



**HAL**  
open science

## **Un oeil numérique sur les cimes**

Carine Calastrenc, Marie-Claude Bal, François Baleux, Pierre Campmajo, Arthur Chiron, Nicolas Dobigeon, Maialen Gauthier, Luc Lapierre, Antoine Laurent, Matthieu Le Bailly, et al.

### ► **To cite this version:**

Carine Calastrenc, Marie-Claude Bal, François Baleux, Pierre Campmajo, Arthur Chiron, et al.. Un oeil numérique sur les cimes. Séminaire d'équipe, Equipe Terrae (Lab. Tracesà, Jan 2026, Toulouse (Université Toulouse II Jean Jaures), France. <hal-05488585>

**HAL Id: hal-05488585**

**<https://hal.science/hal-05488585v1>**

Submitted on 2 Feb 2026

**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.



Copyright - All rights reserved

# Un œil numérique sur les cimes

Comment le non-invasif redéfinit la carte archéologique en montagne

Carine Calastrenc<sup>1</sup> (Dir.), Marie-Claude Bal<sup>4</sup>, François Baleux<sup>1</sup>, Pierre Campmajo<sup>1</sup>, Arthur Chiron<sup>3</sup>, Nicolas Dobigeon<sup>3</sup>, Maialen Gauthier<sup>2</sup>, Luc Lapierre<sup>6</sup>, Antoine Laurent<sup>1</sup>, Matthieu Le Bailly<sup>8</sup>, Muriel Llubes<sup>5</sup>, Nicolas Mellado<sup>3</sup>, Batiste Mellier<sup>5</sup>, Josu Narbarte Hernandez<sup>7</sup>, Magali Philippe<sup>4</sup>, Nicolas Poirier<sup>1</sup>, Christine Rendu<sup>1</sup>, Romain Vercasson<sup>5</sup>

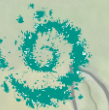
Consortium de recherche



Partenariats financiers récurrents



Partenariats financiers ponctuels



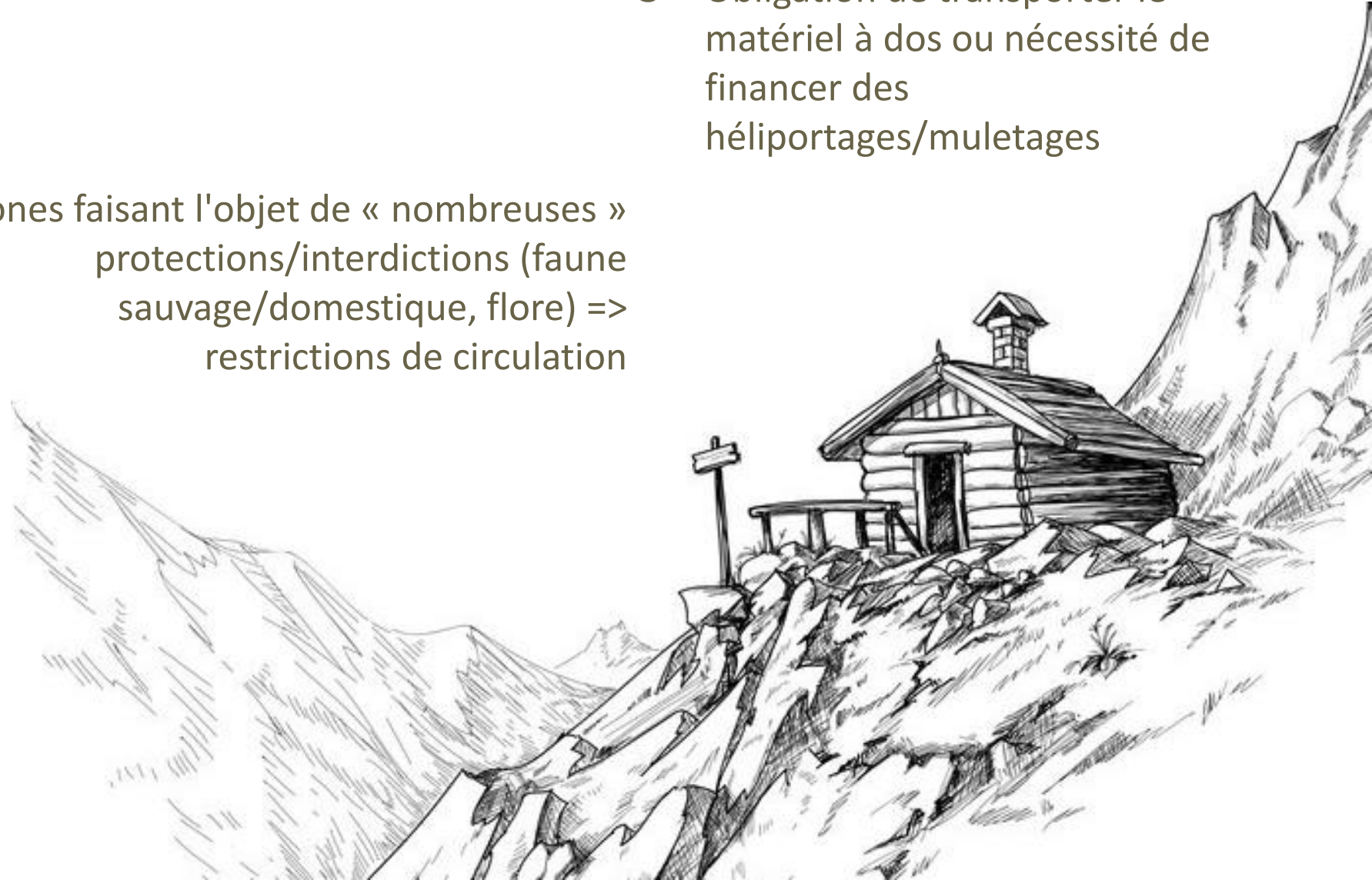
1. TRACES, UMR 5608, Toulouse
2. FRAMESPA, UMR 5136, Toulouse
3. IRIT, UMR 5505, Toulouse
4. GEODE, UMR 5602, Toulouse
5. GET, UMR 5563, Toulouse
6. Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection Saint Mandé
7. Universidad del País Vasco, Vitoria-Gasteiz (Espagne)
8. CHRONO-ENVIRONNEMENT, UMR 6249, Bensaçon

Séminaire d'équipe – Terrae  
30 janvier 2026

3 Obligation de transporter le matériel à dos ou nécessité de financer des héliportages/muletages

2 Zones faisant l'objet de « nombreuses » protections/interdictions (faune sauvage/domestique, flore) => restrictions de circulation

1 Difficulté d'accès (marche d'approche) et contraintes météorologiques importantes (6 mois d'inaccessibilité)



Plans des bâtiments visibles en surface



Estive d'Anéou – Str. 308



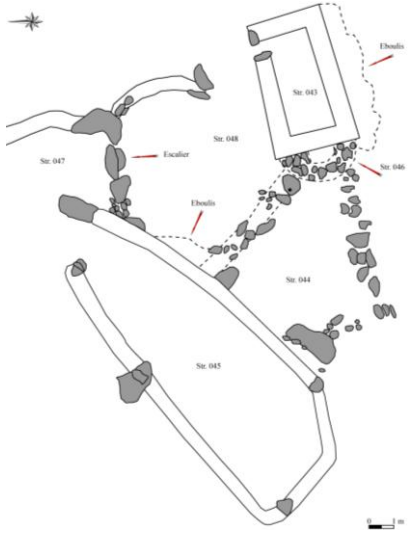
Estive d'Anéou – Str. 235



Str. 10 – Estive d'Anéou



Str. 8 – Estive d'Anéou



Str. 43 à 48 – Estive d'Anéou



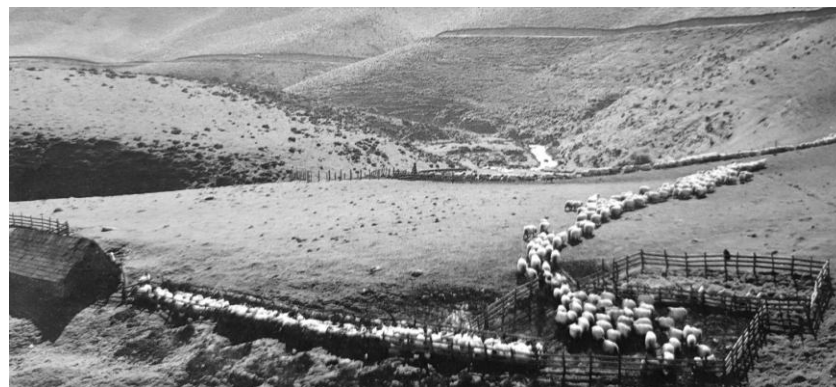
Str. 42 – Estive d'Anéou



Comment identifier les infrastructures réalisées totalement ou partiellement en matériaux périssables.



Vallée de Guarrinza (Aragon Espagne) –  
1933 Auteur : Compairé



Auteur : Jacques Blot

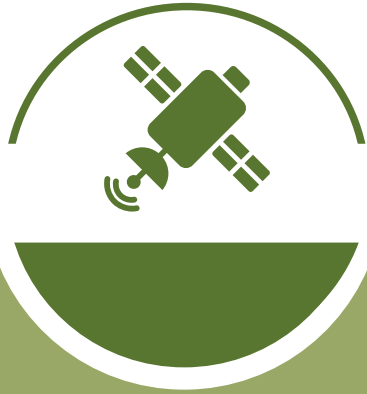


Vallée de Ansó (Aragon - Espagne) – 1920-1936  
Auteur : Ricardo Compairé Escartín

## T.A.H.M.M. : Développer de nouvelles procédures d'approche archéologique des milieux d'altitude

- Comment traiter des surfaces plus importantes dans un temps plus court ?
- Comment obtenir un inventaire statistiquement significatif qui inclut les structures visibles en surface, celles recouvertes par les colluvions, la végétation et/ou arasées par les activités humaines ?





Échelle de travail : un massif

### Téledétection par satellite

=> Localiser les groupes pastoraux en bon état de conservation.

Acquisition Pléiades - prog. ISIS du CNES en 2019, 2020 et 2023.



Echelle de travail : une montagne

### Lidar HD de l'IGN

=> Localiser les structures en pierres sèches + microrelief



Echelle de travail : une partie d'estive

### Photogrammétrie, thermographie, images multispectrales et Lidar

=> Localiser les structures en pierres sèches et identifier les détails architecturaux.



Echelle de travail : une structure

### Géoradar, magnétomètre et résistivimètre

=> Localiser et identifier certaines infrastructures invisibles en surface (aire de chauffe, mur, objet métallique, ... etc).



Echelle de travail : une molécule / macromolécule

### Analyses chimiques des sols (XRF) et de l'ADN de paleo-parasite

=> Localiser des aires de stabulation invisibles en surface et niveau d'occupation

## 2024/2025 => Programme TAHMM

### Zones tests

1. Réserve Régional d'Aulon (65)
2. Enveitg (66)
3. Estaing (65)
- 4 Estive d'Anéou (Laruns \_64)

### Partenariats de recherche

5. Pierres gravées (Vielle-Aure - 65 - Dir. P. Foucher )
6. Fouille programmée (Bagnères-de-Bigorre - 65 - Dir. N. Lluault)
7. Prog. Paacte (Dir. M. C. Bal)
8. Master 2 Recherche Ethnoarchéologie (M. Gauthier)
9. Master 2 Recherche Géophysique (Batiste Mellier et Romain Vercasson)
10. Prog. PETRA (Dir. I. Arauzo)
11. Master 2 Recherche Intelligence Artificielle (A. Chiron)
12. PCR Habiter la montagne (Dir. C. Rendu)
13. Sinjajevina (Monténégro - Dir. M.C. Bal)



# Un œil numérique sur les cimes

Début de l'insertion de l'Intelligence Artificielle



# 2024 -> Insertion de l'intelligence Artificielle

Arthur Chiron

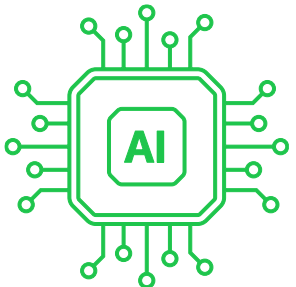


## Encadrants

- Nicolas **Mellado**, CR CNRS, IRIT
- Nicolas **Dobigeon**, PR, Univ. P. Sabatier
- Carine **Calastrenc**, IR CNRS



Stage financé par l'ANR SLAAM (Dir. N. Mellado)



# Internship report

Arthur Chiron

UNDER THE SUPERVISION OF

Nicolas Mellado [IRIT, CNRS]

Carine Calastrenc [TRACES, CNRS]

Nicolas Dobigeon [INP, IRIT]

Detection of archaeological structures in high and medium mountains  
using 3D point clouds



TRAVAUX  
ET RECHERCHES  
ARCHÉOLOGIQUES  
SUR  
LES CULTURES,  
LES ESPACES  
ET LES SOCIÉTÉS

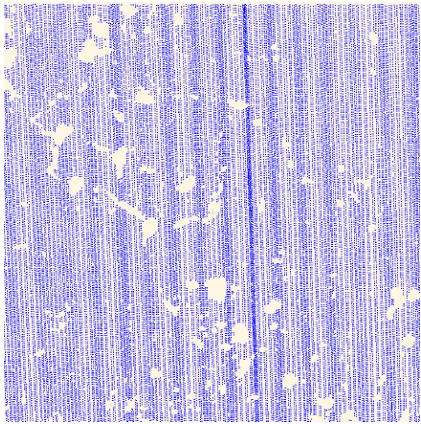
FACULTY OF SCIENCE AND ENGINEERING  
COMPUTER SCIENCE DEPARTMENT  
TOULOUSE, FRANCE  
JULY 1, 2024

Stage Master 2 – Arthur Chiron

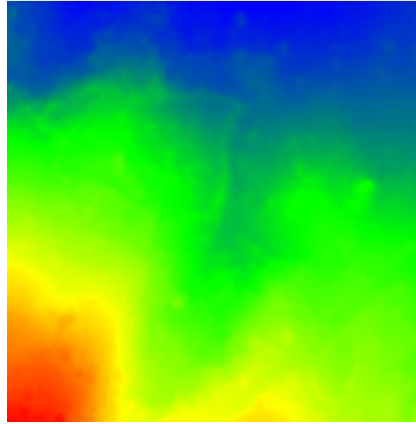
# Insertion de l'intelligence Artificielle => Classification par l'image

Arthur Chiron

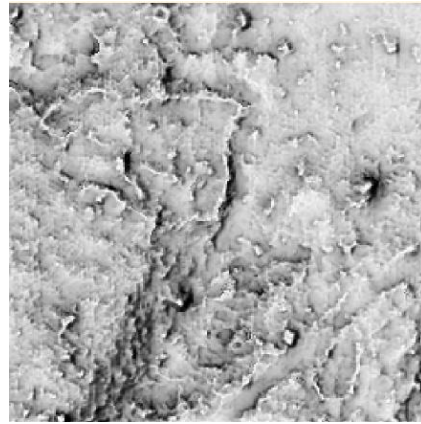
## Méthode basée sur l'image



Nuage de point



Modèle Numérique de Terrain



Ombrage

# Insertion de l'intelligence Artificielle => Classification par l'image

Arthur Chiron

## Méthode basée sur l'image



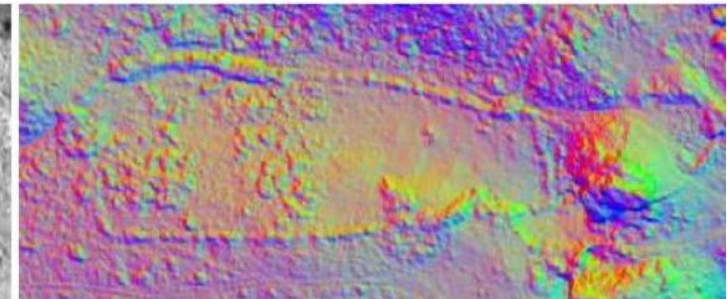
(a) Satellite.



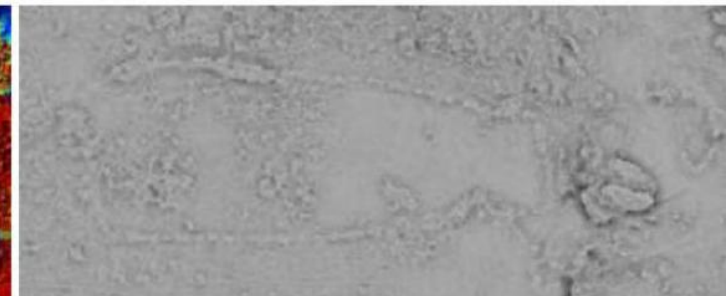
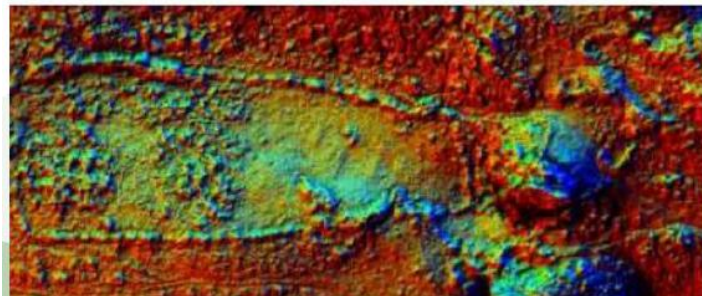
(b) Satellite avec annotation.



(c) Ombrage.



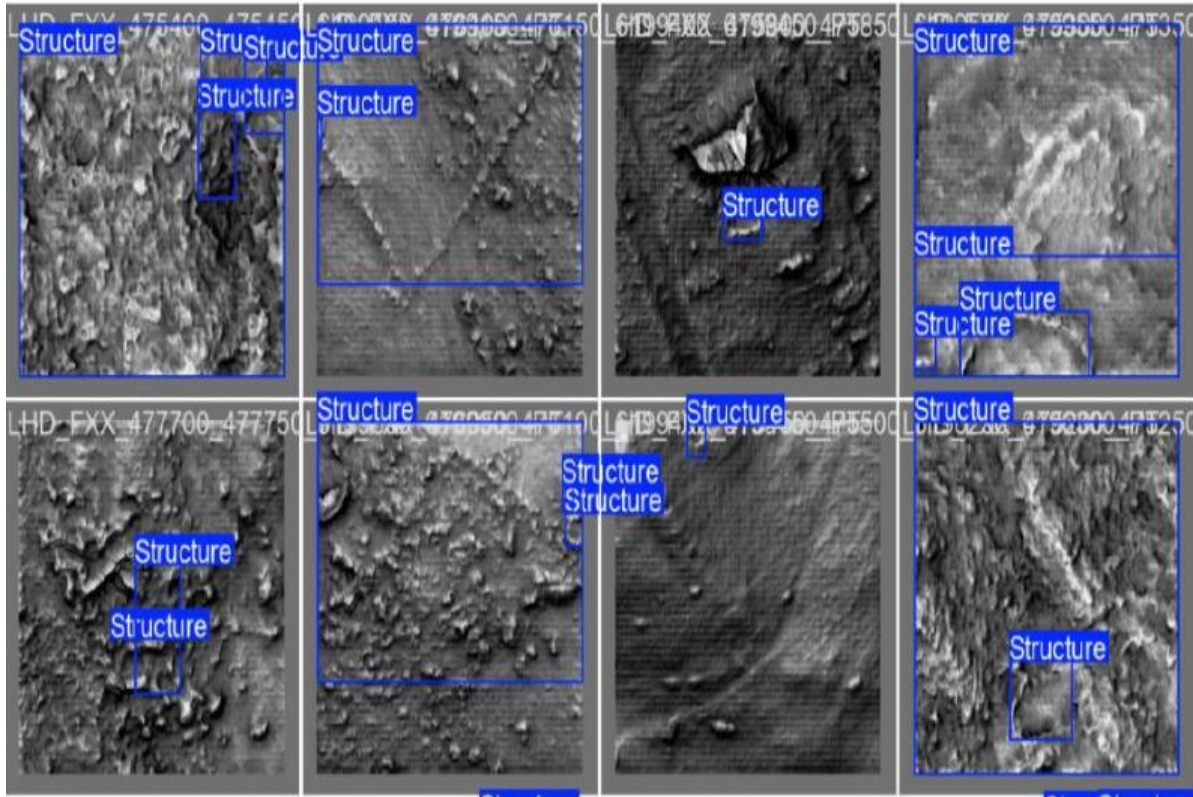
(d) Ombrage avec plusieurs directions.



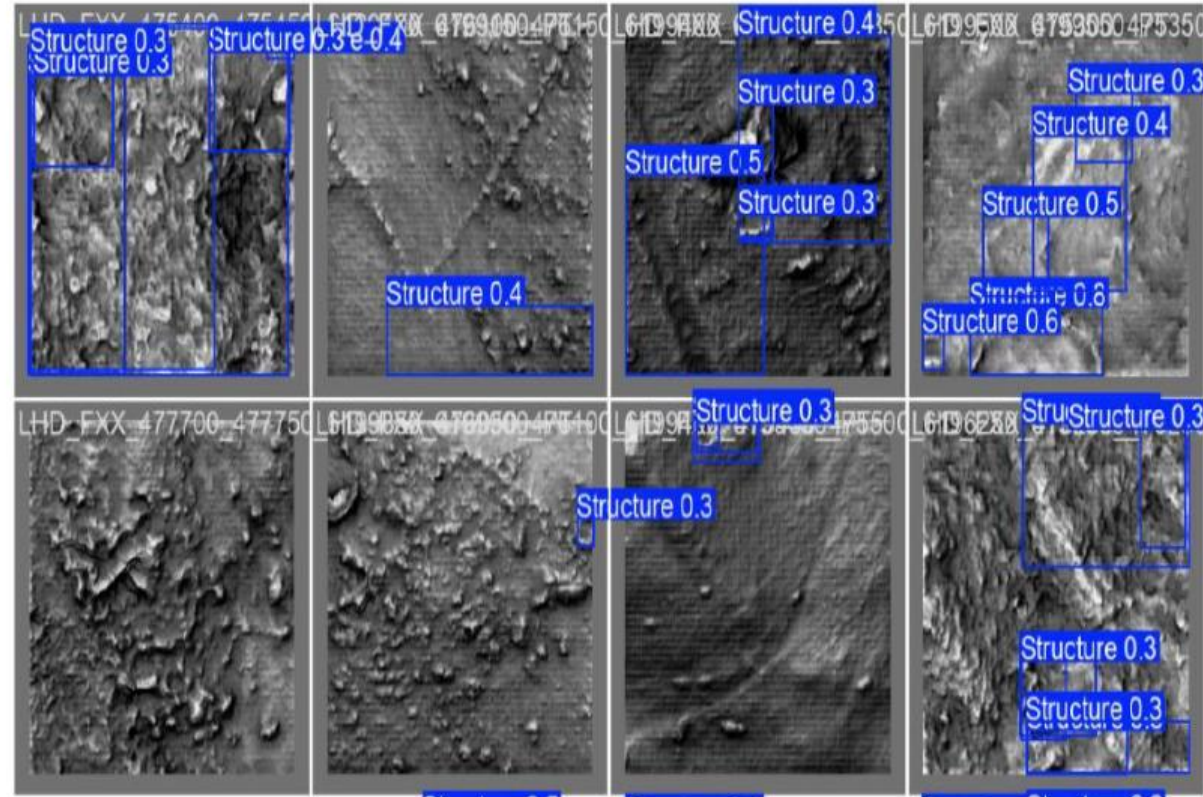
# Insertion de l'intelligence Artificielle => Classification par l'image

## Méthode basée sur l'image

### True



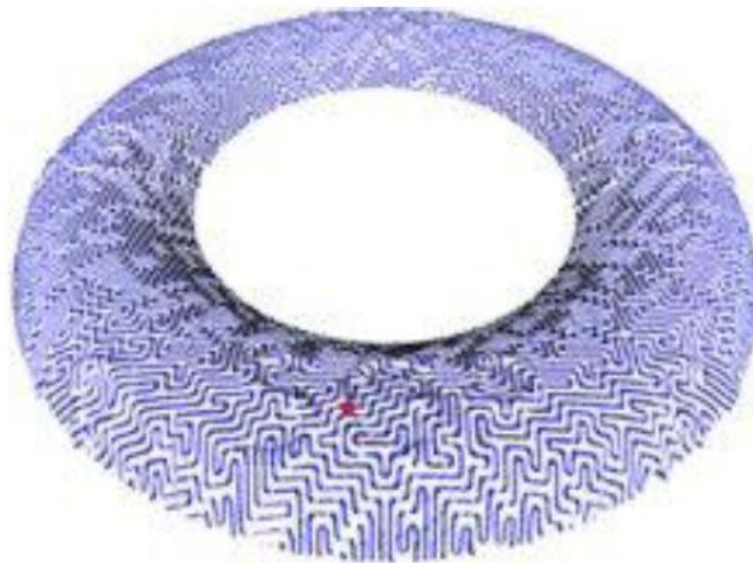
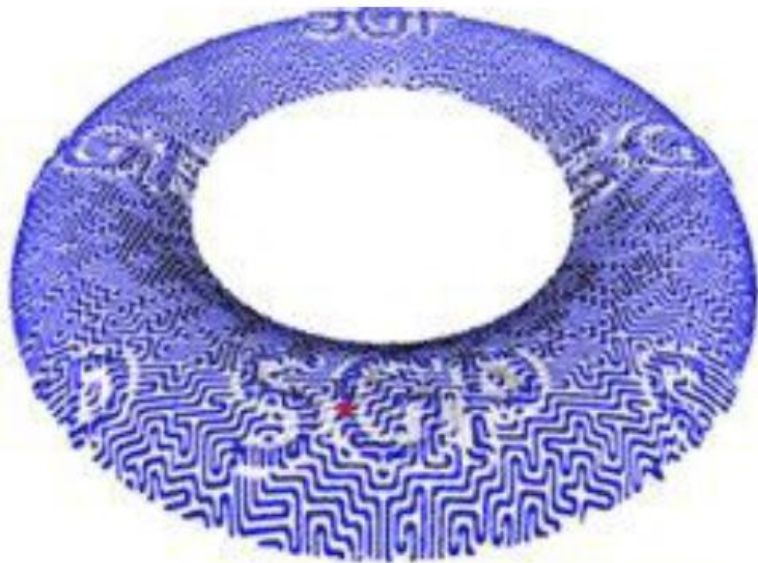
### Predicted



