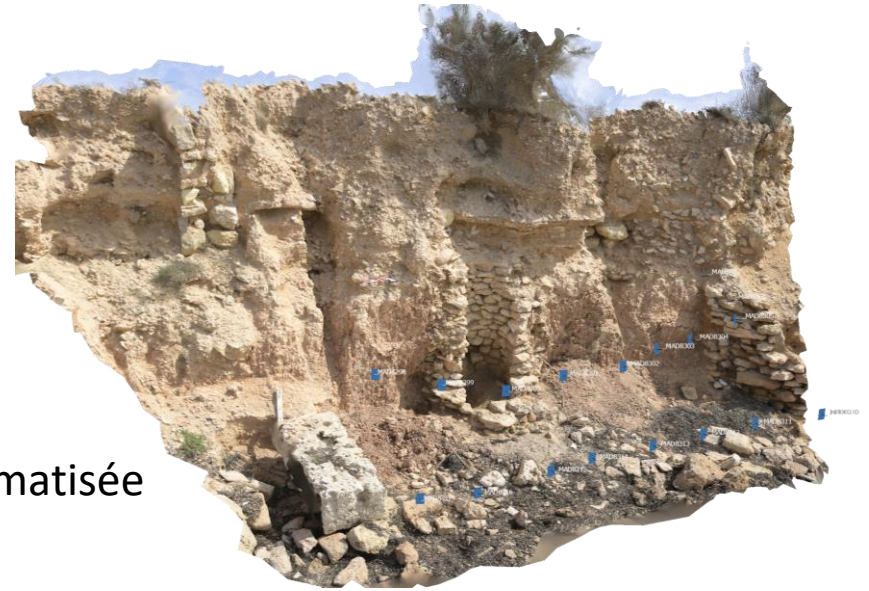
## ■ Protocole de relevé



# Photogrammétrie terrestre et Orthophoto

## ■ Avantages

- Faible cout de déploiement
- Etude à postériori
- Capture de l'élévation (falaise)

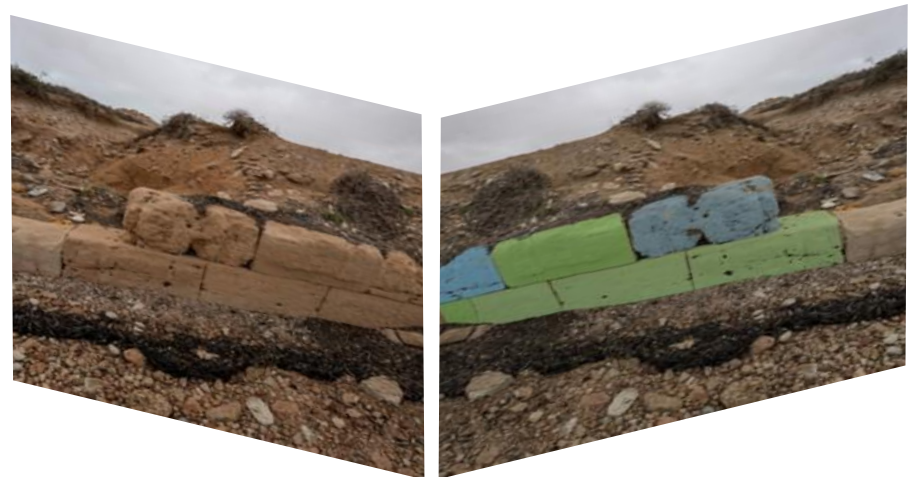


## ■ Approche informatique

- Détection, classification et mesure automatisée
- Jumeau Numérique, XR (VR et AR)

## ■ Limitations

- Présence sur site
- Volume de données
- Non adaptée à une approche exhaustive





# L'archipel des Kerkennah, Tunisie