Insertion de l'intelligence Artificielle => Classification directement dans le nuage de point

### Méthode Géométrie différentielle

- Courbure de Gausse
- Normales
- Courbures principales



Insertion de l'intelligence Artificielle => Classification directement dans le nuage de point

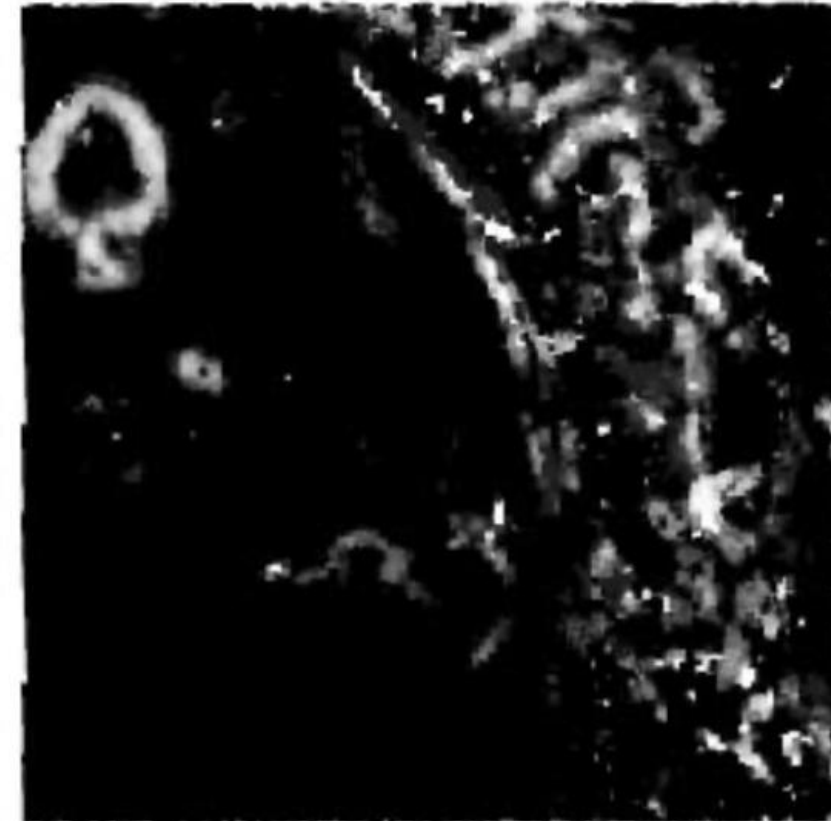
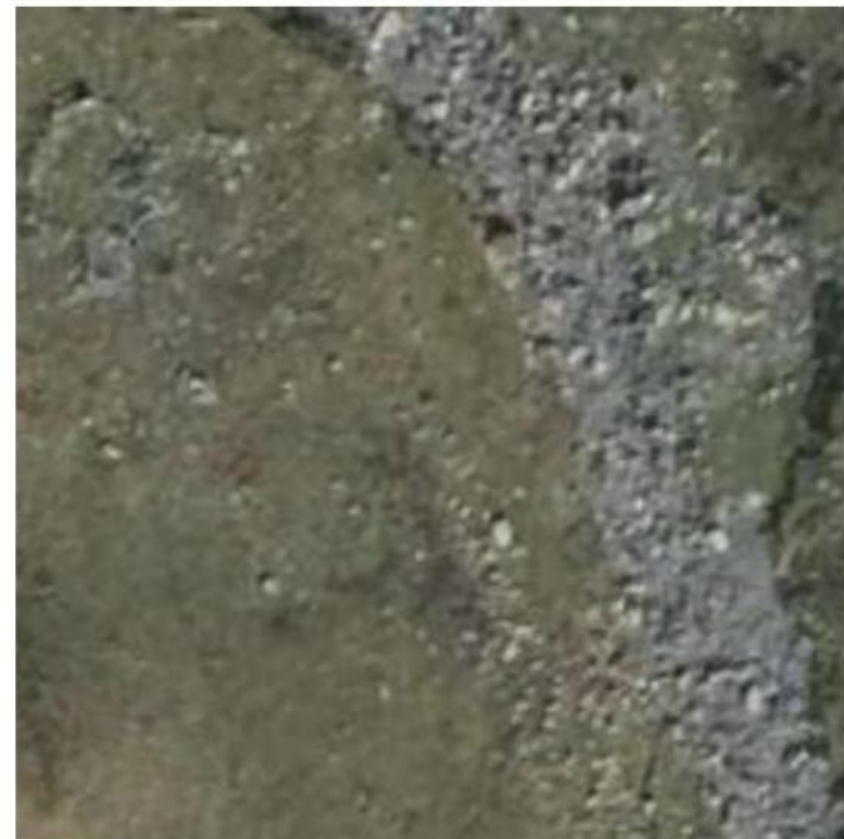
Méthode Géométrie différentielle

**85% de détection positive**

**Satellite**

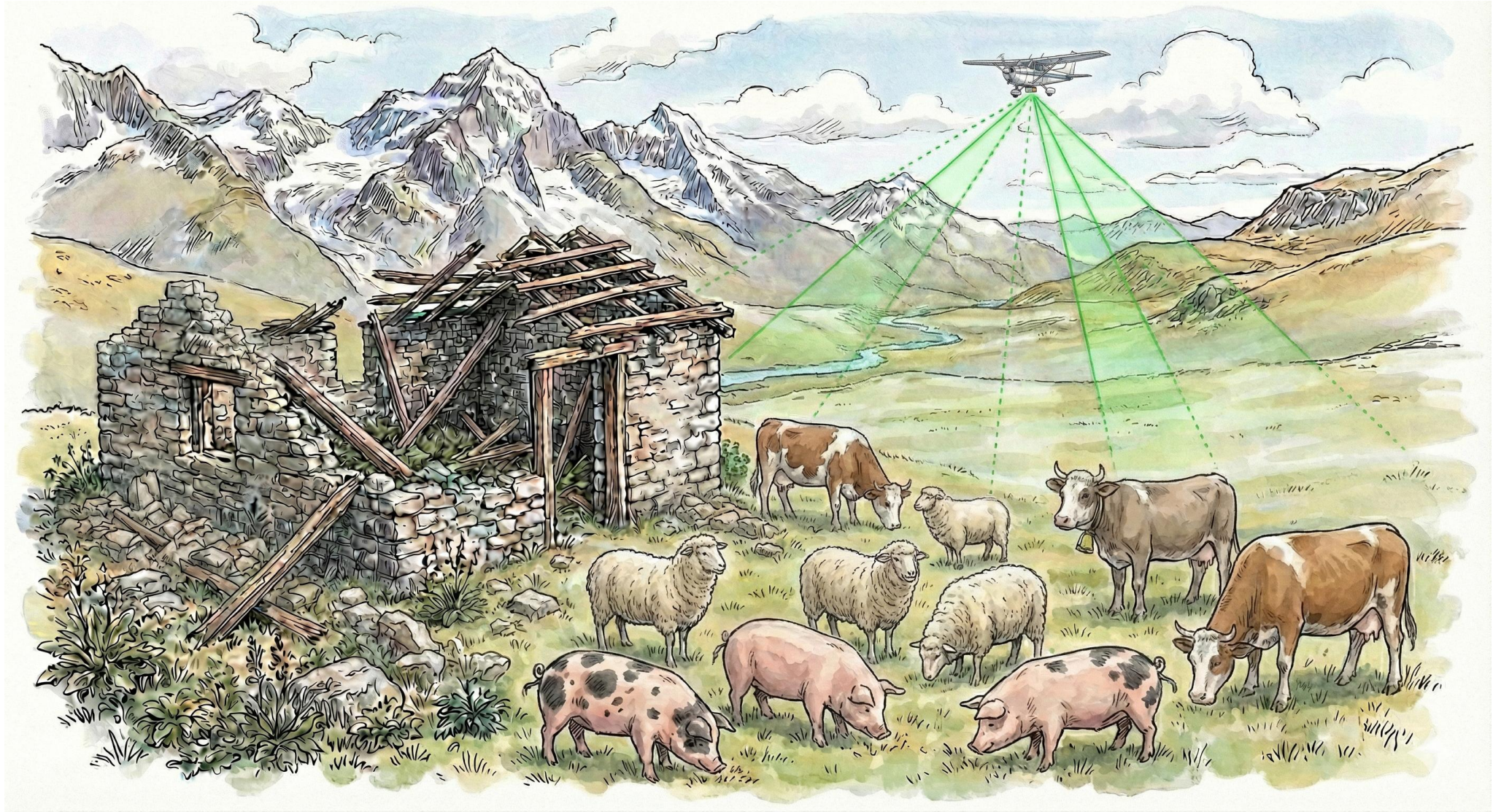
**Ground truth**

**Prediction**



# Un œil numérique sur les cimes

Traitement actuel et apports des données Lidar et photogrammétrique



# Apport du Lidar HD de l'IGN et de la photogrammétrie par drone : Gain de temps terrain

## Anéou

*C. Rendu, C. Calastrenc, M. Le Couédic*

1300 hectares

272 structures

4 mois à 2 personnes = 4 ans

## Benasque

*C. Calastrenc, A. Rivas, J.-L. Ona Gonzalez*

1400 hectares

324 structures

3 mois à 2 personnes = 3 ans

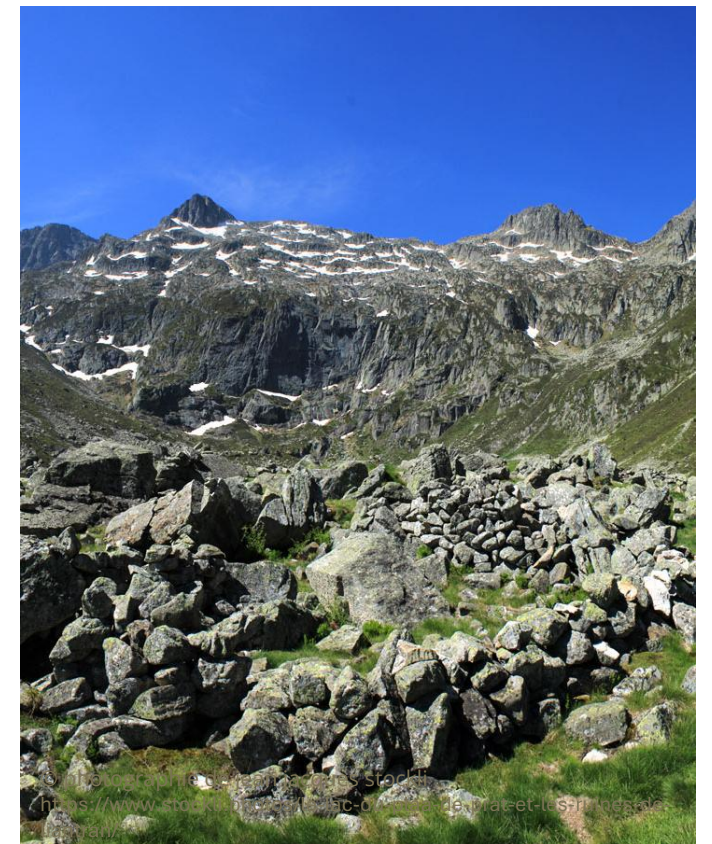
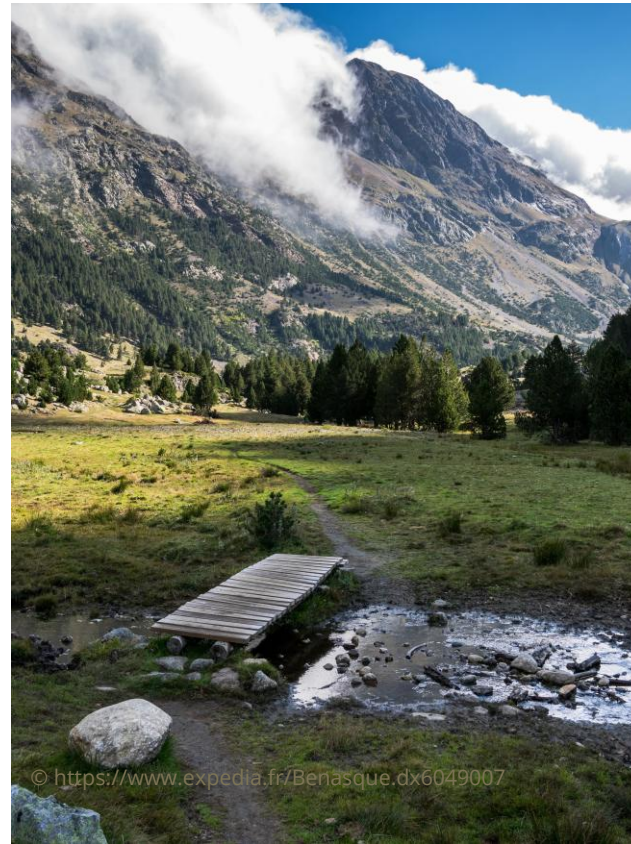
## Liantran

*C. Calastrenc, F. Hautefeuille*

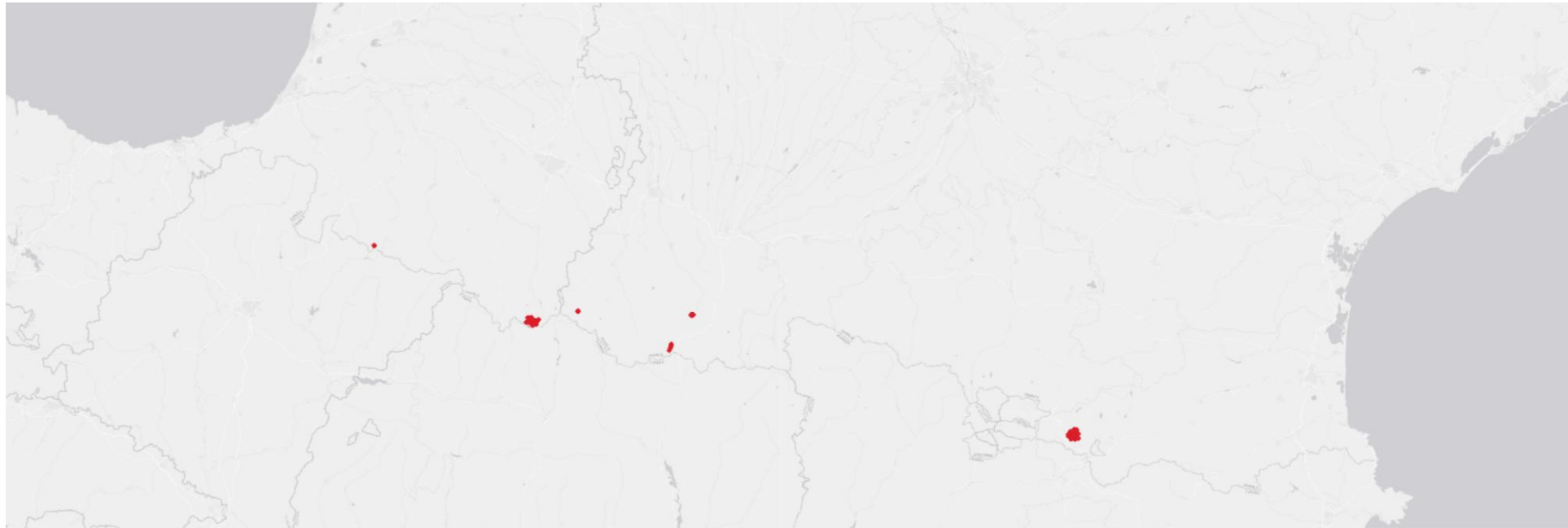
3 hectares

62 structures

15 jours à 2 personnes = 1 an



- ✓ 23 années de prospection pédestres
- ✓ 882 structures inventoriées



— Structures inventoriées avant le traitement des données lidar HD de l'IGN

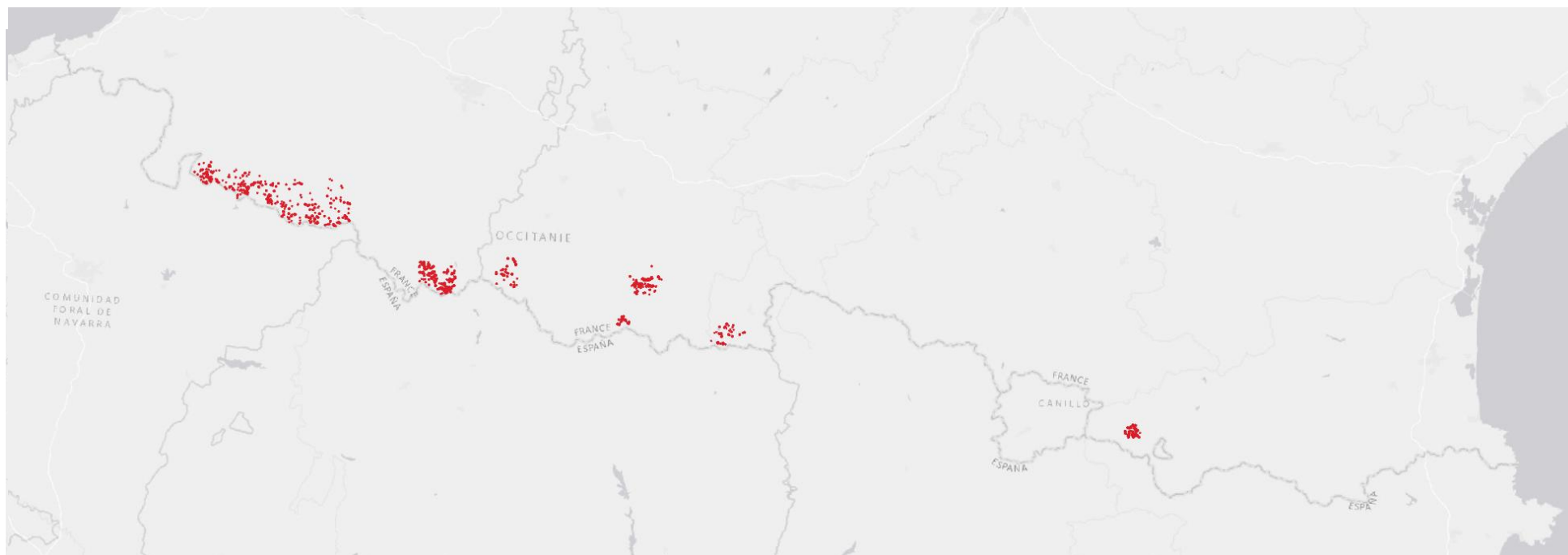


## Apport du Lidar HD de l'IGN : Gain de temps terrain

✓ 5 mois de traitement

⇒ **201 fois plus vite**

✓ 3211 structures inventoriées

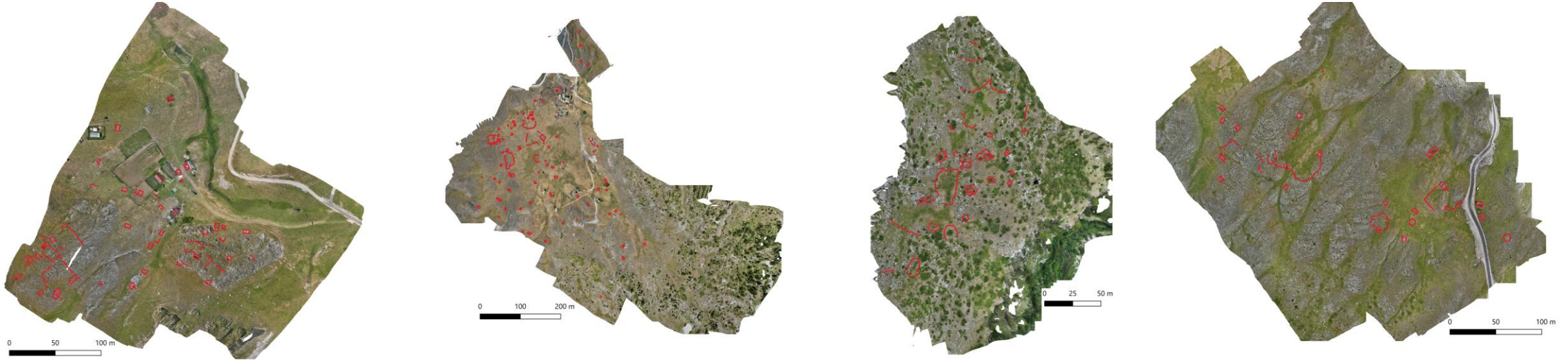


— Structures identifiées via le traitement des données lidar HD de l'IGN

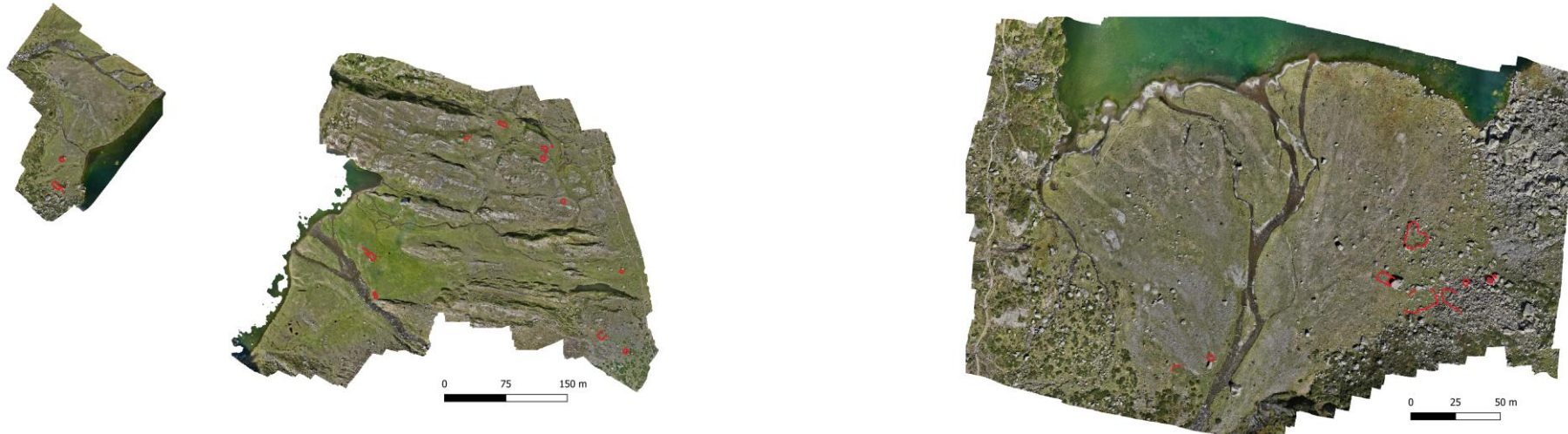
0 50 100 km



## Apport de la photogrammétrie par drone : Gain de temps terrain



Sinjajevina (Monténégros) : 44,86 hectares - 358 structures - 4 jours à 1 personne de terrain + 10 jours de laboratoire



⇒ 55 fois plus vite

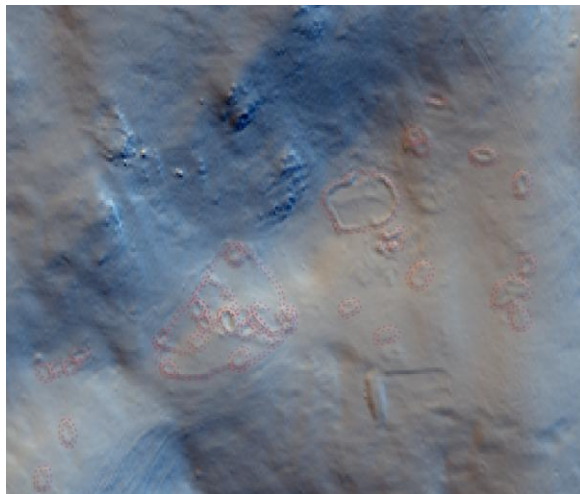
Lacs Saussat/Espingo (Oô) : 21,96 hectares – 29 structures – 3,5 jours à 3 personnes + 2 jours de laboratoire

# Apport du Lidar HD de l'IGN et de la photogrammétrie par drone

1 pixel = 20 cm



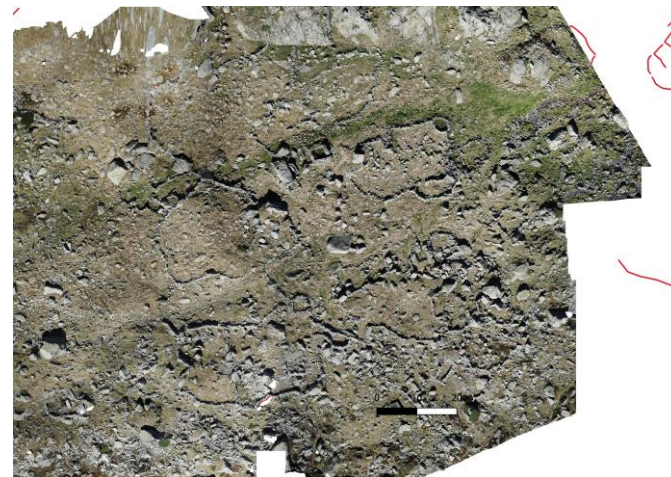
1 pixel = 20 à 50 cm



*Estive de Montarrouyes (Vielle-Aure – Hautes-Pyrénées)*

**Lidar HD de l'IGN**

1 pixel = 0,005 cm



1 pixel = 0,1 cm



**photogrammétrie par drone**

*Estive du Liantran (Estaing – Hautes-Pyrénées)*

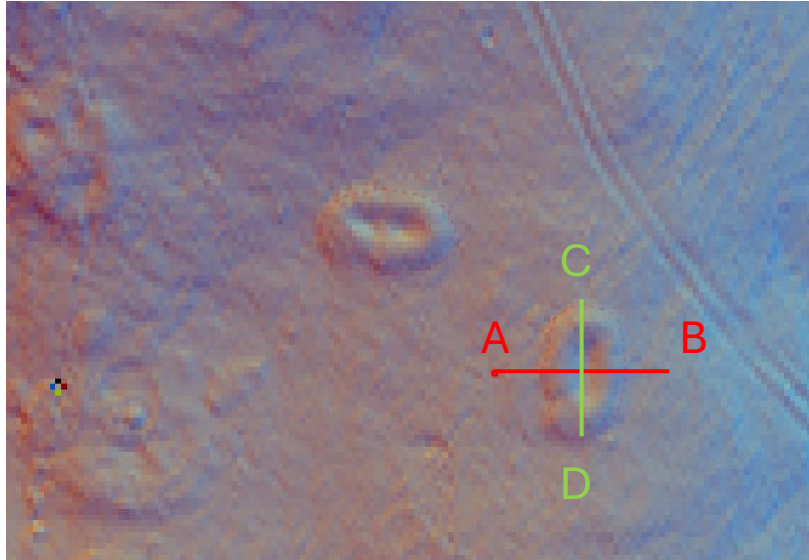


# Apport du Lidar HD de l'IGN et de la photogrammétrie par drone

# Base de données non relationnelle

- Simplicité => 37 champs

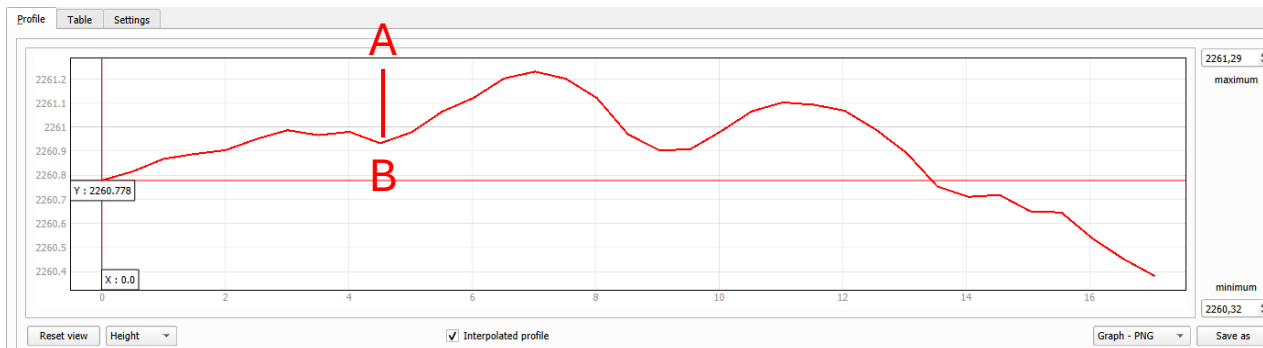
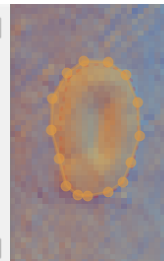
Estive de Montarrouyes (Vielle-Aure – Hautes-Pyrénées)



x	y	Segments [mètres]
472671,556	6197266,144	12,065
472671,116	6197254,075	47,721
472623,455	6197257,334	

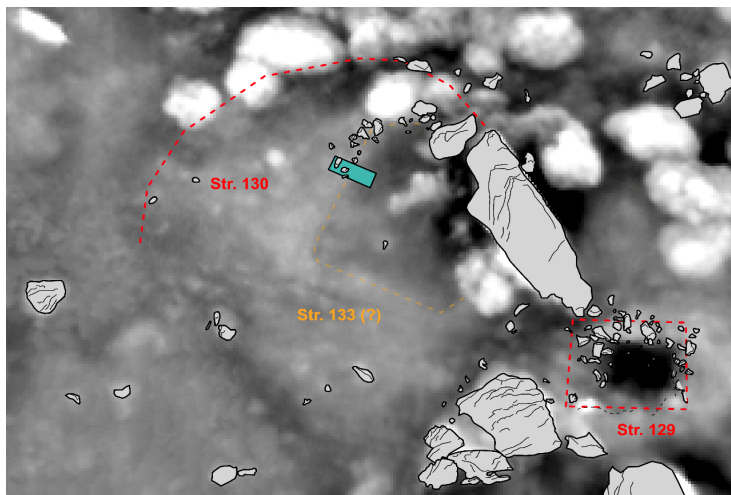
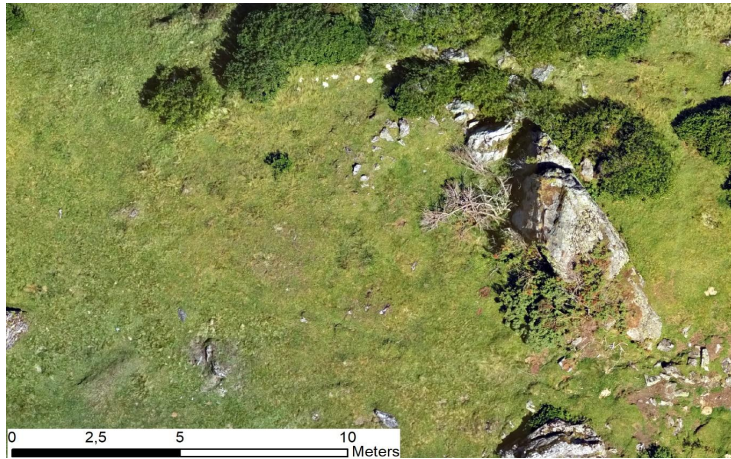
Total: 59,786 m

Total: 75,449 m<sup>2</sup>



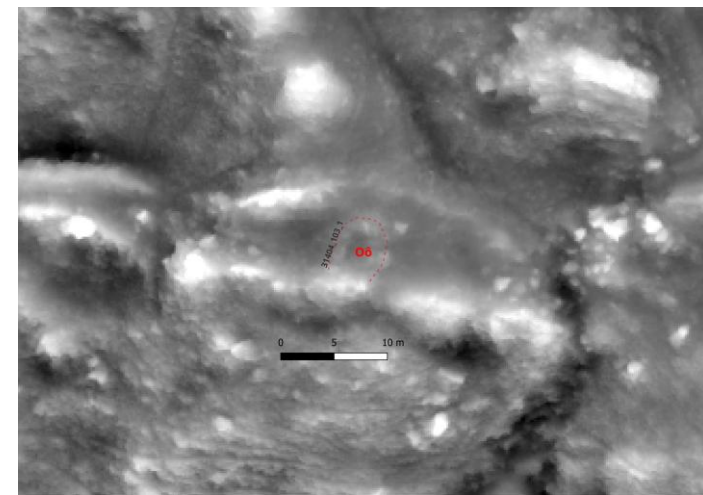
Longueur	Largeur	Hauteur	Epais_Mur	Type	Proba_Typ	Secteur	Superf-m2
24,18199999999...	15,42900000000...	0,64	0,6	Enclos	Bon	Liantran	373,1040779999...
57,02400000000...	26,15800000000...	0,465	NULL	Enclos	Moyen	Ilheque	1491,633792000...
242000000000004	112000000000000	0,43	0,5	Couloir de traite	Bon	Liantran	25,64910400000...
43,25600000000...	36,76500000000...	0,373	NULL	Enclos	Bon	Lac long	1590,306839999...
511000000000000	076000000000000	0,429	NULL	Enclos	Bon	Masseys	288836000000002
477000000000000	664000000000000	0,18	NULL	Enclos	Bon	Aneou	20,06772800000...
16,19099999999...	218000000000000	0,885	NULL	Couloir de traite	Bon	Pombie	84,48463799999...
38,21800000000...	32,15100000000...	0,347	NULL	Enclos	Bon	Cardinquere	1228,746918000...
300000000000000	355000000000002	0,15	252000000000000	1, Cabane	Bon	Pombie	23,08150000000...
181000000000000	048000000000000	0,216	NULL	Enclos	Moyen	Pombie	18,83968799999...
39,37700000000...	15,86600000000...	0,347	NULL	Enclos	Moyen	Cardinquere	624,755482000...
13,02300000000...	11,83400000000...	0,201	0,851	Enclos	Bon	Larry	154,114182000...
944000000000000	804000000000000	0,049	NULL	Indeterminee	Mauvais	Larry	34,49897599999...
47,61500000000...	46,02499999999...	0,05	NULL	Enclos	Moyen	Cardinquere	2191,480375000...
14,90100000000...	15,16100000000...	0,419	0,736	Enclos	Bon	Larry	225,914061000...
23,21200000000...	18,51399999999...	0,27	0,594	Enclos	Bon	Larry	429,7469679999...
962000000000000	744999999999999	0,237	NULL	Enclos	Mauvais	Pombie	78,37268999999...
481999999999999	886000000000000	0,242	0,811	Enclos	Bon	Pombie	55,81105199999...
755000000000000	388000000000000	0,21	0,56	Enclos	Bon	Pombie	43,15093999999...
17,73800000000...	668000000000000	0,08	NULL	Enclos	Bon	Lac noir	100,5389839999...
47,88000000000...	44,95600000000...	0,068	0,616	Enclos	Bon	Pla de las Basques	2152,493280000...
59,76800000000...	56,13300000000...	0,283	NULL	Enclos	Moyen	Larry	3354,957143999...
870000000000000	683000000000000	0,066	NULL	Cabane	Bon	Pombie	700210000000000
938000000000000	795000000000000	0,233	0,601	Enclos	Bon	Aneou	33,26771000000...
10,52999999999...	563000000000000	0,093	0,772	Enclos	Bon	Aneou	79,63838999999...
319000000000000	0	0,28	0,6	Mur	Bon	Liantran	0
722000000000000	577000000000000	0,28	0,4	Indeterminee	Bon	Liantran	715594000000000
679000000000000	007000000000000	0,498	NULL	Indeterminee	Mauvais	Pombie	383753000000000
804000000000000	512000000000000	0,083	0,377	Enclos	Moyen	Pombie	54,03964800000...
50,16299999999...	11,96599999999...	0,164	0,541	Enclos	Bon	Pombie	600,2504579999...

# Apport du Lidar HD de l'IGN et de la photogrammétrie par drone : Voir l'invisible



- Orthophotographie
- Méthode de visualisation SLRM
- Sondage archéologique

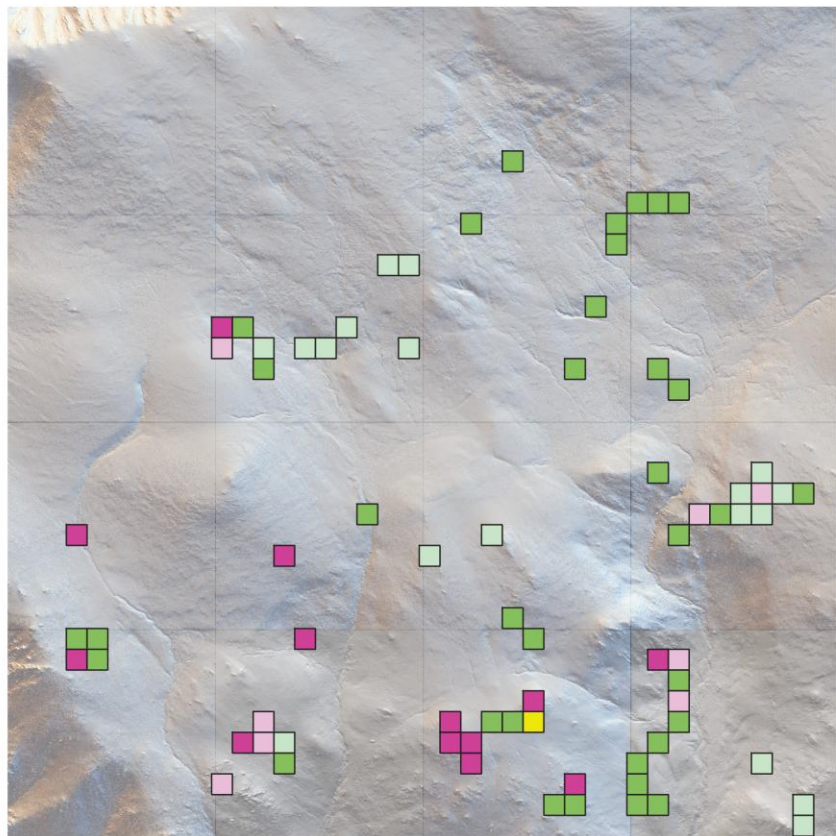
Secteur de l'Auloueilh (Aulon – Hautes-Pyrénées)



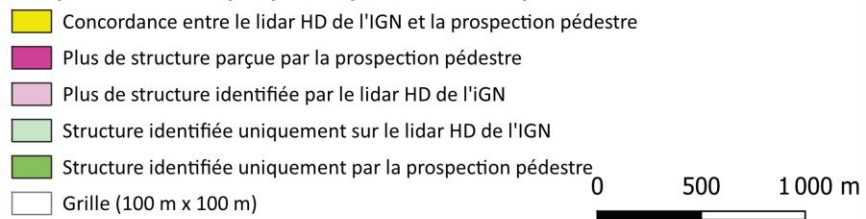
Lac d'Espingo (Oô – Hautes-Pyrénées)

# Apport du Lidar HD de l'IGN vs prospection pédestre

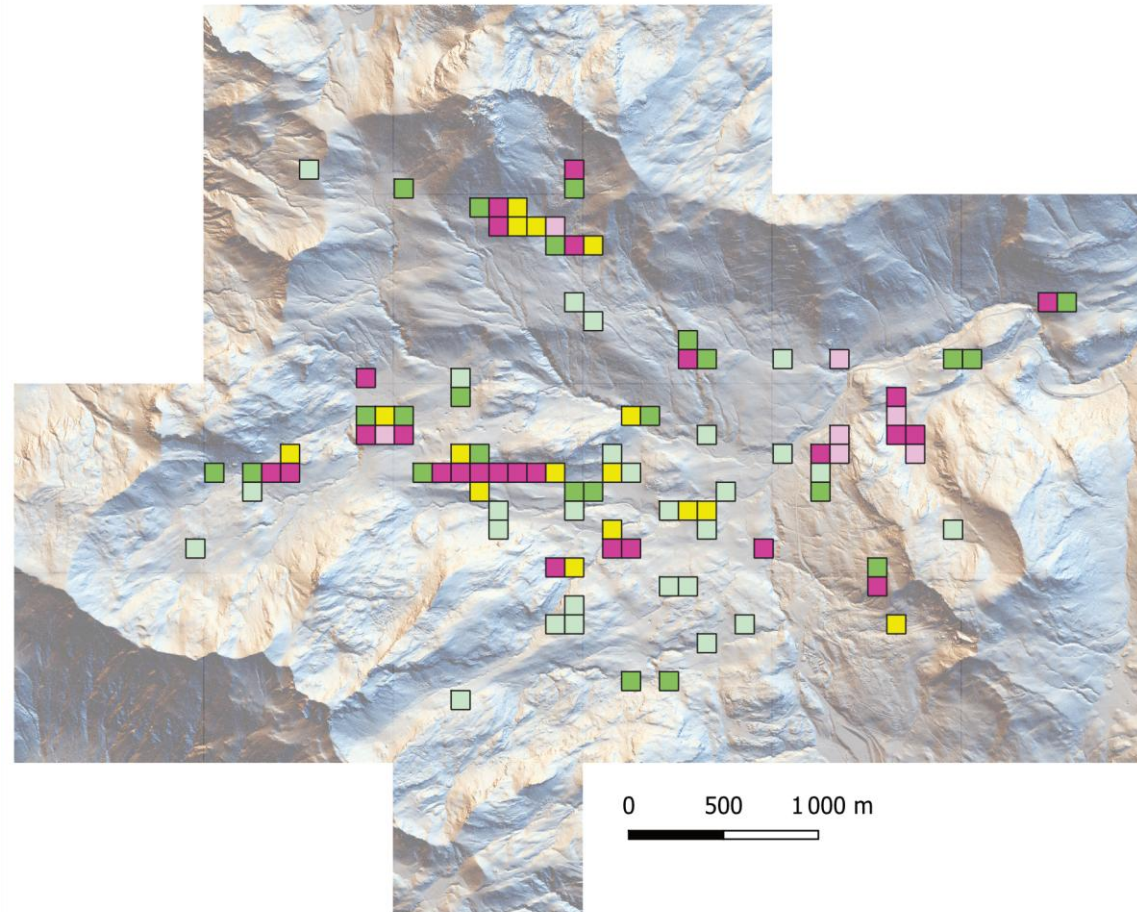
Montagne d'Enveitg (Enveitg – Pyrénées-Orientales)



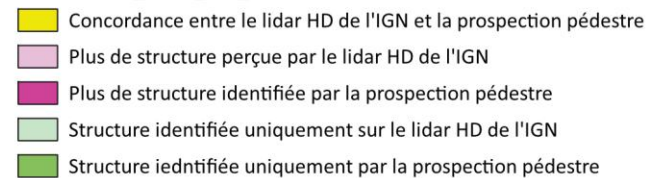
Comparaison entre la prospection pédestre et l'analyse des données lidar HD de l'IGN



Estive d'Anéou (Laruns – Pyrénées-Atlantiques)



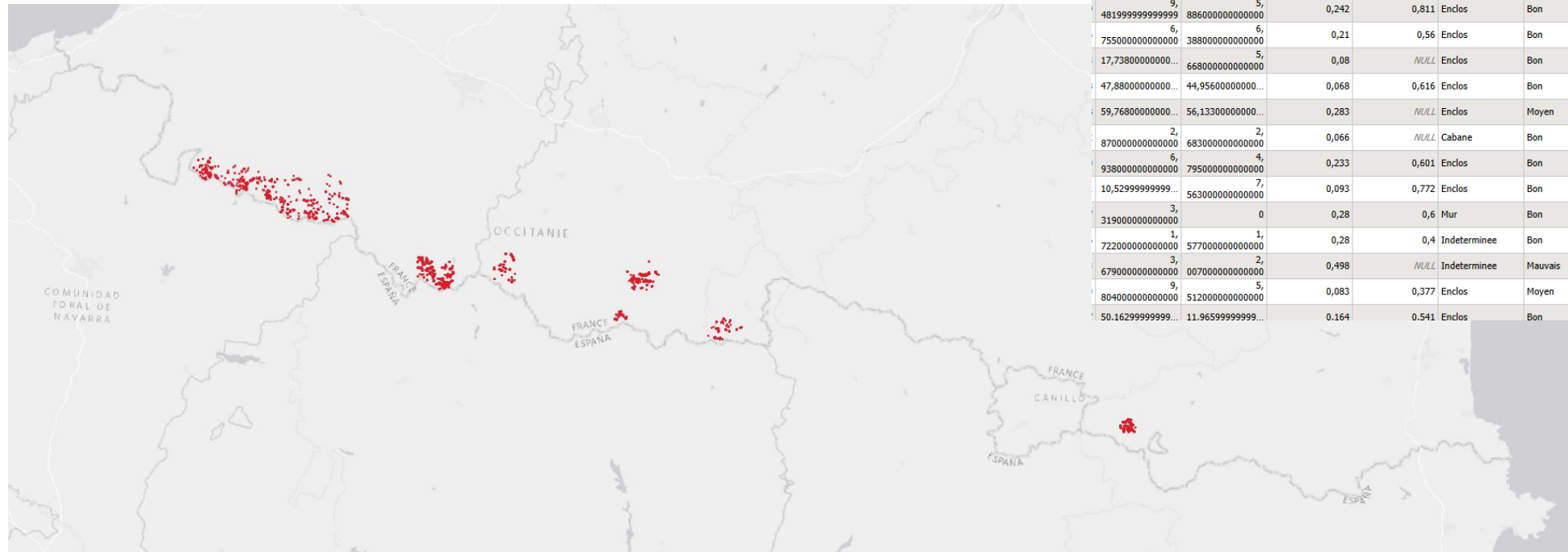
Grille-100m\_Lidar\_HD\_Prospection



# Analyses multi-échelle, notamment statistiques

## Base de données

- Simplicité => 37 champs
- Efficacité => Utilité de tous les champs

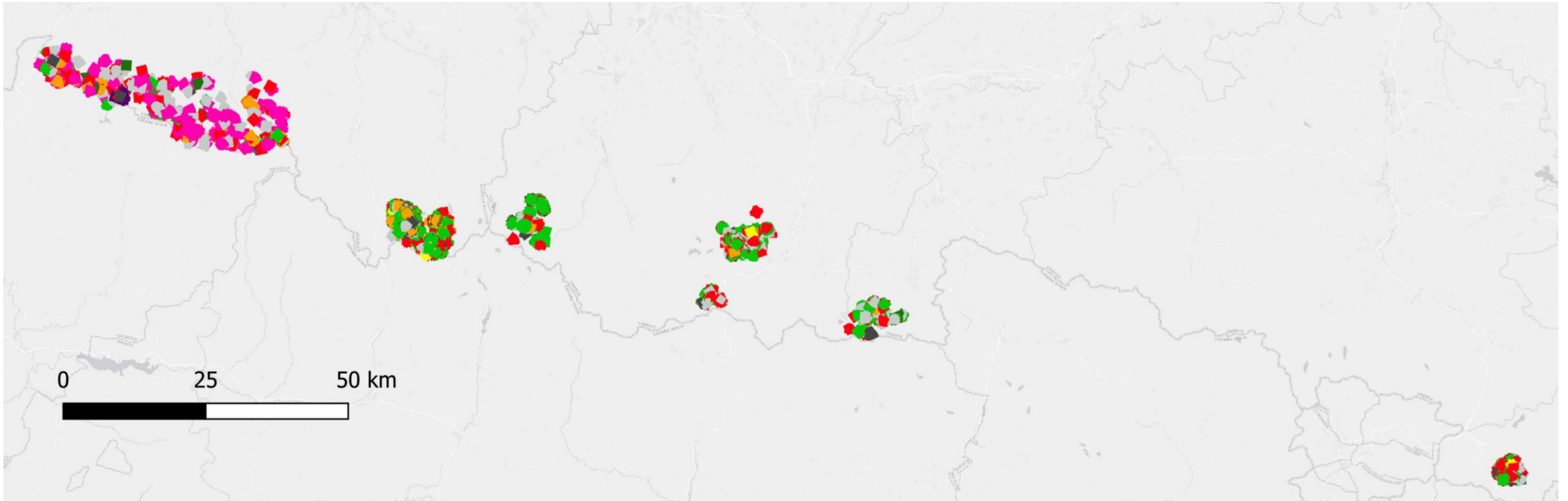


Longueur	Largeur	Hauteur	Epais_Mur	Type	Proba_Typ	Secteur	Superf-m2
24,181999999999...	15,429000000000...	0,64	0,6	Enclos	Bon	Liantran	373,1040779999...
57,024000000000...	26,158000000000...	0,465	NULL	Enclos	Moyen	Ilheque	1491,633792000...
2420000000000004	1120000000000000	0,43	0,5	Couloir de traite	Bon	Liantran	25,64910400000...
43,256000000000...	36,765000000000...	0,373	NULL	Enclos	Bon	Lac long	1590,306839999...
5110000000000000	0760000000000000	0,429	NULL	Enclos	Bon	Masseys	288836000000002
4770000000000000	6640000000000000	0,18	NULL	Enclos	Bon	Aneou	20,06772800000...
16,190999999999...	2180000000000000	0,885	NULL	Couloir de traite	Bon	Pombie	84,48463799999...
38,218000000000...	32,151000000000...	0,347	NULL	Enclos	Bon	Cardinquere	1228,746918000...
3000000000000000	3550000000000002	0,15	2520000000000000	Cabane	Bon	Pombie	23,08150000000...
1810000000000000	0480000000000000	0,216	NULL	Enclos	Moyen	Pombie	18,83968799999...
39,377000000000...	15,866000000000...	0,347	NULL	Enclos	Moyen	Cardinquere	624,7554820000...
13,023000000000...	11,834000000000...	0,201	0,851	Enclos	Bon	Larry	154,1141820000...
9440000000000000	8040000000000000	0,049	NULL	Indeterminee	Mauvais	Larry	34,49897599999...
47,615000000000...	46,024999999999...	0,05	NULL	Enclos	Moyen	Cardinquere	2191,480375000...
14,901000000000...	15,161000000000...	0,419	0,736	Enclos	Bon	Larry	225,9140610000...
23,212000000000...	18,513999999999...	0,27	0,594	Enclos	Bon	Larry	429,7469679999...
9620000000000000	7449999999999999	0,237	NULL	Enclos	Mauvais	Pombie	78,37268999999...
4819999999999999	8860000000000000	0,242	0,811	Enclos	Bon	Pombie	55,81105199999...
7550000000000000	3880000000000000	0,21	0,56	Enclos	Bon	Pombie	43,15093999999...
17,738000000000...	6680000000000000	0,08	NULL	Enclos	Bon	Lac noir	100,5389839999...
47,880000000000...	44,956000000000...	0,068	0,616	Enclos	Bon	Plaa de las Basques	2152,493280000...
59,768000000000...	56,133000000000...	0,283	NULL	Enclos	Moyen	Larry	3354,957143999...
8700000000000000	6830000000000000	0,066	NULL	Cabane	Bon	Pombie	700210000000000
9380000000000000	7950000000000000	0,233	0,601	Enclos	Bon	Aneou	33,26771000000...
10,529999999999...	5630000000000000	0,093	0,772	Enclos	Bon	Aneou	79,63838999999...
3190000000000000	0	0,28	0,6	Mur	Bon	Liantran	0
7220000000000000	5770000000000000	0,28	0,4	Indeterminee	Bon	Liantran	715594000000000
6790000000000000	0070000000000000	0,498	NULL	Indeterminee	Mauvais	Pombie	383753000000000
8040000000000000	5120000000000000	0,083	0,377	Enclos	Moyen	Pombie	54,03964800000...
50.162999999999...	11.965999999999...	0.164	0.541	Enclos	Bon	Pombie	600.2504579999...

## Analyses multi-échelle

Pyrénées => 801,8 hectares

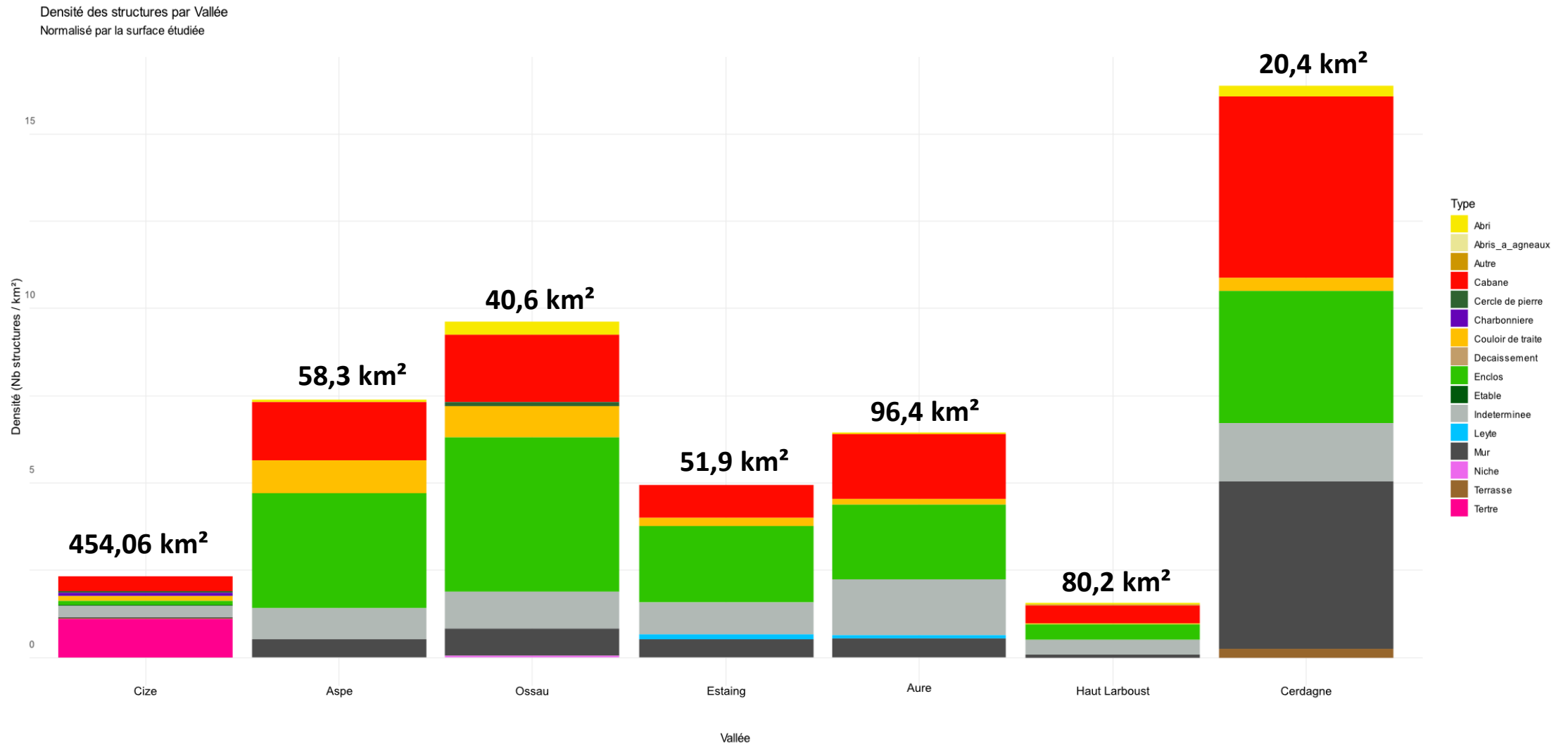
Affichage d'un champ particulier (ici : typologie empirique)



# Analyses multi-échelle

**Pyrénées => 801,8 hectares**

Comparaison de la « composition » des infrastructures pastorales



## Analyses multi-échelle

### Tertres

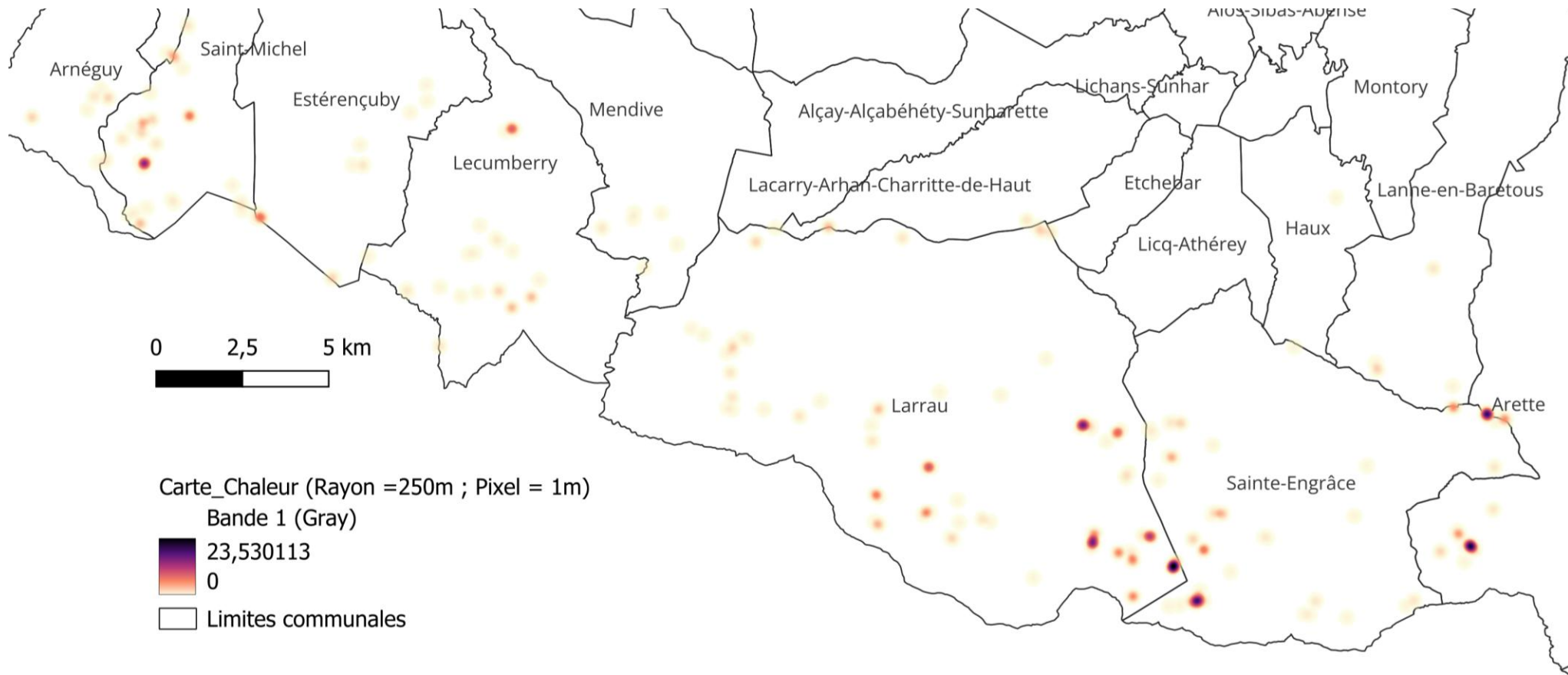
Distance moyenne = 105,15 m (les tertres sont 6 fois plus proches que le hasard)

Distance attendue = 606 m

Indexe du plus proche voisin = 0,174 (forte agglomération)

Score Z = -35,324 (Fiabilité supérieure à 99%)

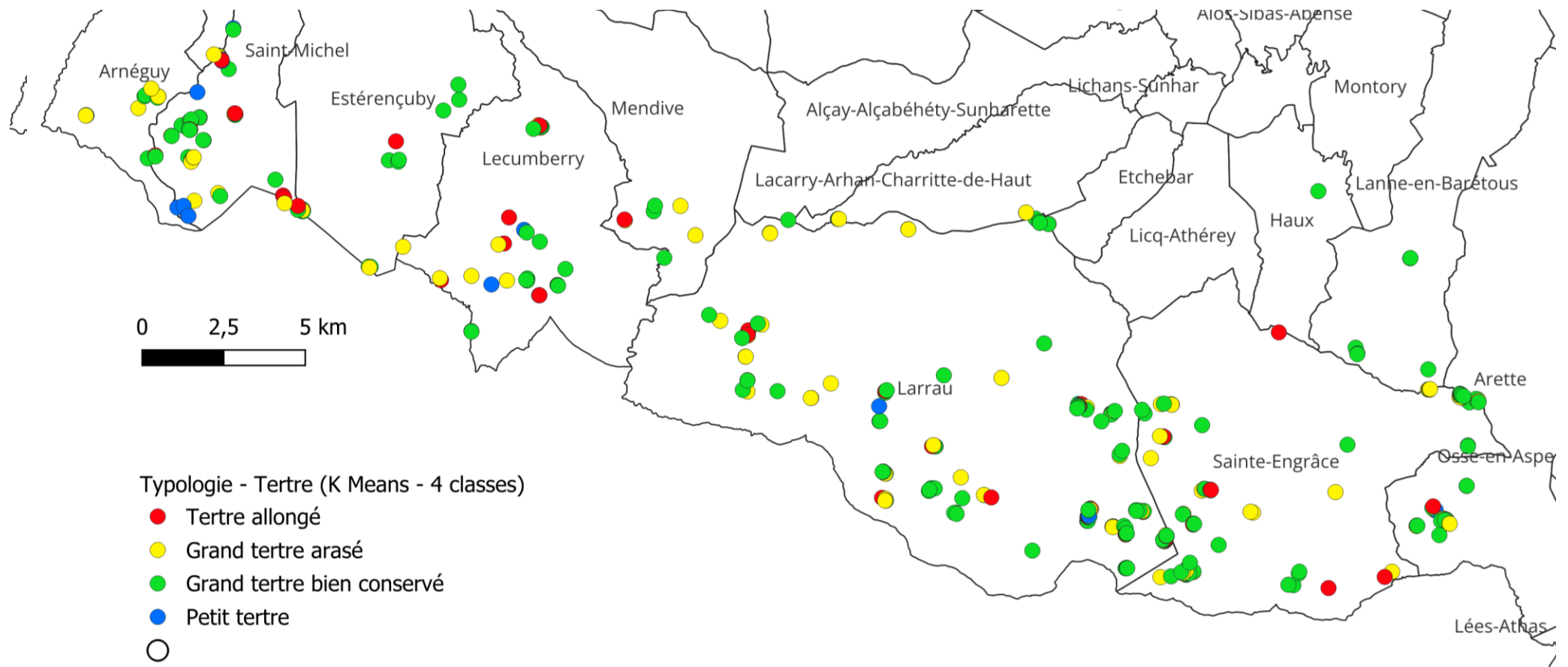
### Carte de chaleur



# Analyses multi-échelle

## Tertres

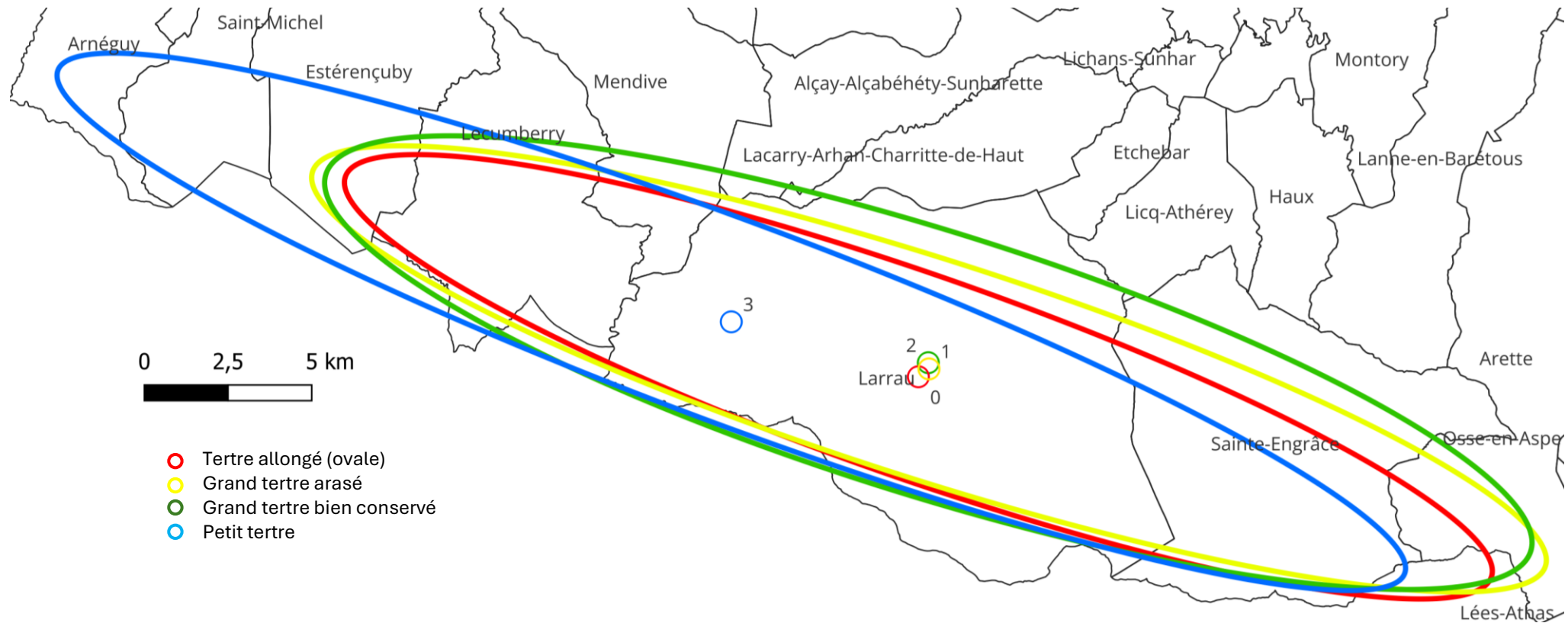
Zone de diffusion du phénomène : Méthode K-Means – 4 classes



# Analyses multi-échelle

## Tertres

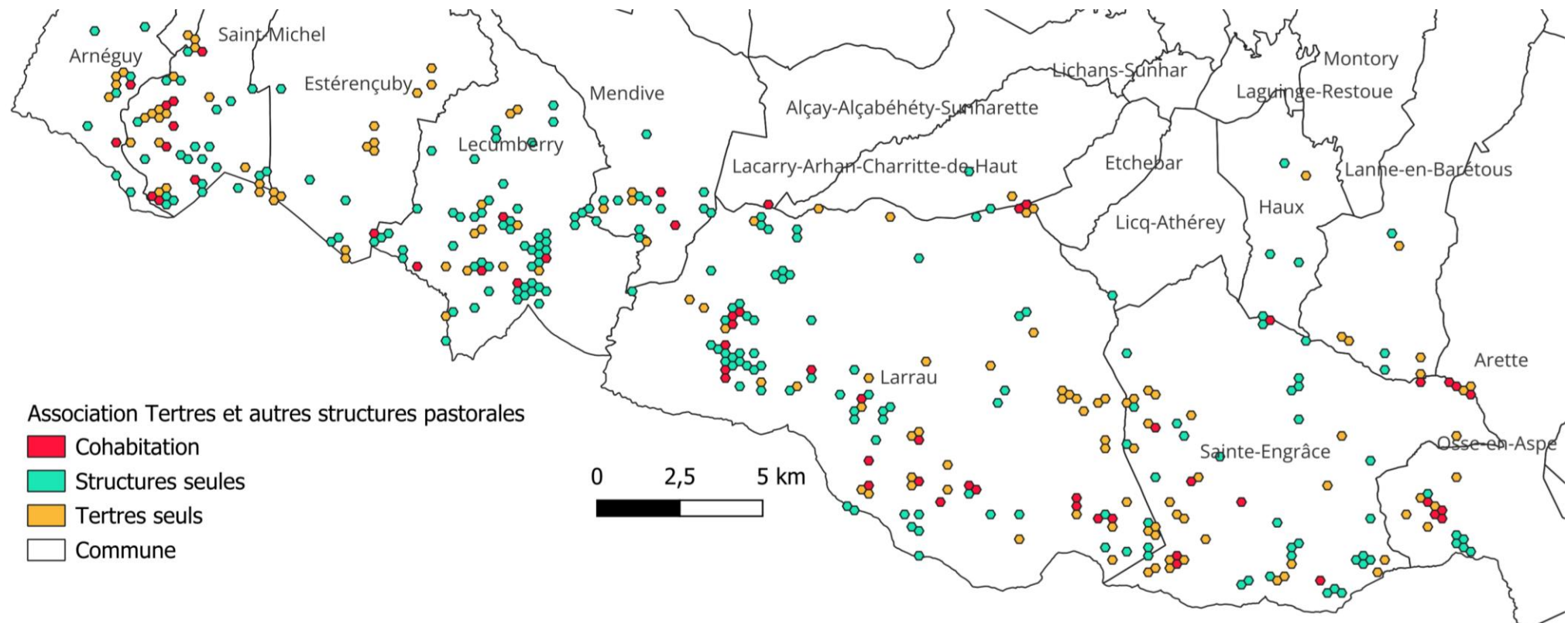
Zone de diffusion du phénomène : Barycentre et ellipse de distribution (Méthode K-Means – 4 classes)



# Analyses multi-échelle

## Tertres

Relation entre les tertres et les autres structures pastorales  
(Zones de cohabitation entre les tertres et les autres structures pastorales)

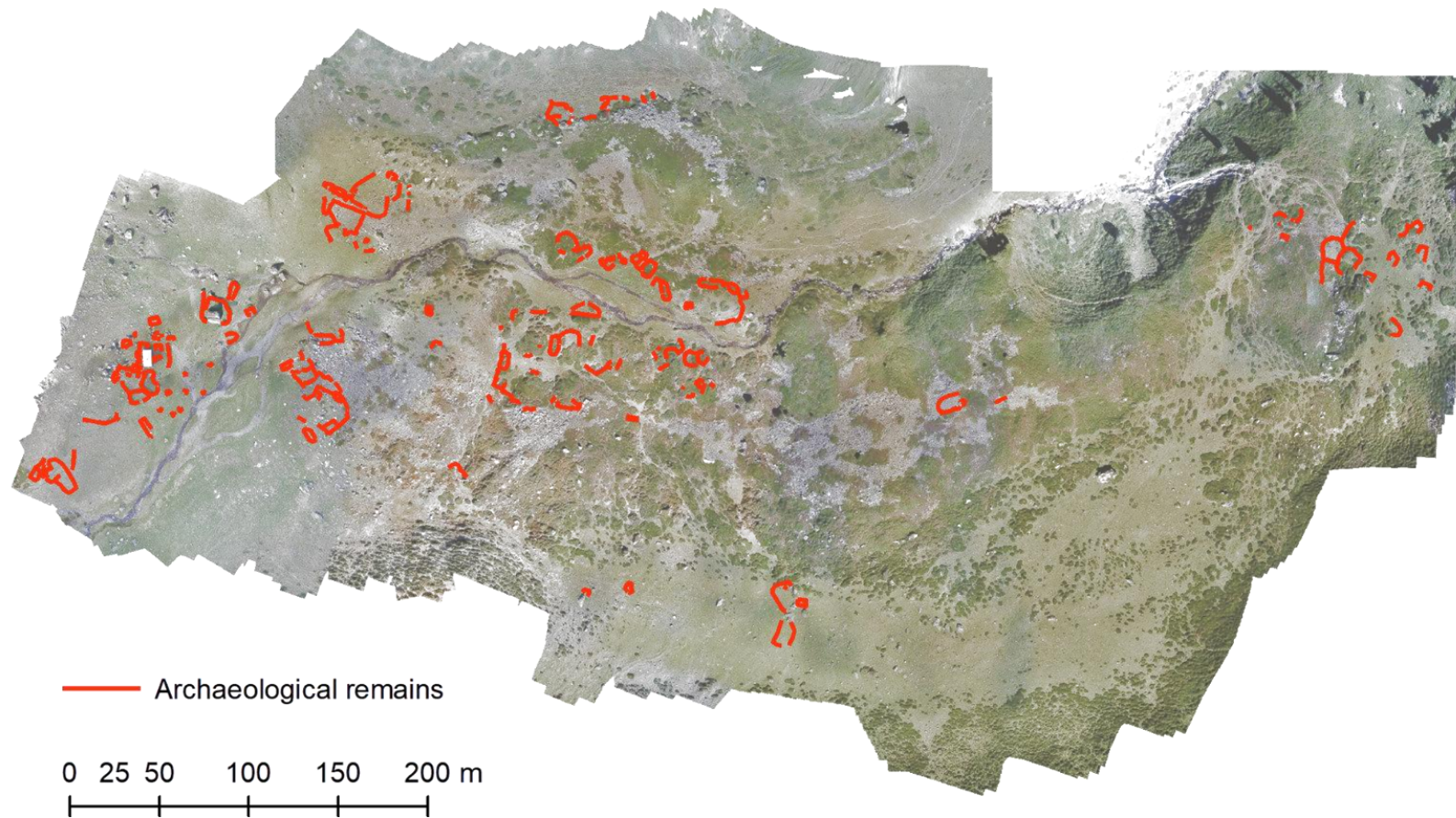


## Secteur d'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon- 65)

⇒ 23 hectares

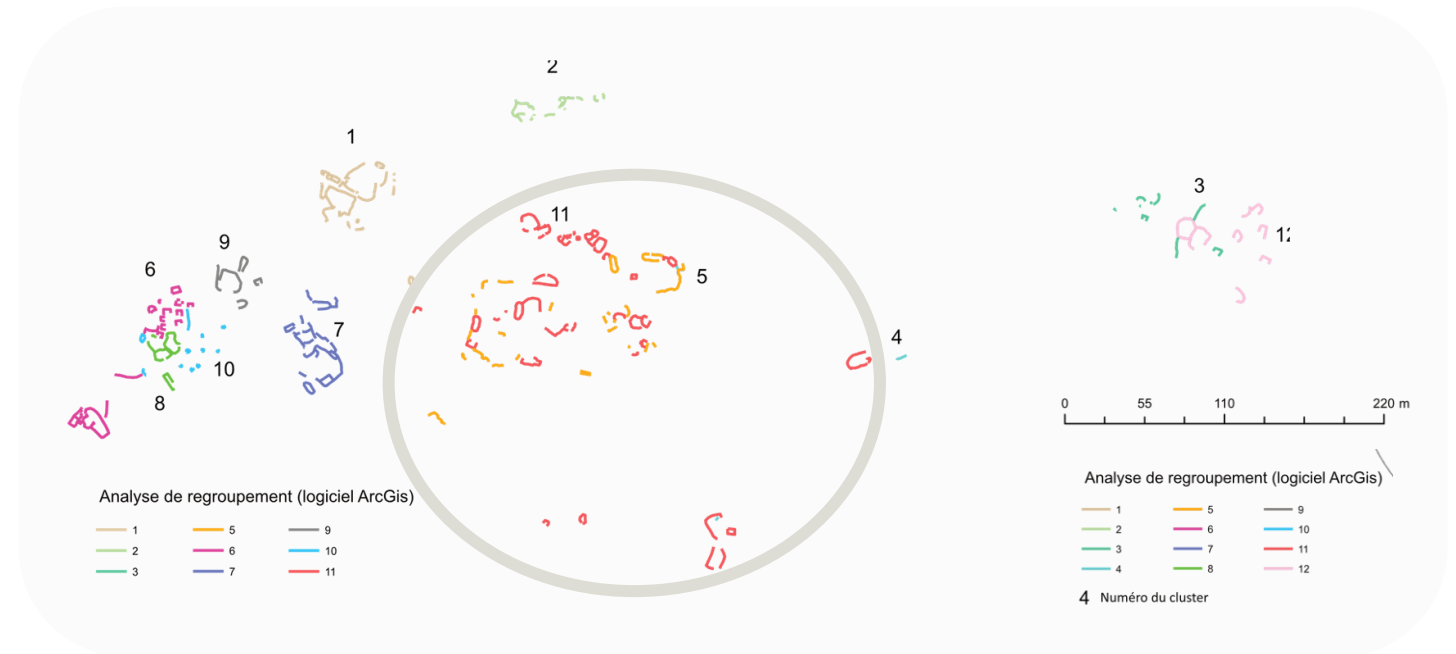
- ✓ Acquisition des données ⇒ 8 jours en 3 ans
- ✓ Traitement ⇒ 4 semaines

⇒ 157 vestiges archéologiques décrits,  
photographiés et mesurés

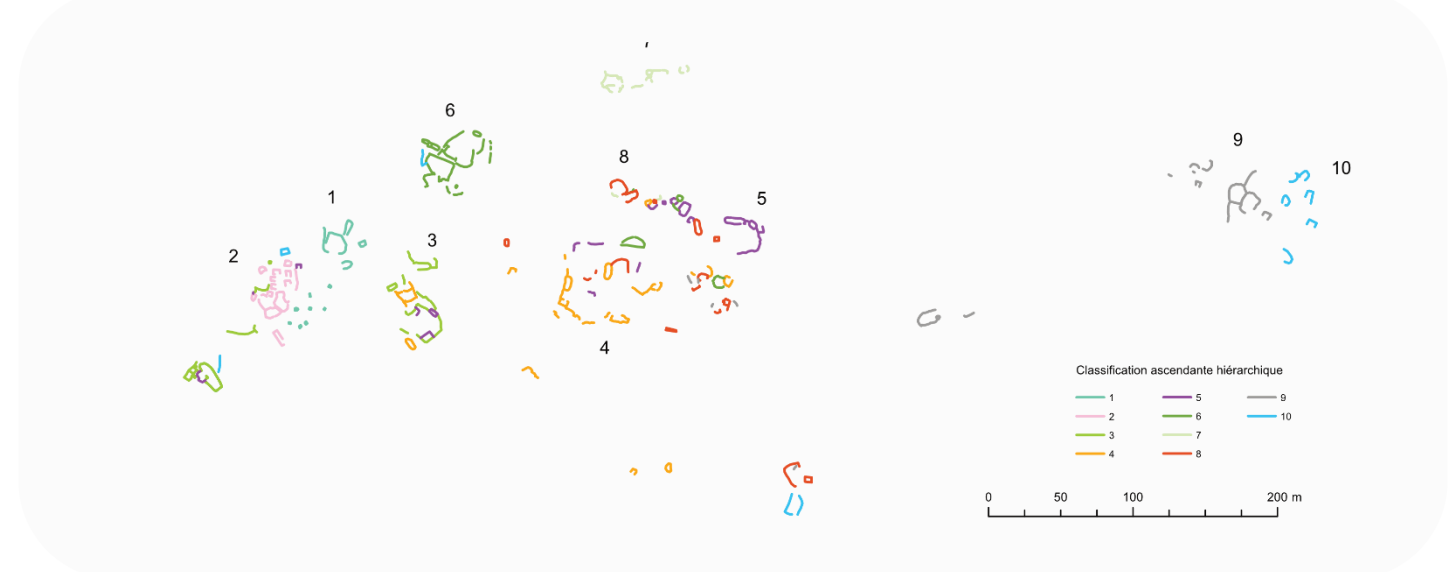


# Regroupement des vestiges archéologiques en unités de production théoriques

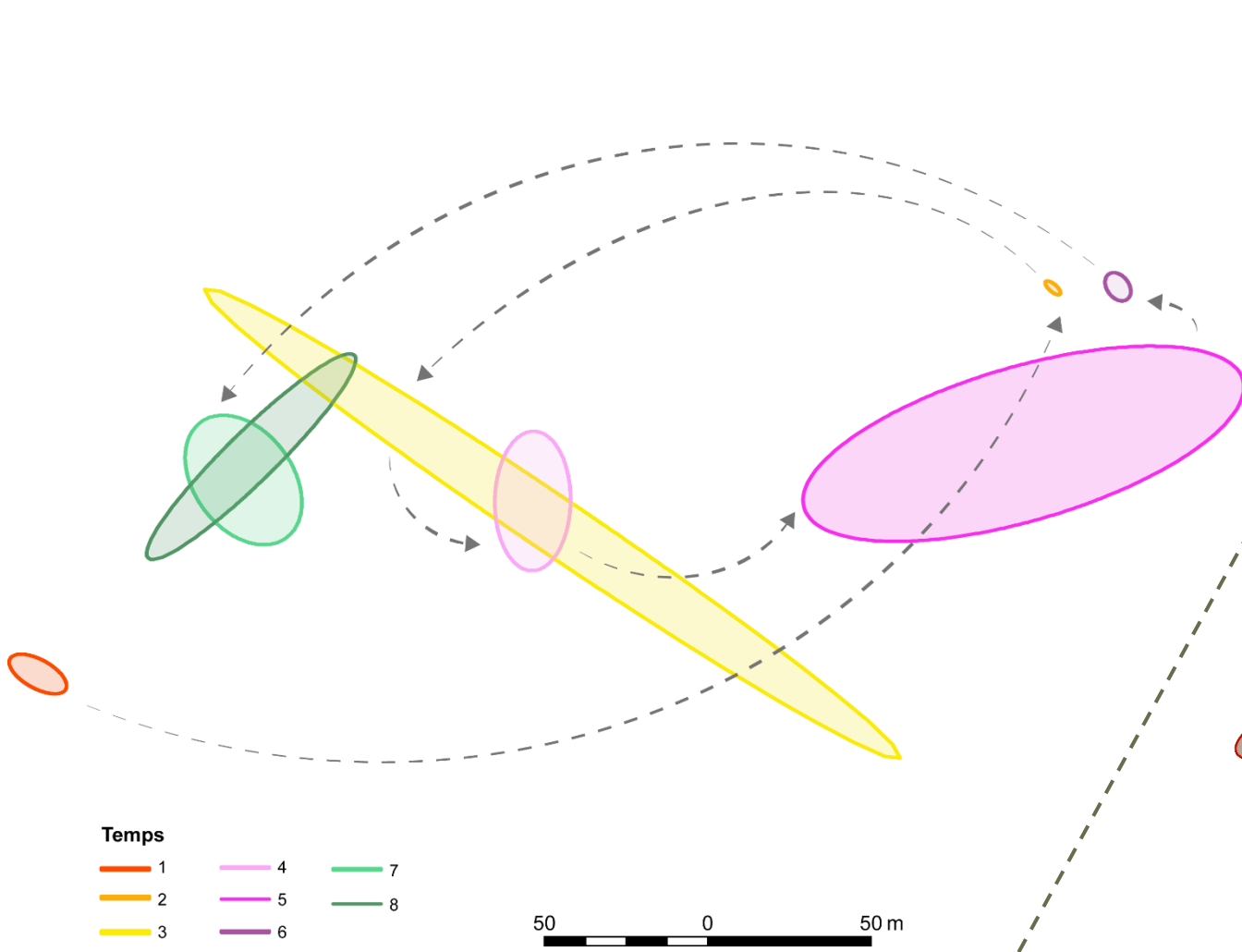
Résultat de l'analyse de clustering (ArcGis)



Spatialisation des résultats de la classification ascendante hiérarchique (Acgis)

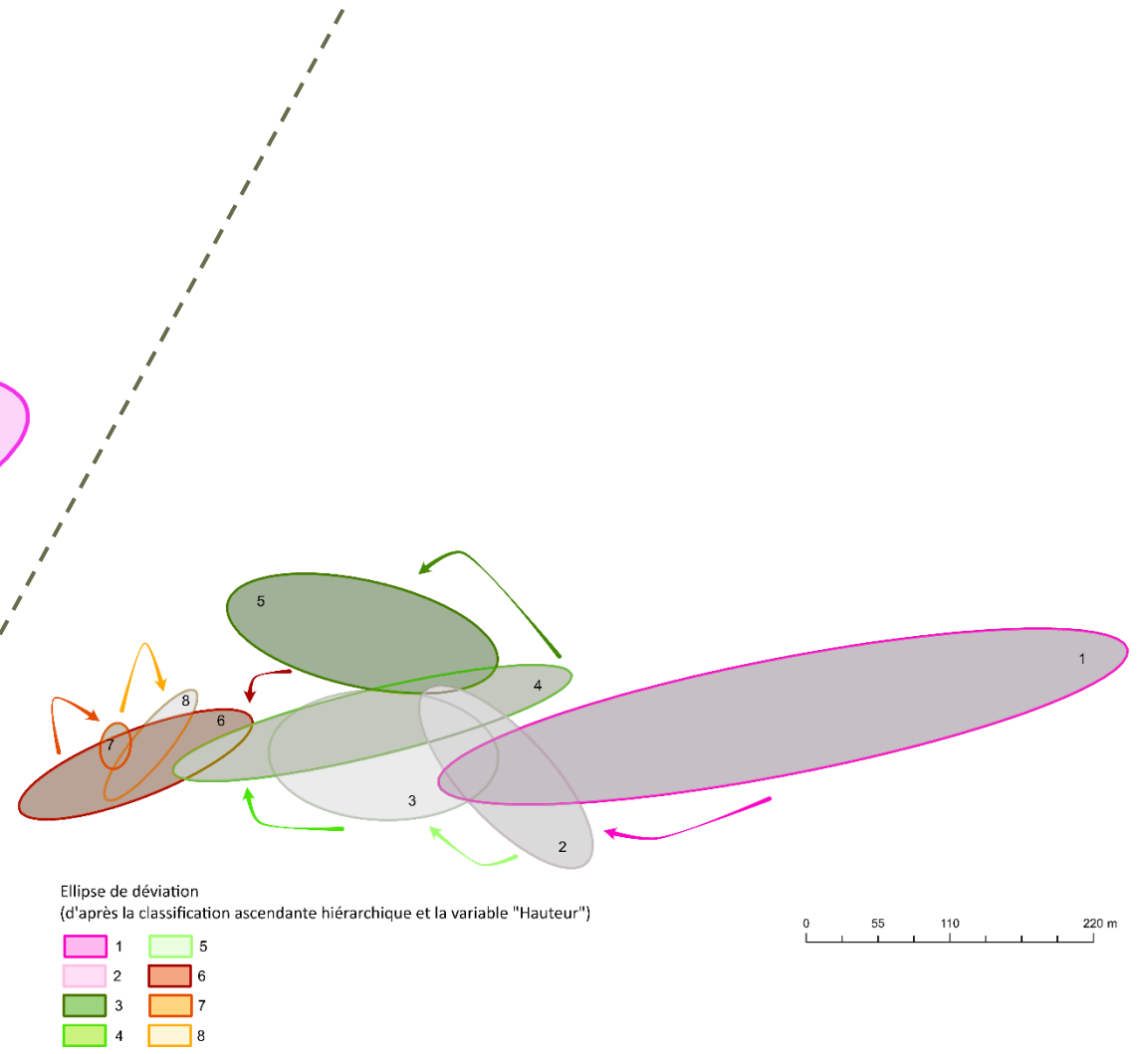


# Insérer le temps



Analyse de clustering avec la variable "Hauteur"

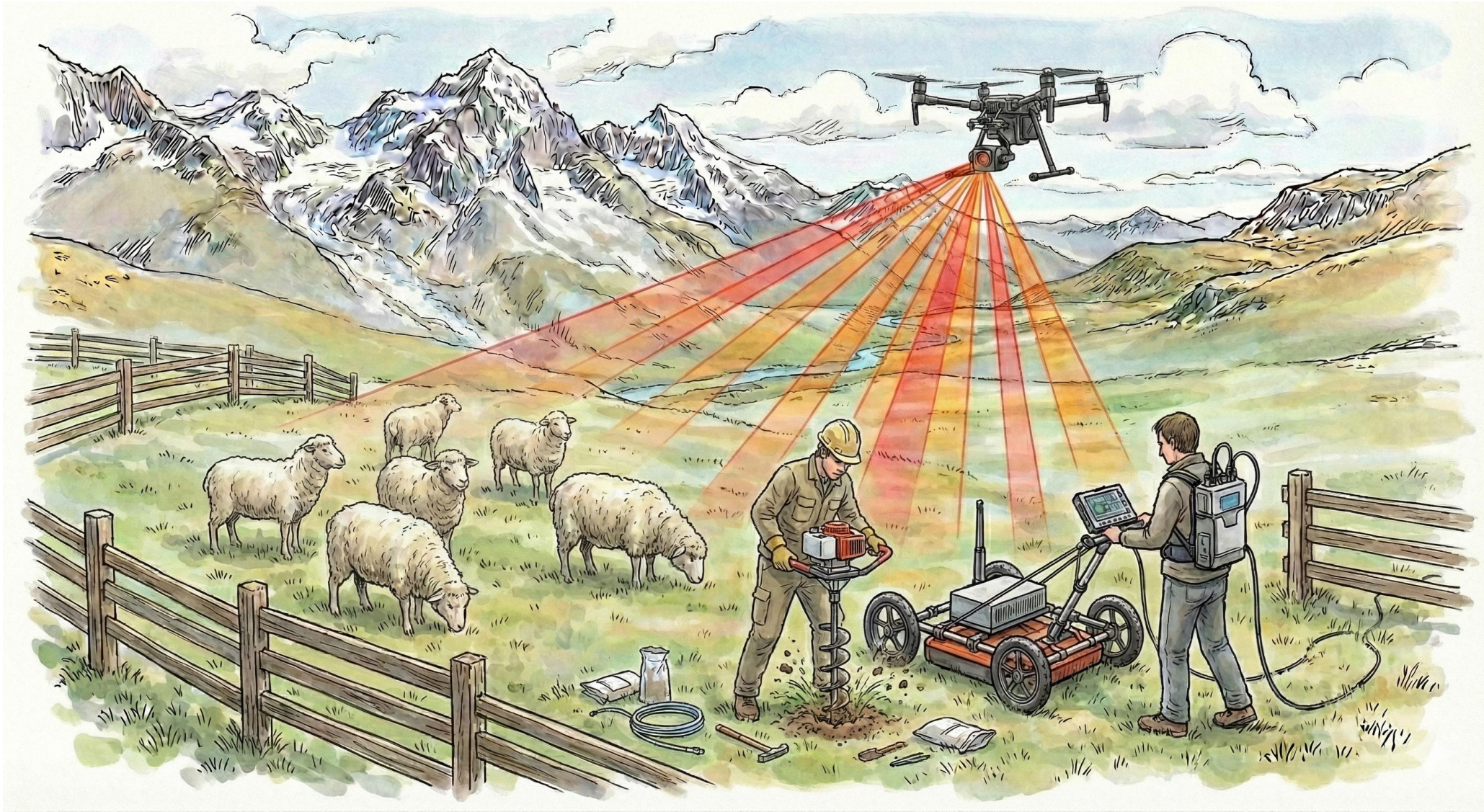
# Carte des ellipses d'écart-type (ArcGis)



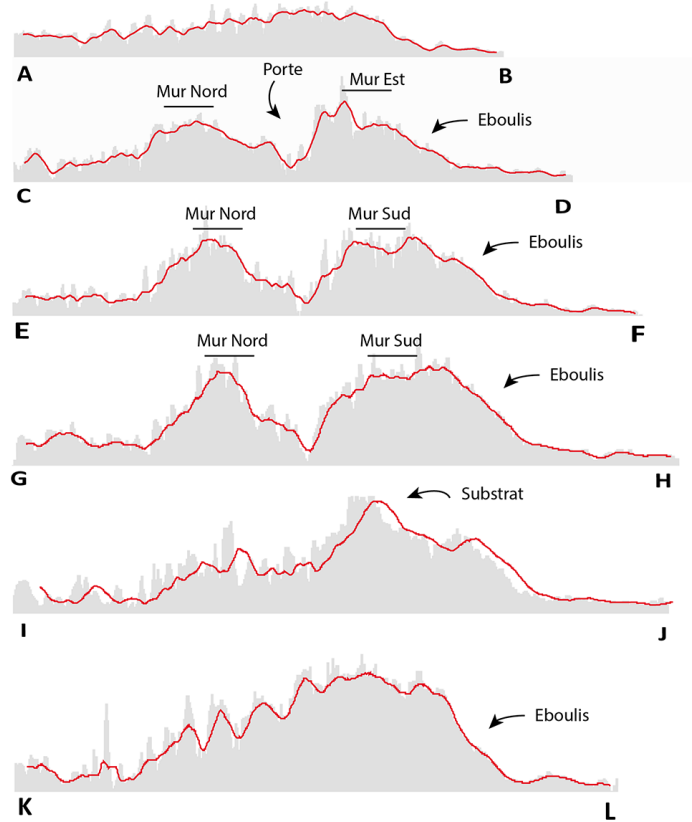
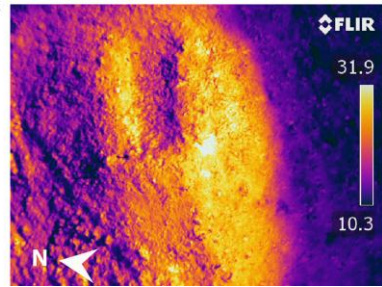
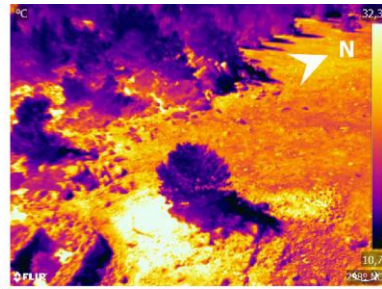
Classification hiérarchique et la variable "Hauteur"

# Un œil numérique sur les cimes

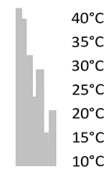
Traitement actuel et apports des données thermiques, de géophysiques et des analyses chimiques des sols



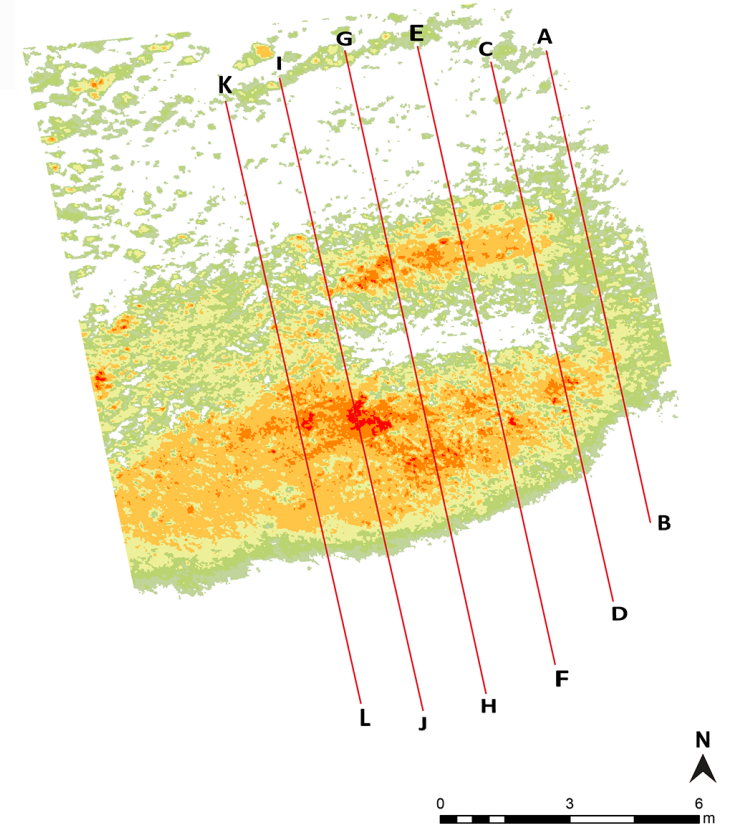
# Thermographie par drone



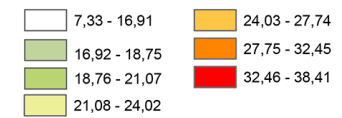
Profil thermique (Degrés)



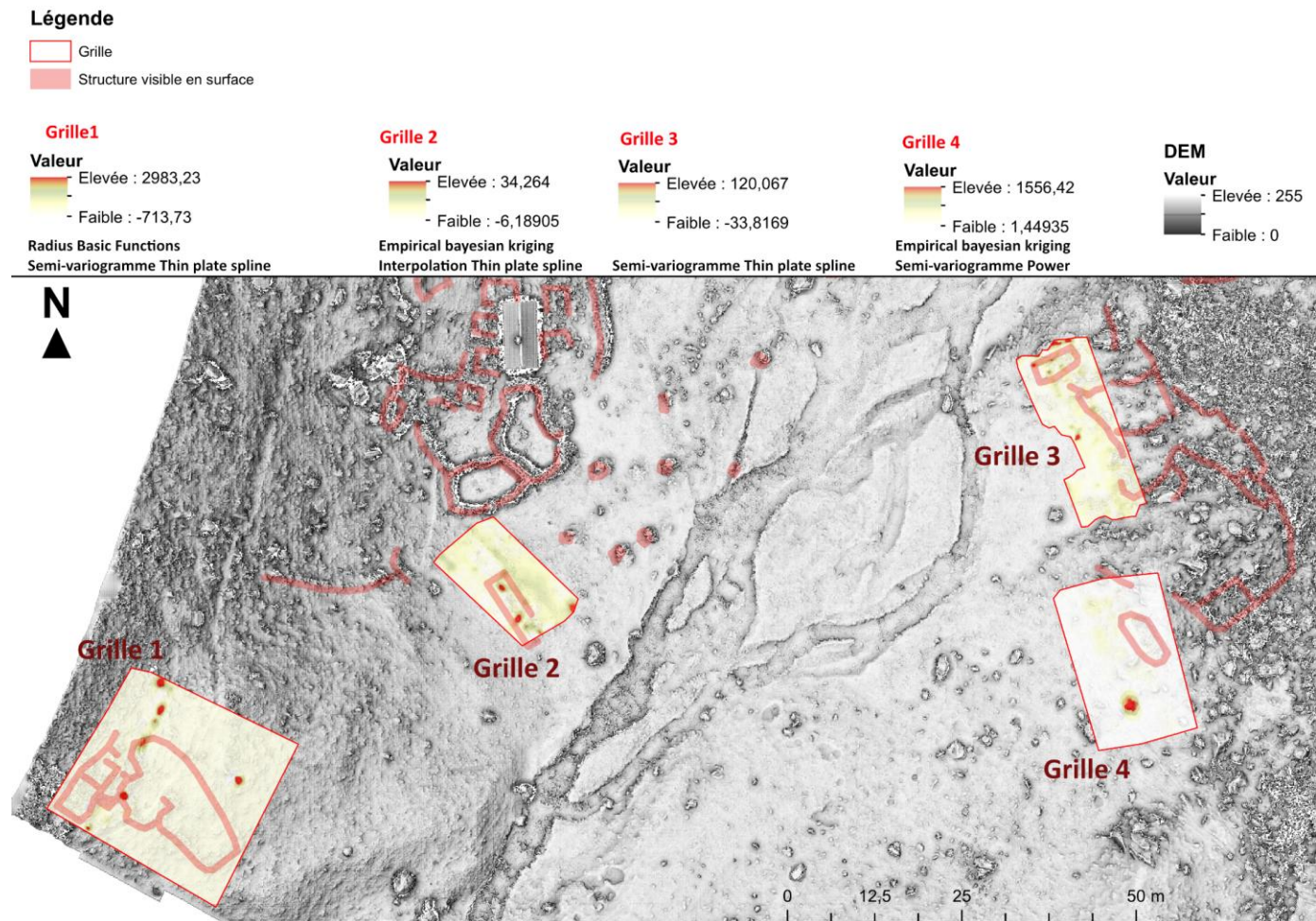
— Profil thermique lissé



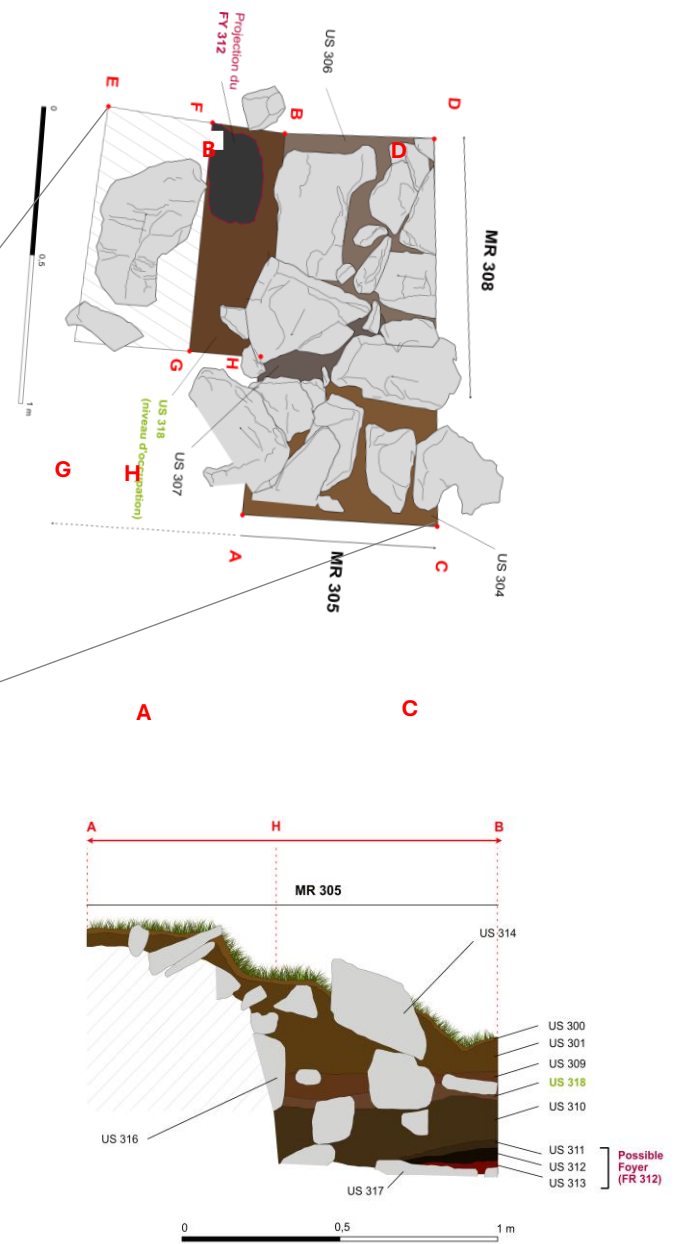
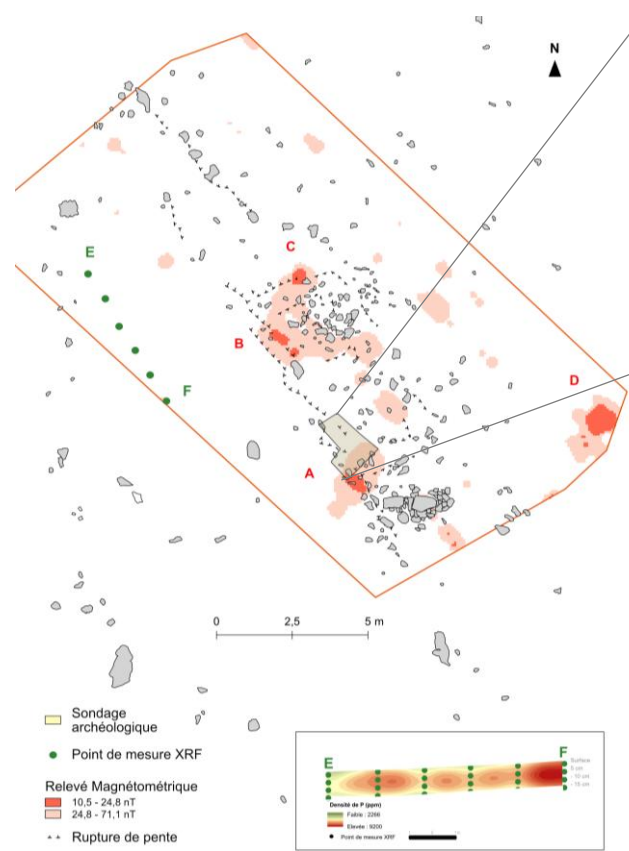
MNTS Classifié (Degrés - classification avec la méthode de progression géométrique)



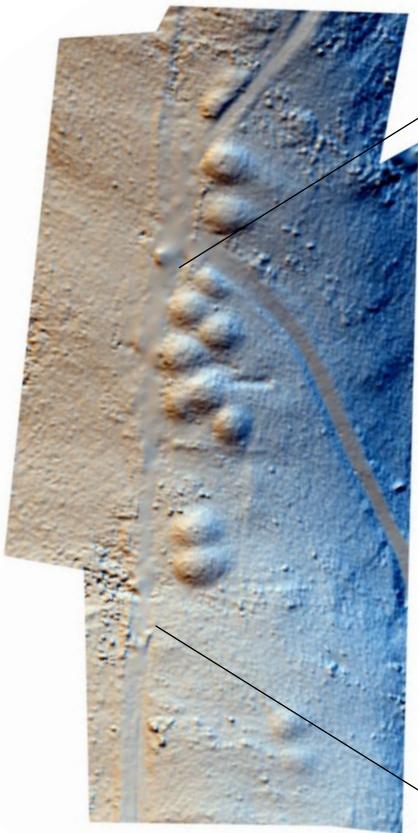
# Géophysique : Géoradar et magnétomètre



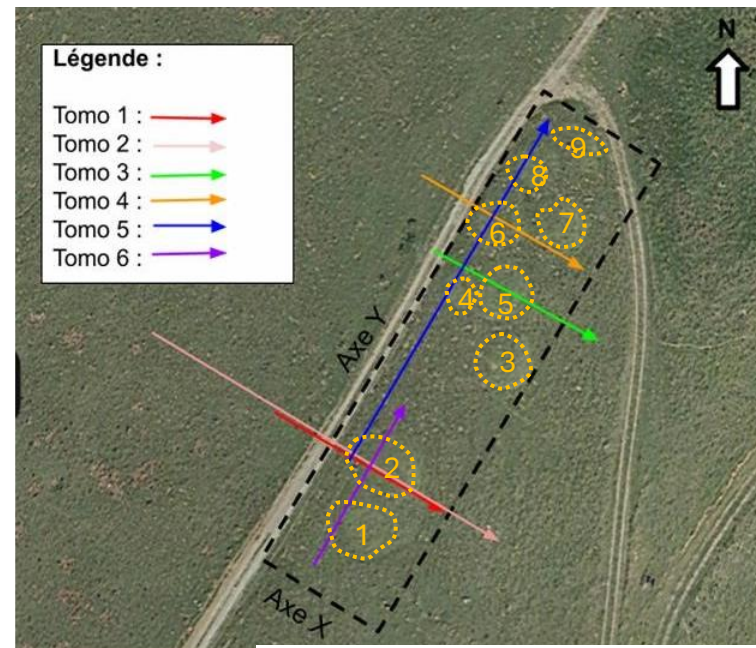
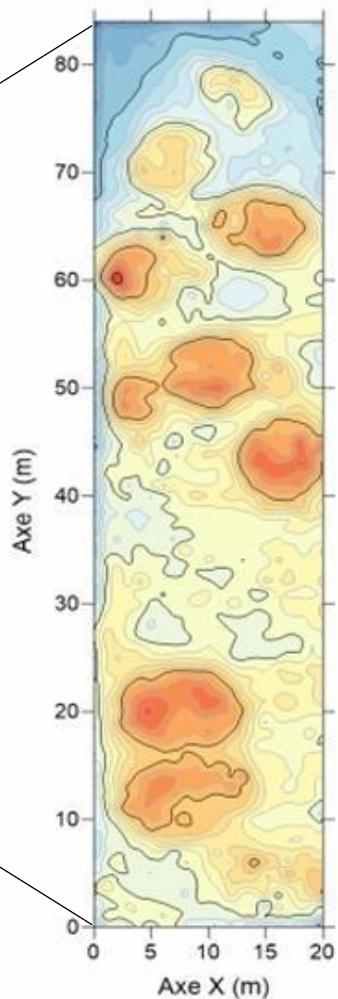
# Géophysique : Géoradar et magnétomètre



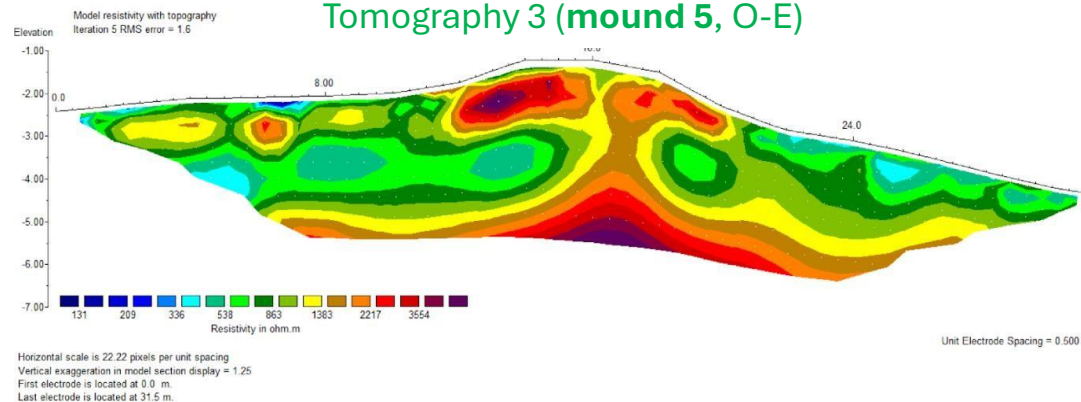
# Géophysique : Résistivité électrique



mapped area (1800 m<sup>2</sup>)  
Photogrammetry from TAHMM



Tomography 3 (mound 5, O-E)

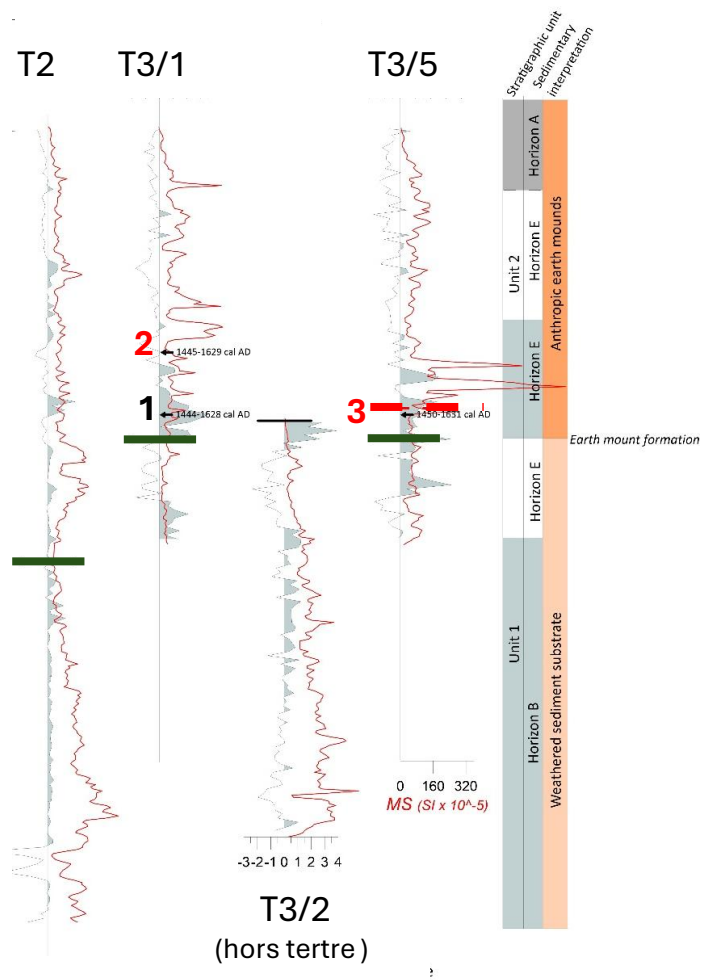


Stage Master 1 – Baptiste Mellier  
(UT3 – M. Llubes/C. Rendu)

Stage Master 1 – Romain Vercasson  
(UT3 – M. Llubes/C. Rendu)

**Terrain d'étude du Master 2 de Maialen Gauthier :** « Approche ethnoarchéologique des pratiques d'élevage porcin, en Cize et en Soule, du Moyen Âge à l'époque contemporaine, sous la direction de Florent Hautefeuille et Christine Rendu, Université Jean Jaurès, Toulouse

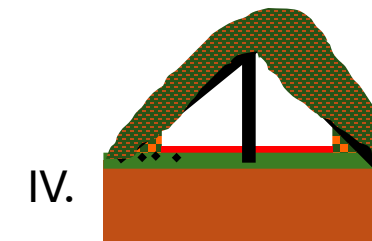
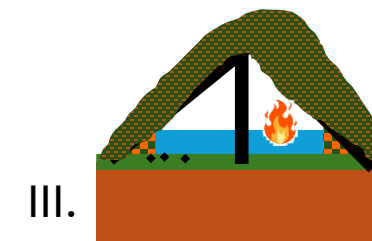
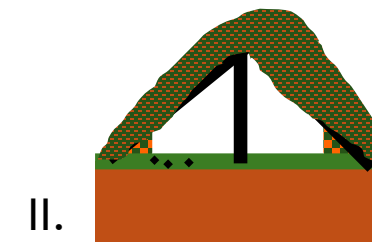
# Chimie des sols = Susceptibilité magnétique



— Paleosol surface — — Rubified layer

J. Narbarte, *Etude sédimentologique des tertres d'Oilaskoa*, 2024

## A scenario? (C. Rendu)



◆ Charcoal

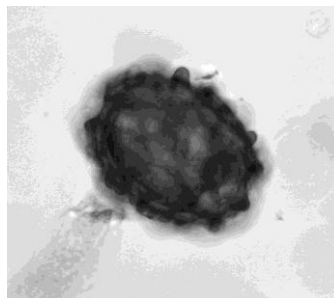
■ Dung

■ Thermally-altered sediment (MS)

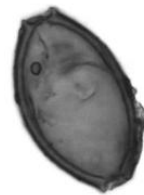
# ADN des paléo-parasites



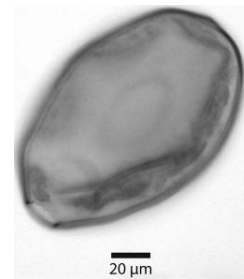
Analyse de paléoparasitologie



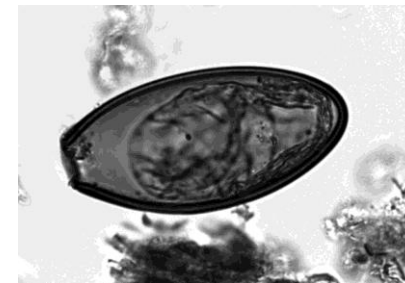
Œuf d'*Ascaris* sp.



20 µm  
Œuf de *Trichuris*

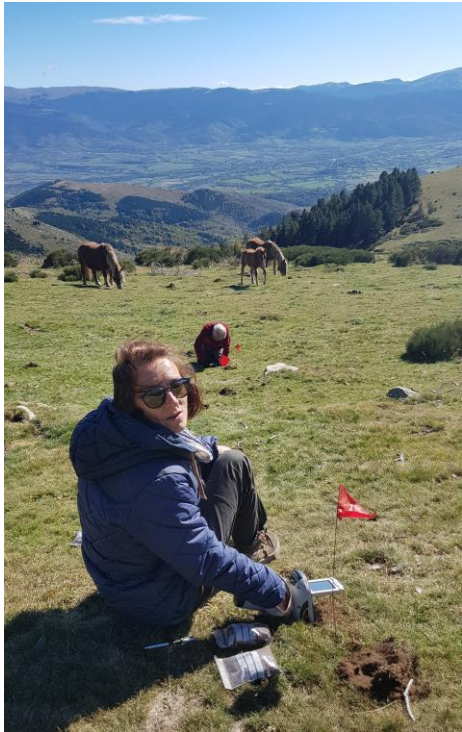


20 µm  
Œuf de *Fasciolidea*

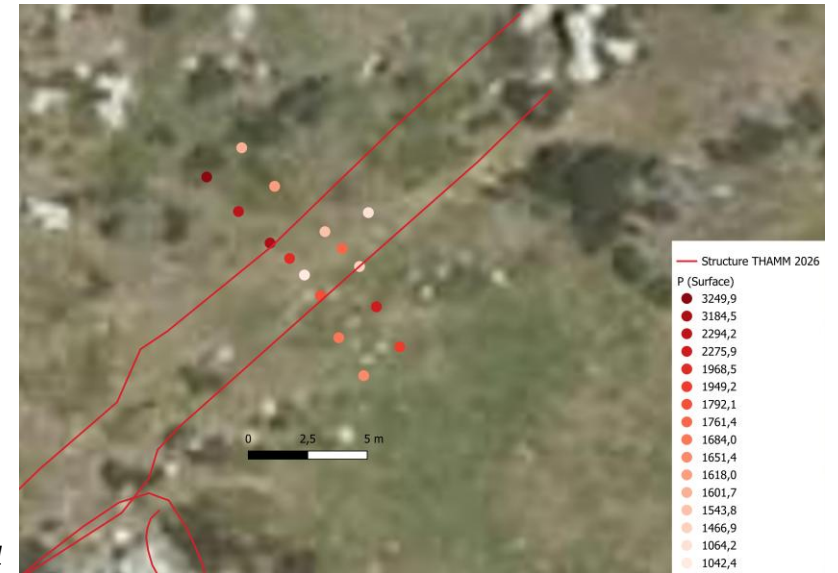


Œuf d'*Oxyuris equi*

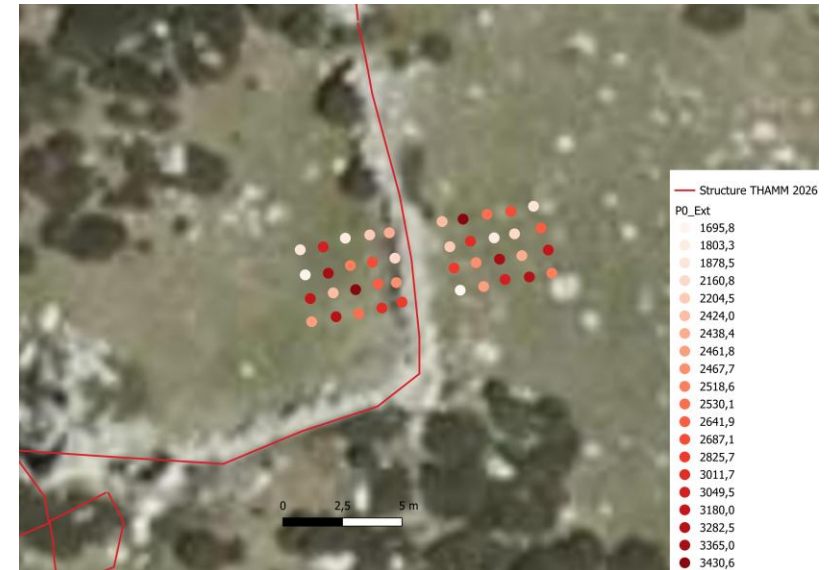
# Chimie des sols = Spatialisation du taux de Phosphore (P)



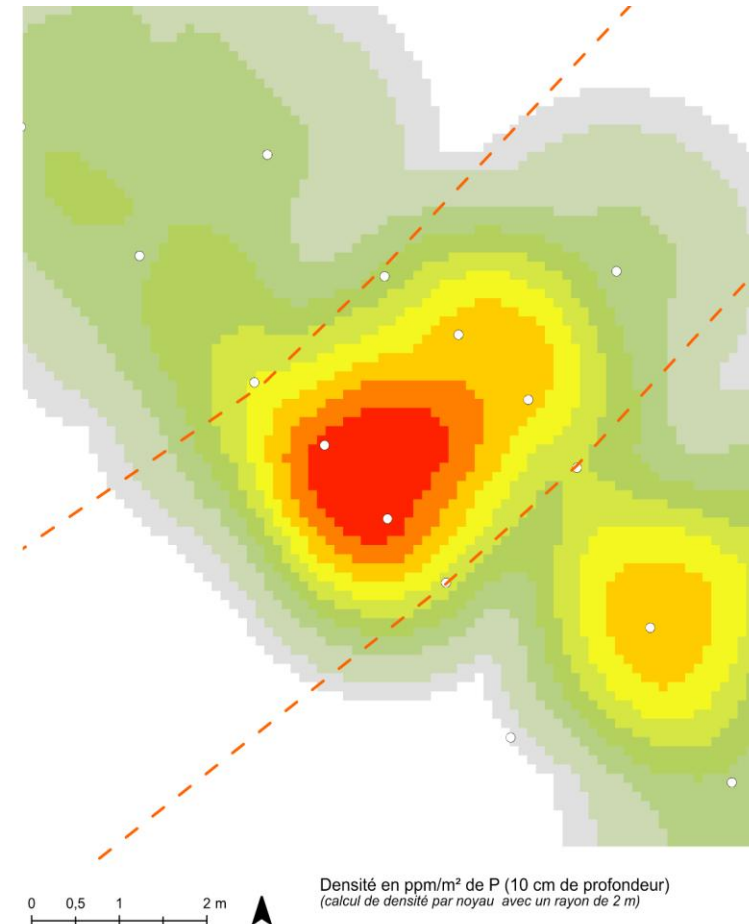
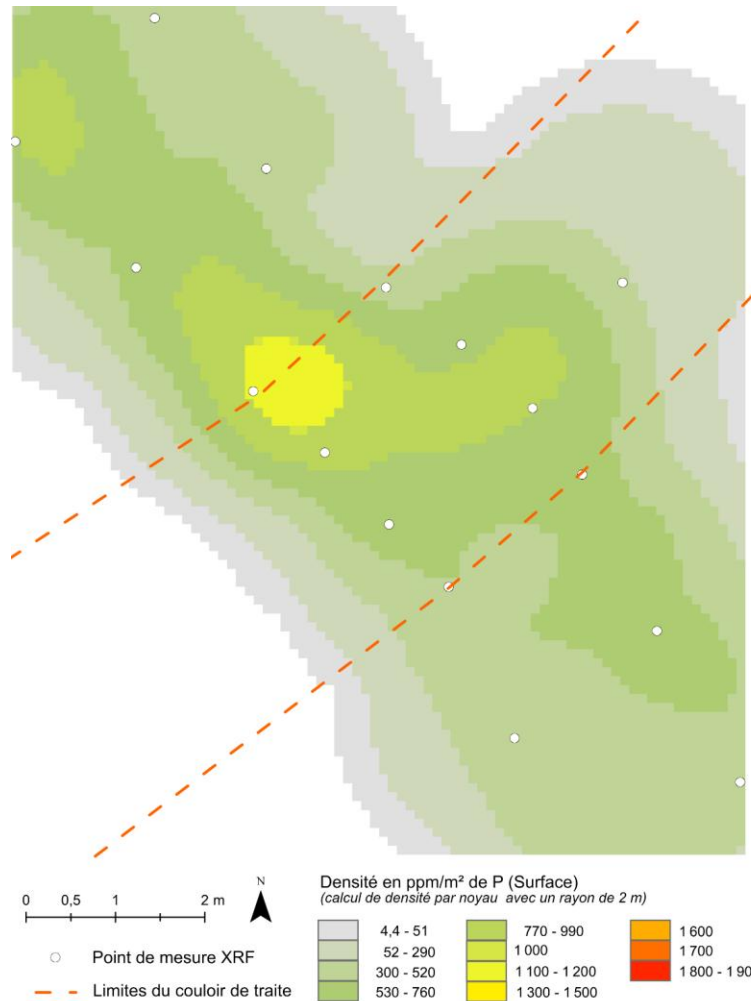
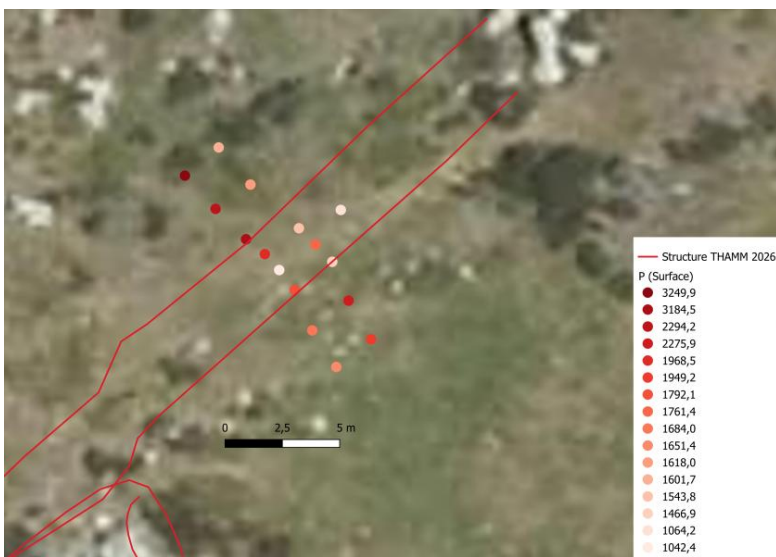
*Couloir de traite – Médiéval  
(Enveitg - 66)*



*Enclos – Moderne  
(Enveitg - 66)*



# Analyses chimiques des sols

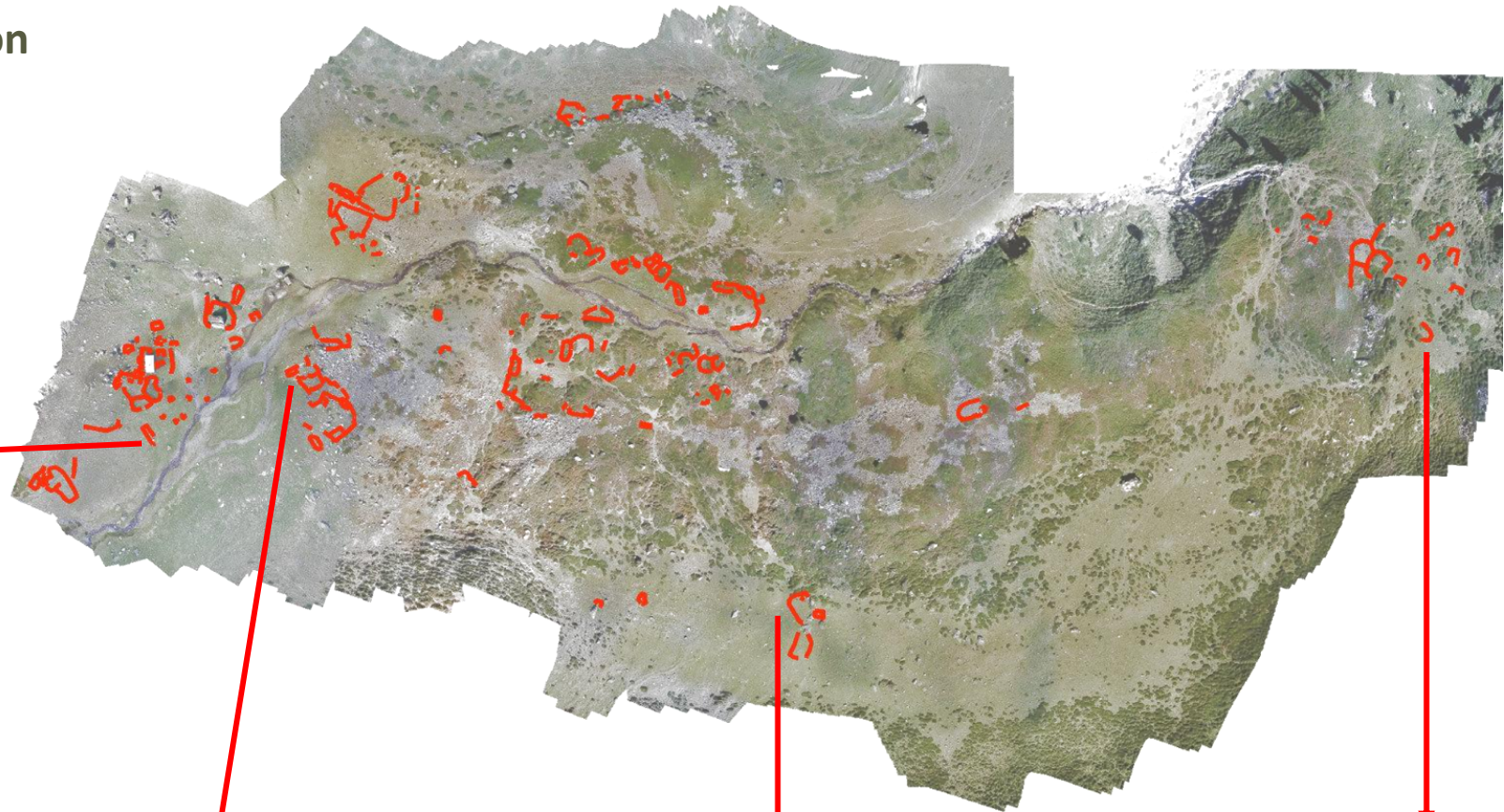


# Un œil numérique sur les cimes

Vérification par le sondage



## Sondage de validation



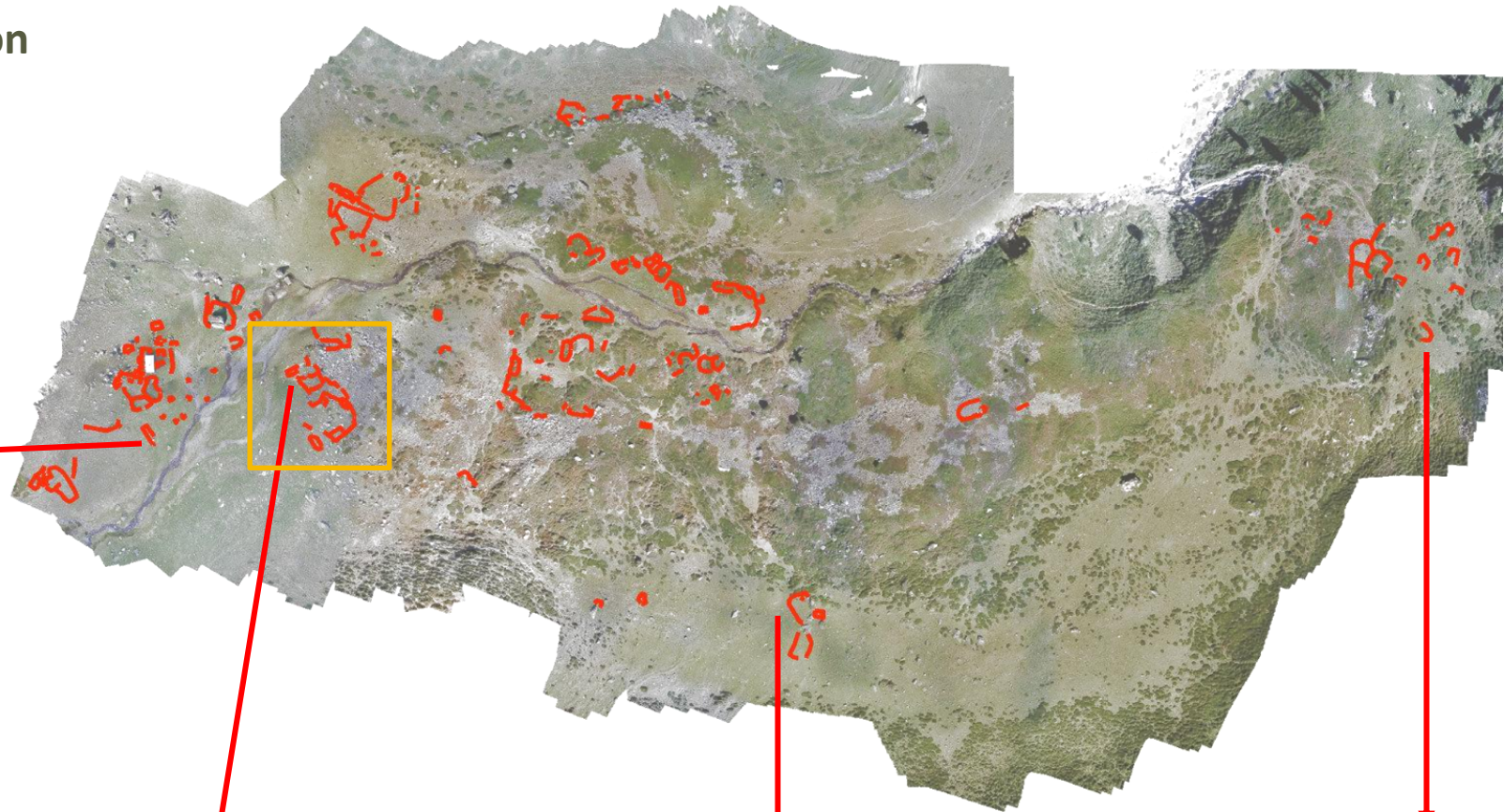
- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Isolée

- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Possible superposition d'occupation

- ✓ Perçue uniquement avec la méthode SLRM

- ✓ Structure carrée
- ✓ Micro-relief

## Sondage de validation



- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Isolée

- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Possible superposition d'occupation

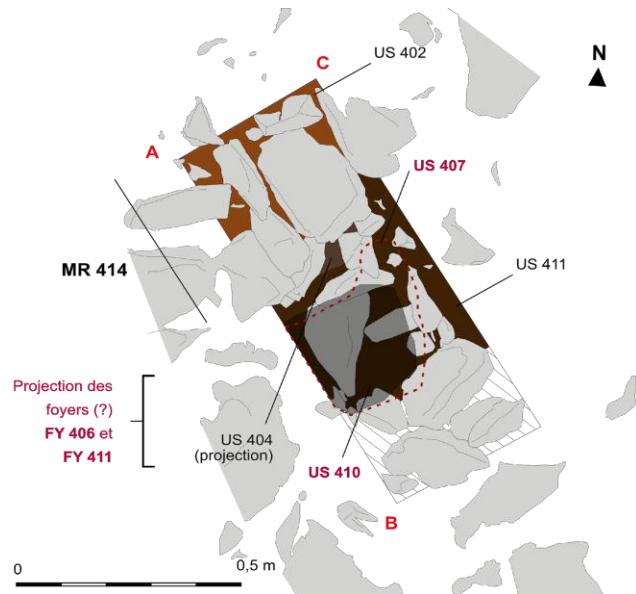
- ✓ Perçue uniquement avec la méthode SLRM

- ✓ Structure carrée
- ✓ Micro-relief

# Sondage de validation

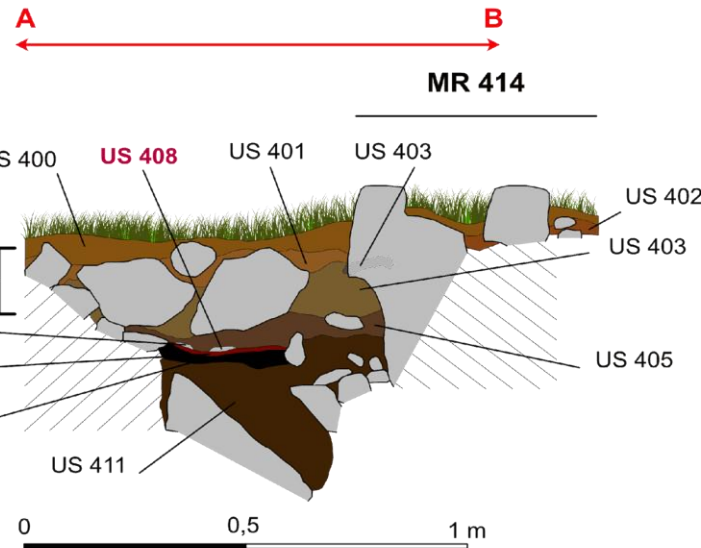
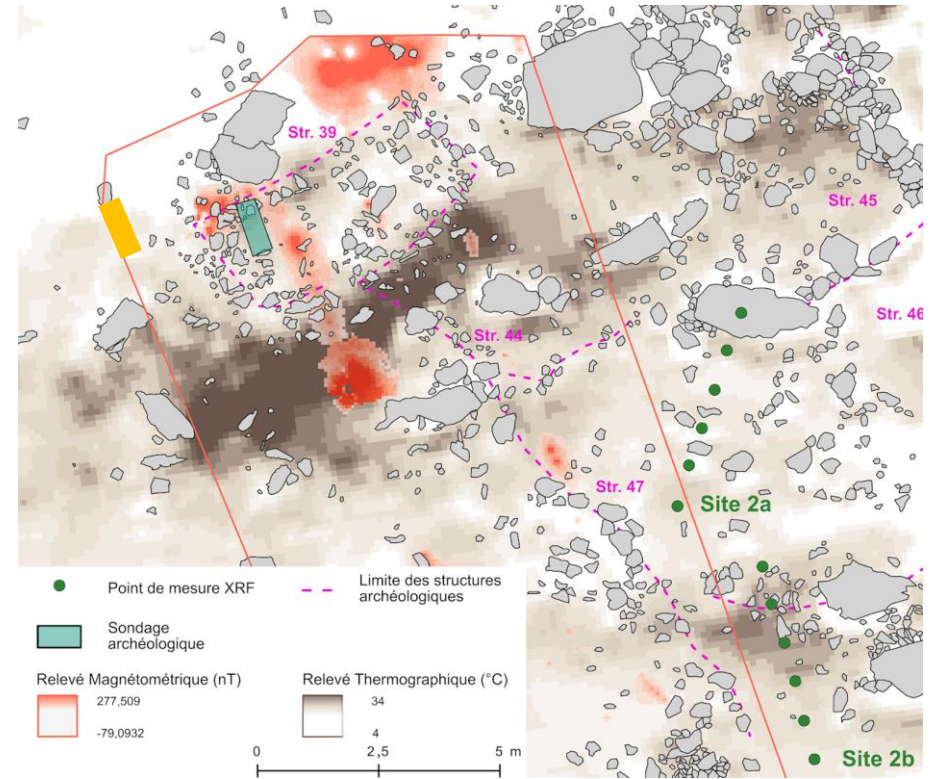


Structure n° 39

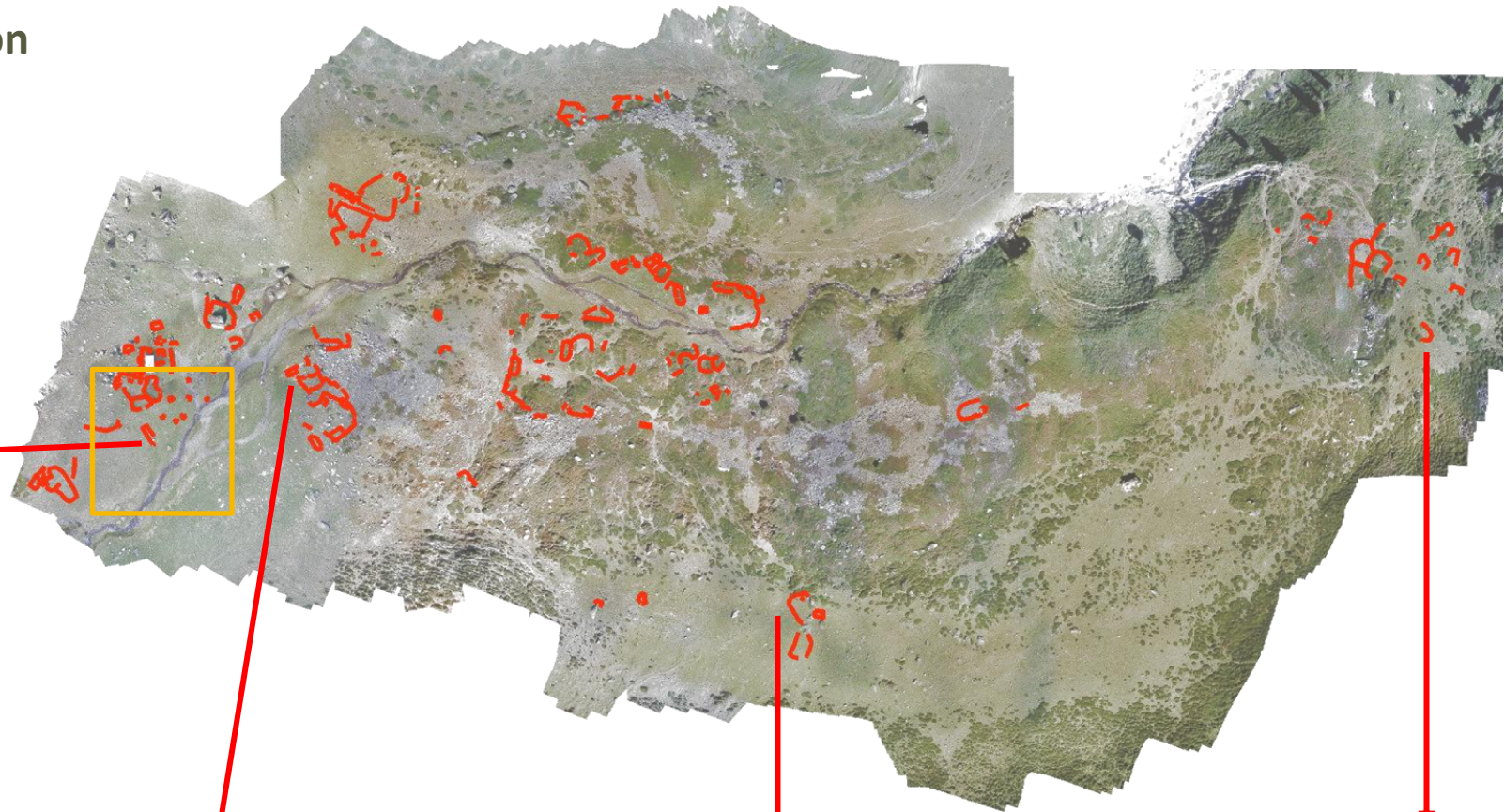


1183 – 1280 ap.  
J.-C.

1440 – 1628 ap.  
J.-C.



## Sondage de validation



- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Isolée

- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Possible superposition d'occupation

- ✓ Perçue uniquement avec la méthode SLRM

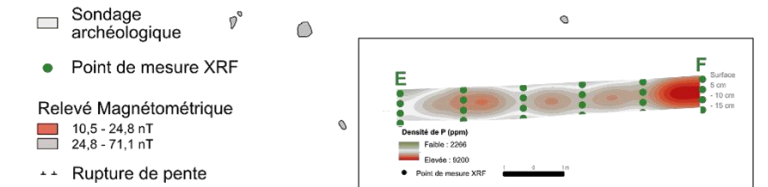
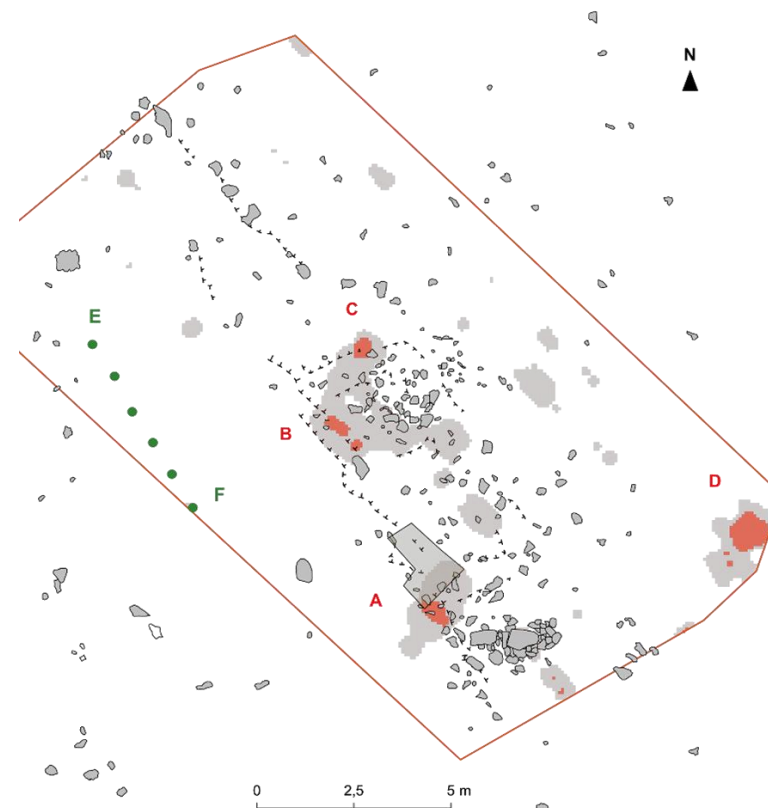
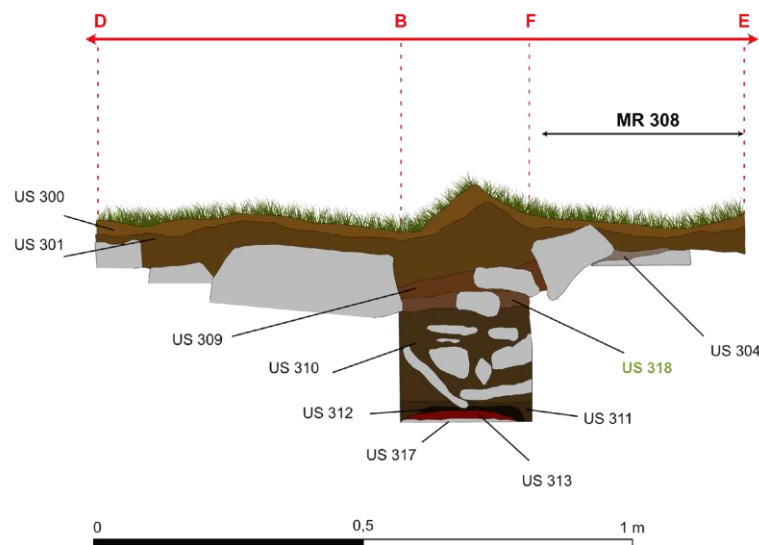
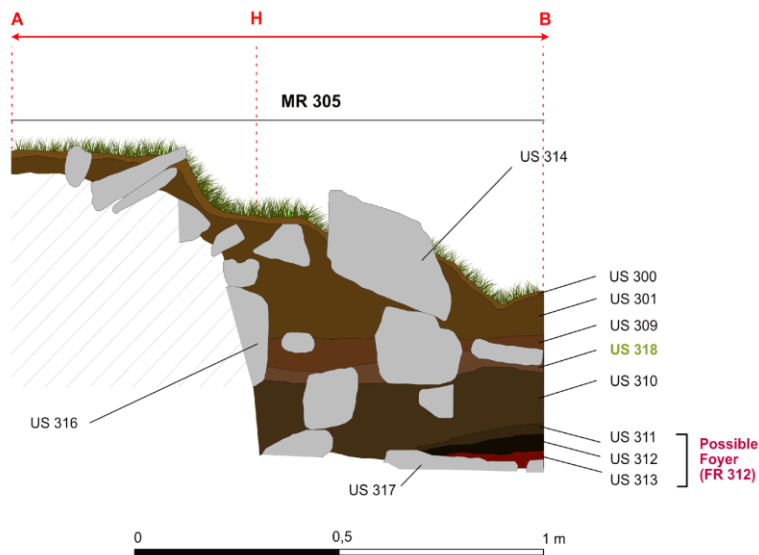
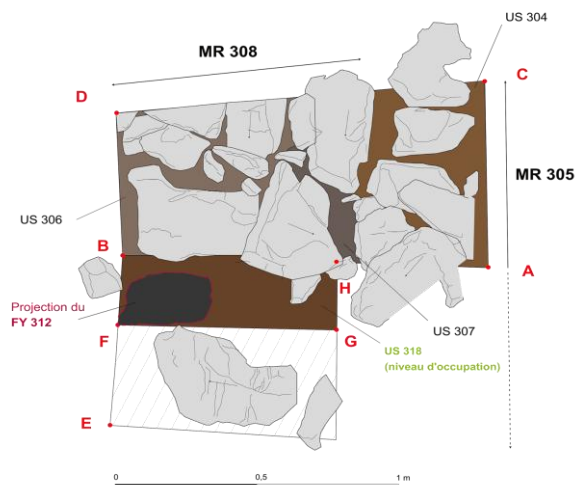
- ✓ Structure carrée
- ✓ Micro-relief

# Sondage de validation

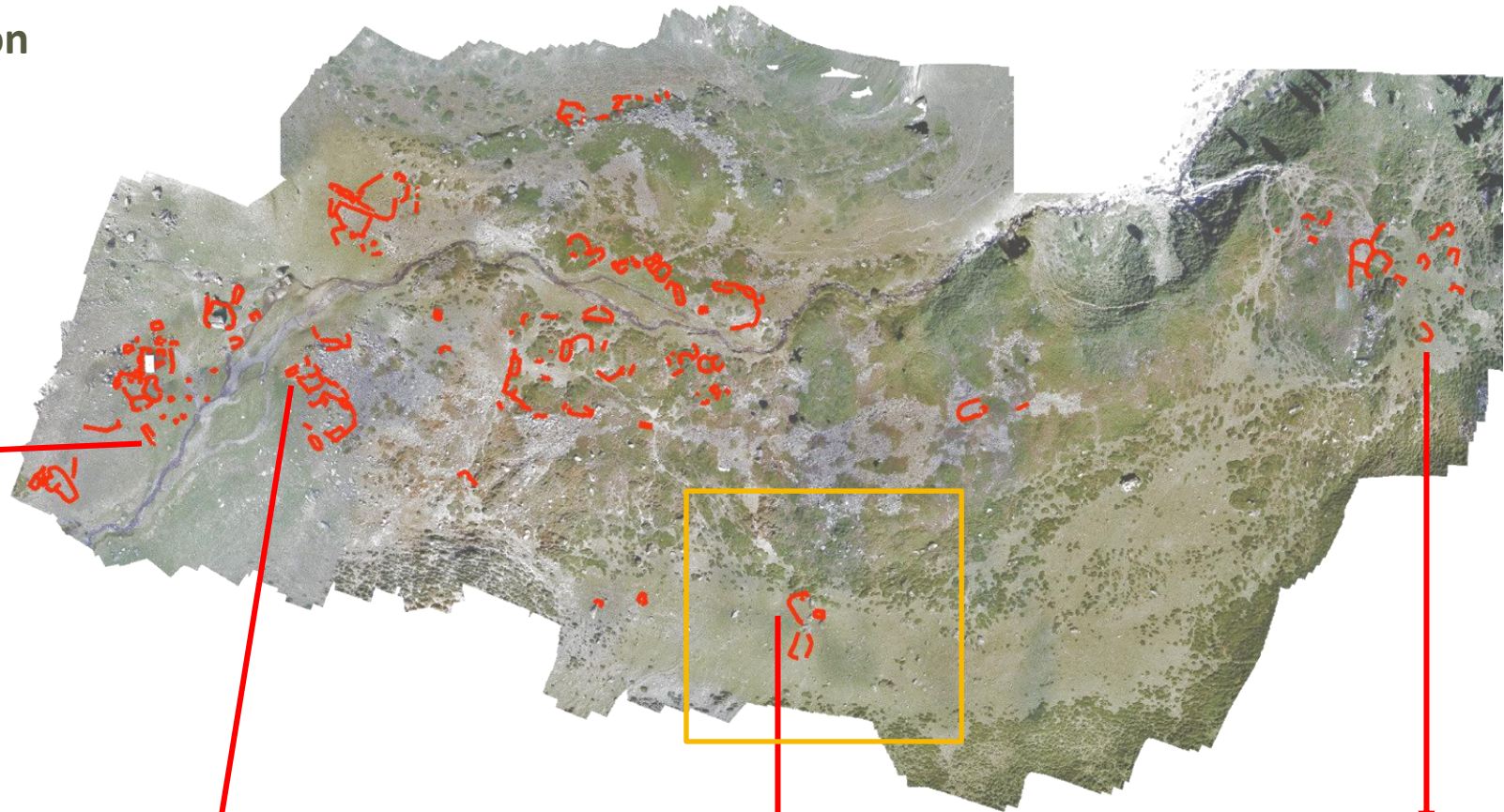
1520 - 1800 ap. J.-  
C.



Structure n° 13



## Sondage de validation



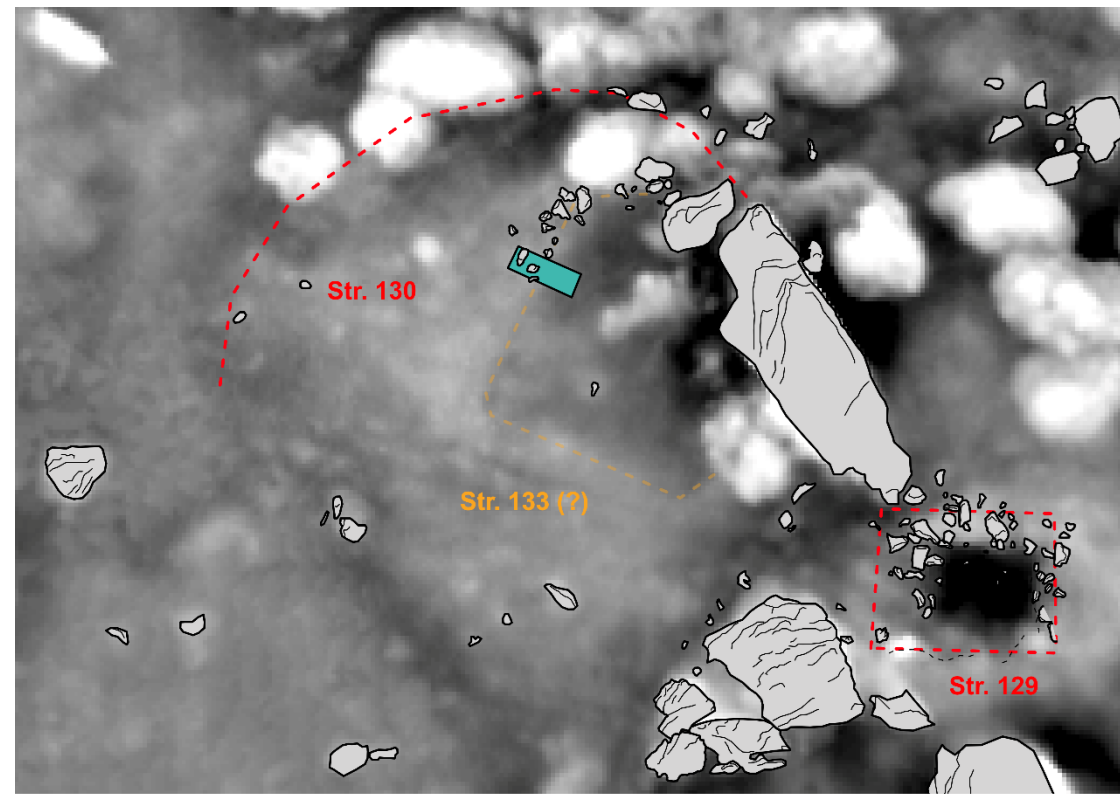
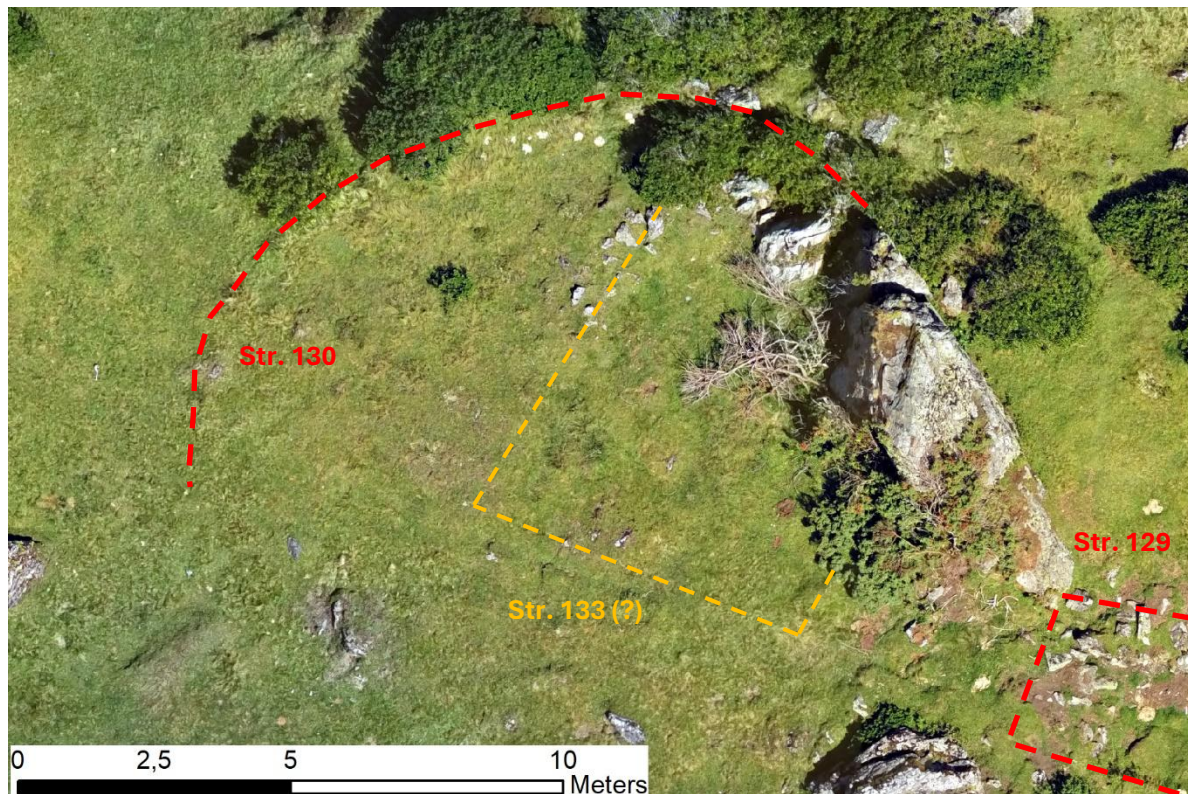
- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Isolée

- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Possible superposition d'occupation

- ✓ Perçue uniquement avec la méthode SLRM

- ✓ Structure carrée
- ✓ Micro-relief

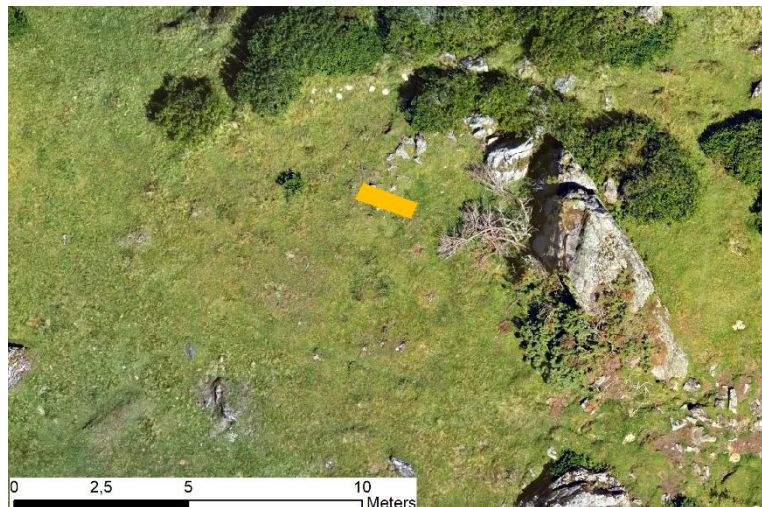
# Sondage de validation



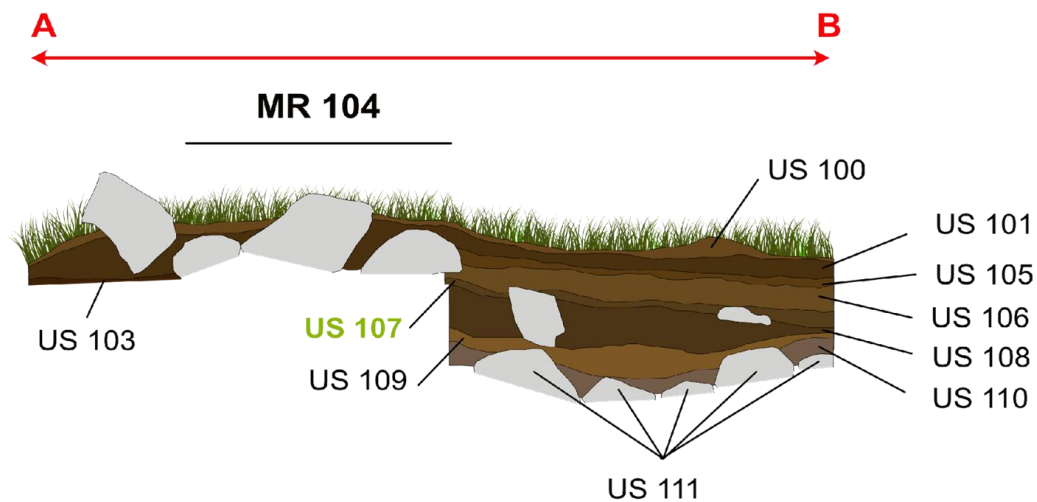
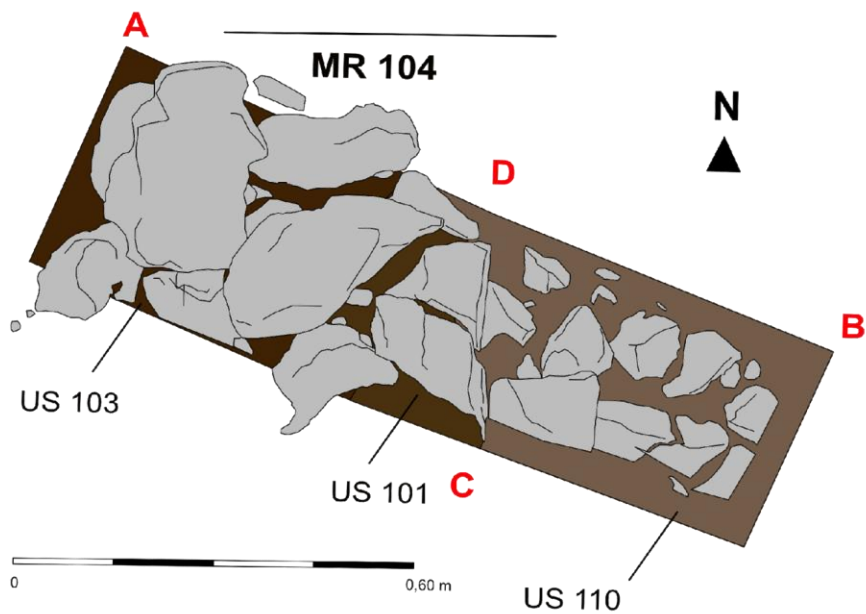
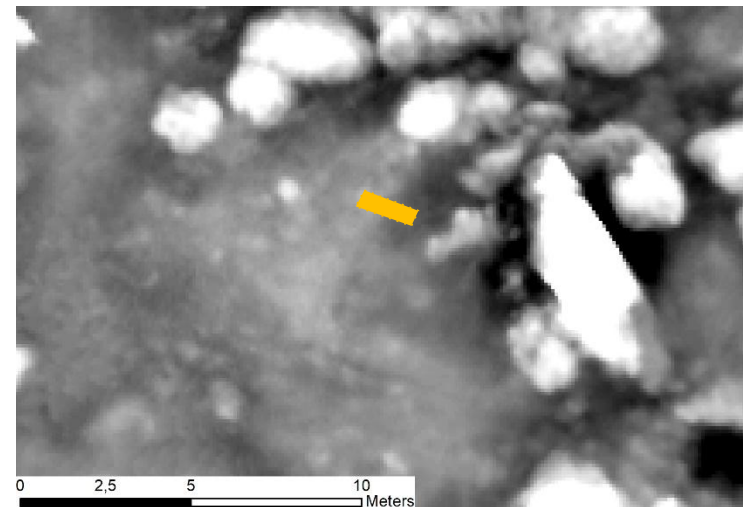
- Orthophotographie
- Méthode de visualisation SLRM
- Sondage archéologique

# Sondage de validation

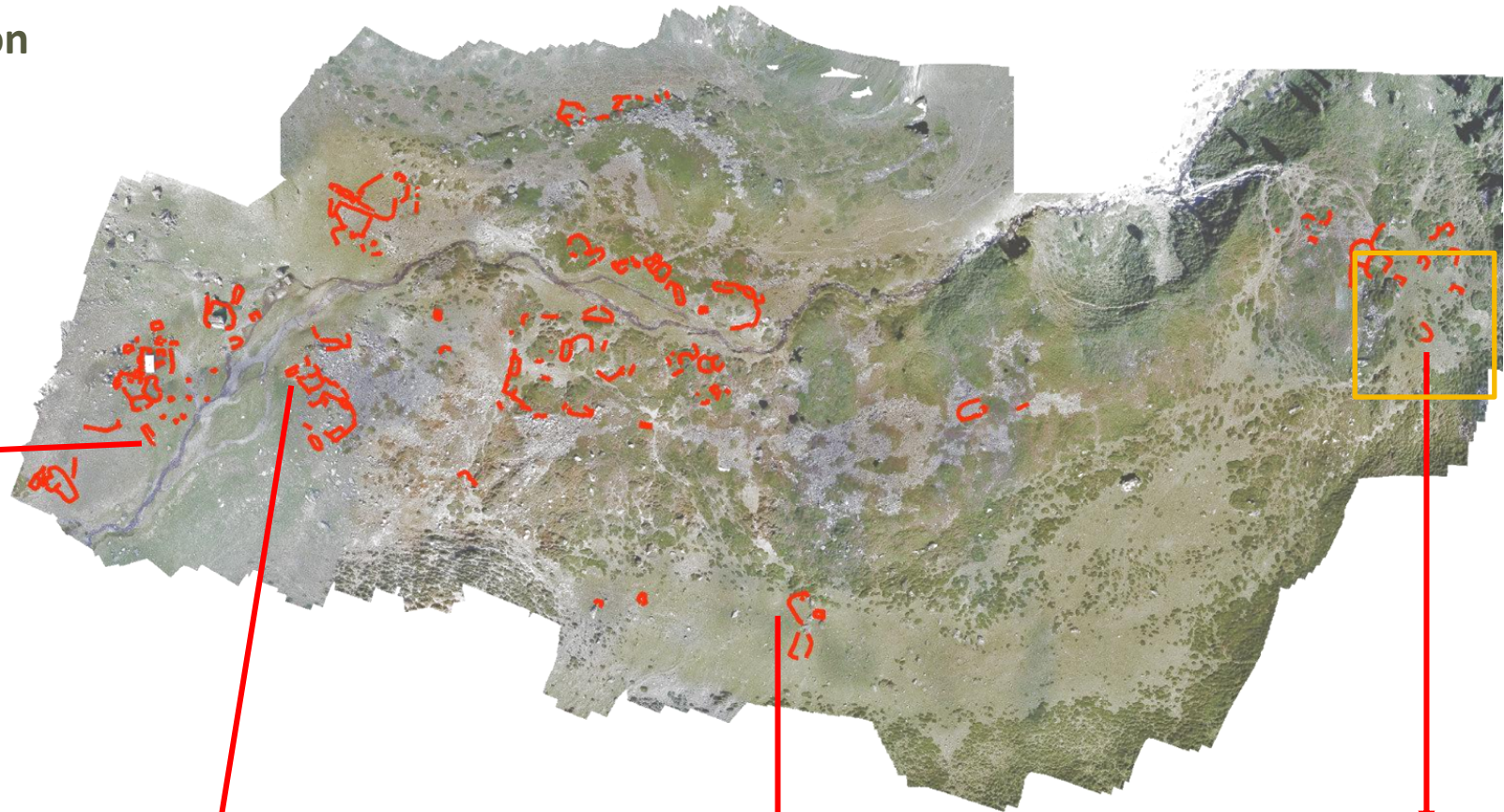
Structure n° 133 => Perçue avec la méthode de visualisation SLRM



893 – 944 ap. J.-  
C.



## Sondage de validation



- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Isolée

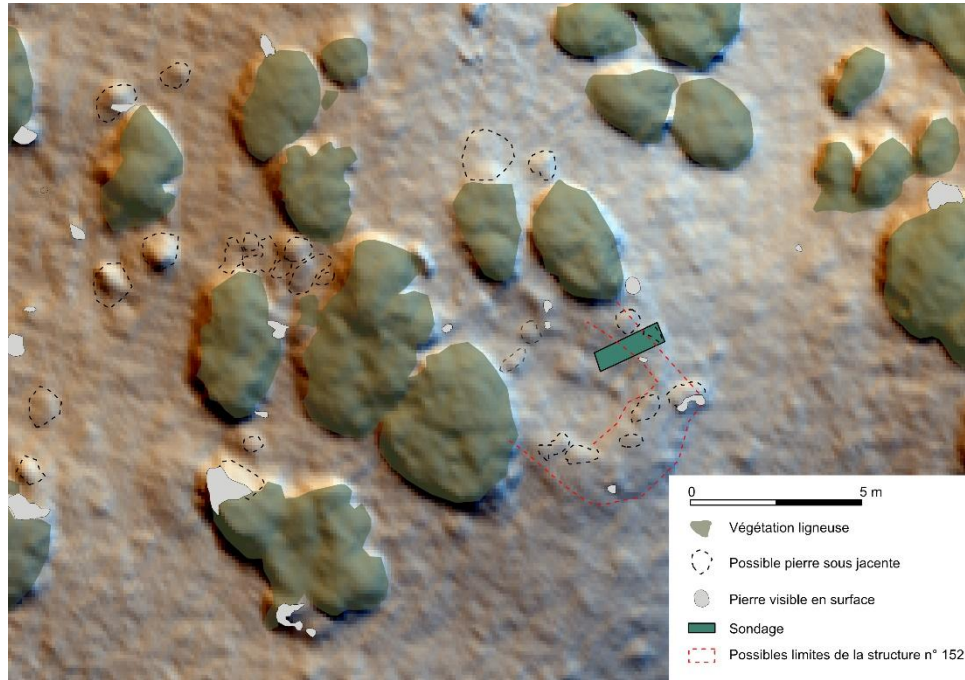
- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Possible superposition d'occupation

- ✓ Perçue uniquement avec la méthode SLRM

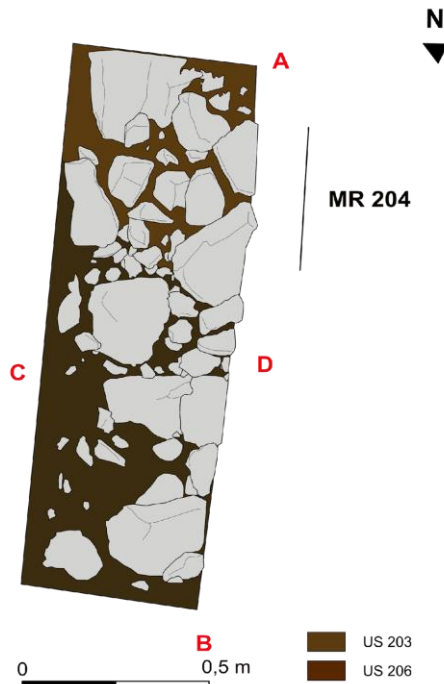
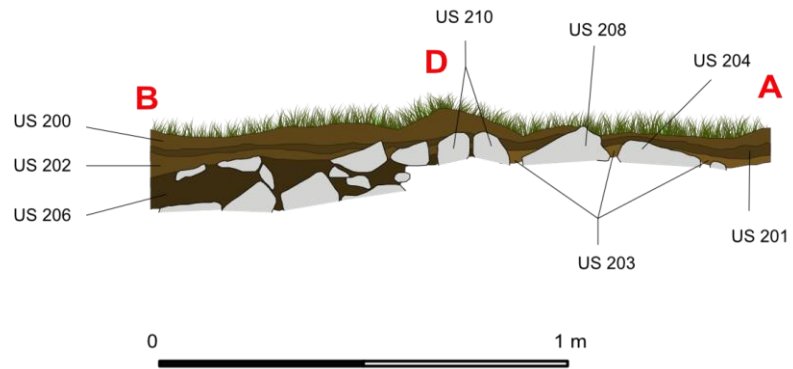
- ✓ Structure carrée
- ✓ Micro-relief

# Sondage de validation

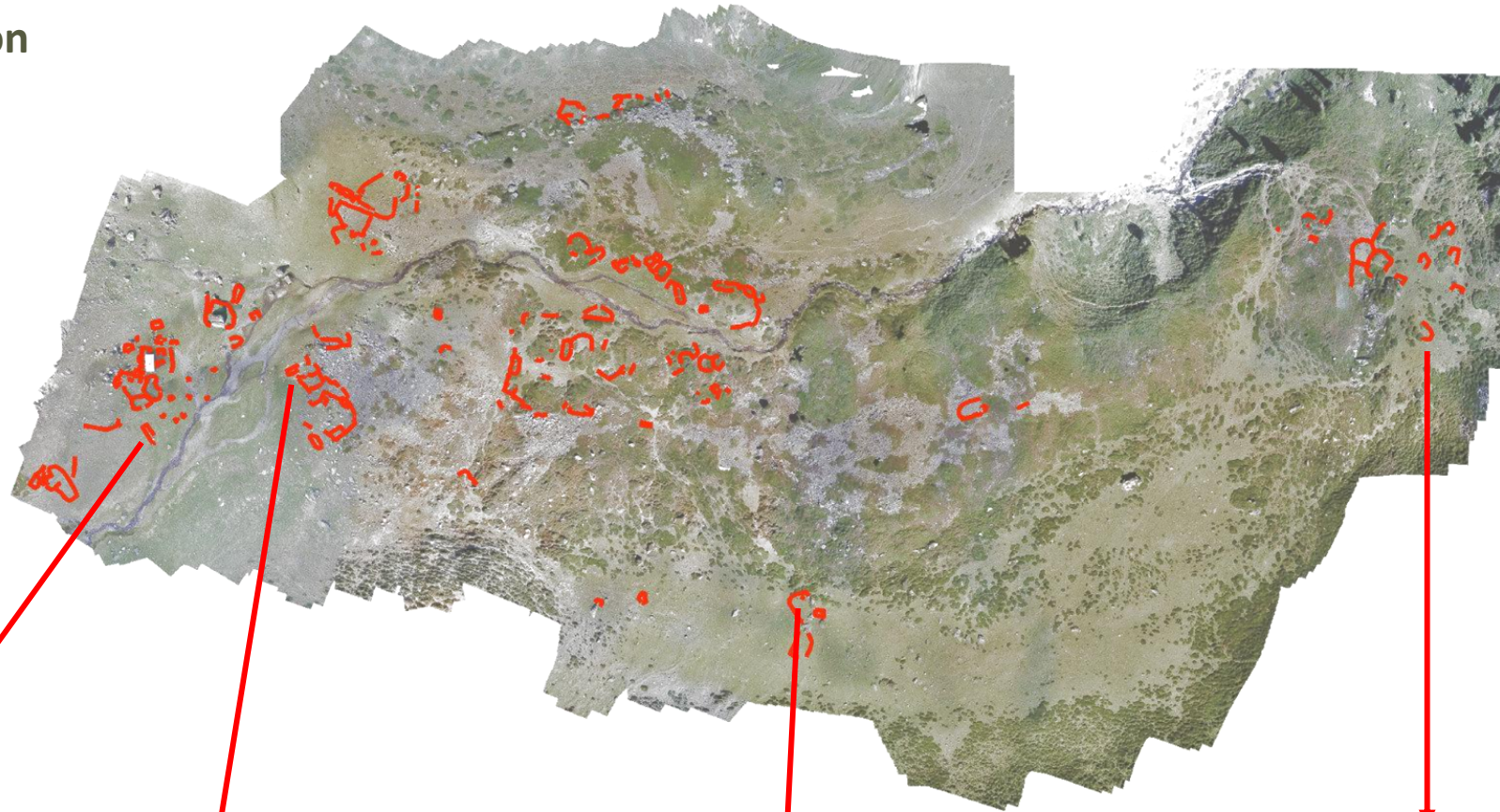
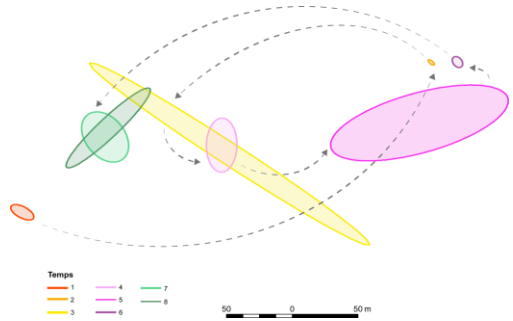
Structure n° 152



1218 - 1280 ap. J.-C.



# Sondage de validation



- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Isolée

**Groupe 7**  
1520 – 1800 ap. J.-C.

- ✓ Structure rectangulaire longue et étroite
- ✓ Possible superposition d'occupation

**Groupe 4**  
1183 – 1280 ap. J.-C.  
1440 - 1628 ap. J.-C.

- ✓ Perçue uniquement avec la méthode SLRM

**Groupe 3**  
893 – 944 ap. J.-C.

- ✓ Structure carrée
- ✓ Micro-relief

**Groupe 5**  
1218 – 1280 ap. J.-C.

## La suite du programme TAHMM

- Poursuivre les tests d'intégration du matériel de géophysique, notamment la résistivité électrique et des données multispectrales par drone
- Travailler à une meilleure filtration des données Lidar sur la végétation basse et ligneuse de type genêt ou rhododendron via l'intelligence artificielle (IA)
- Poursuivre le travail de détection automatique des vestiges archéologiques à partir des nuages de point lidar et/ou photogrammétrie via l'IA
- Poursuivre l'analyse chimique des sols et les paléo-parasites pour localiser/caractériser les niveaux d'occupation et/ou les zones de stabulation
- Trouver une/des collaborations pour travailler sur l'ADN sédimentaire non lacustre



# Un œil numérique sur les cimes

Comment le non-invasif redéfinit la carte archéologique en montagne



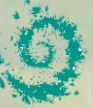
Consortium de recherche



Partenariats financiers récurrents



Partenariats financiers ponctuels



1. TRACES, UMR 5608, Toulouse
2. FRAMESPA, UMR 5136, Toulouse
3. ITRIT, UMR 5505, Toulouse
4. GEODE, UMR 5602, Toulouse
5. GET, UMR 5563, Toulouse
6. Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection Saint Mandé
7. Universidad del País Vasco, Vitoria-Gasteiz (Espagne)
8. CHRONO-ENVIRONNEMENT, UMR 6249, Bensaçon

Séminaire d'équipe – Terrae  
30 janvier 2026