



HAL
open science

Un œil 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 œil numérique sur les cimes. Séminaire équipe Terrae (Lab. Traces), Equipe Terrae, Jan 2026, Toulouse, France. <hal-05467823>

HAL Id: hal-05467823

<https://hal.science/hal-05467823v1>

Submitted on 20 Jan 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.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

Un œil numérique sur les cimes

Comment le non-invasif redéfinit la carte archéologique en montagne

Carine Calastrenc¹ (Dir.), Marie-Claude Bal⁴, François Baleux¹, Pierre Campmajo¹, Arthur Chiron³, Nicolas Dobigeon³, Maialen Gauthier², Luc Lapierre⁶, Antoine Laurent¹, Matthieu Le Bailly⁸, Muriel Llubes⁵, Nicolas Mellado³, Batiste Mellier⁵, Josu Narbarte Hernandez⁷, Magali Philippe⁴, Nicolas Poirier¹, Christine Rendu¹, Romain Vercasson⁵

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

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

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

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



Plans des bâtiments visibles en surface



Estive d'Anéou – Str. 308



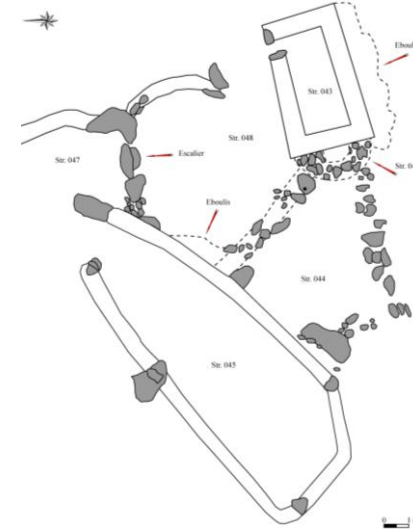
Estive d'Anéou – Str. 235



Str. 10 – Estive d'Anéou



Str. 8 – Estive d'Anéou



Str. 43 à 48 – Estive d'Anéou



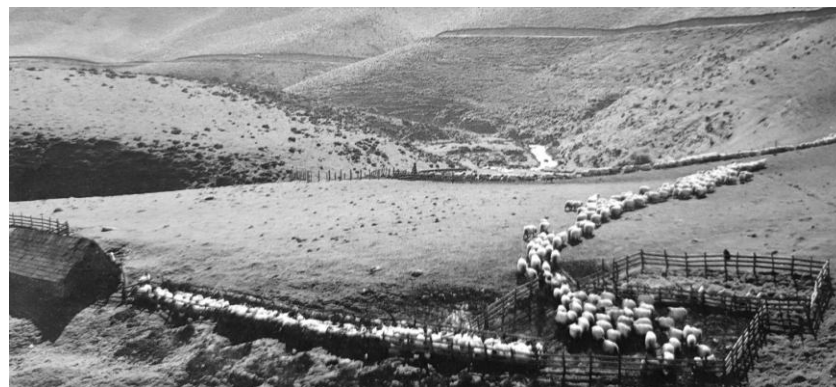
Str. 42 – Estive d'Anéou



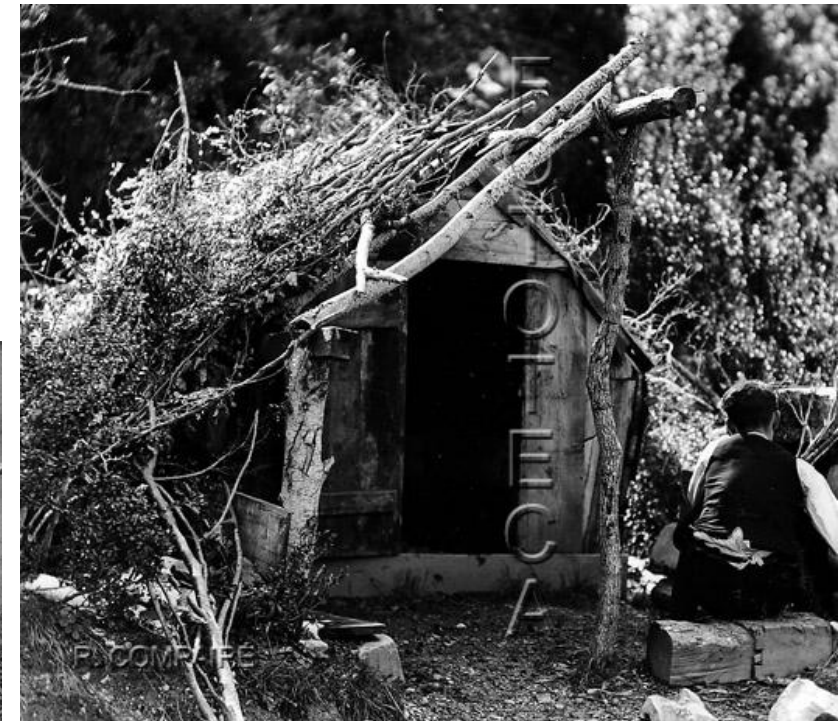
Quid des infrastructures réalisées totalement ou partiellement en matériaux périssables, recouvertes par les sédiments ou effacées par les activités humaines ?



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



Auteur : Jacques Blot

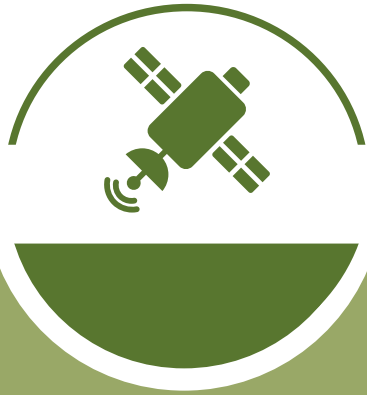


Vallée de Ansó (Aragon - Espagne) – 1920-1936
Auteur : Ricardo Compairé Escartín

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



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 et magnétomètre

=> 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), paléoparasitologie et ADN sédimentaire

=> Localiser des aires de stabulation invisibles en surface.

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)



Identification/caractérisation des structures à petit échelle

Lidar HD de l'IGN et photogrammétrie par drone

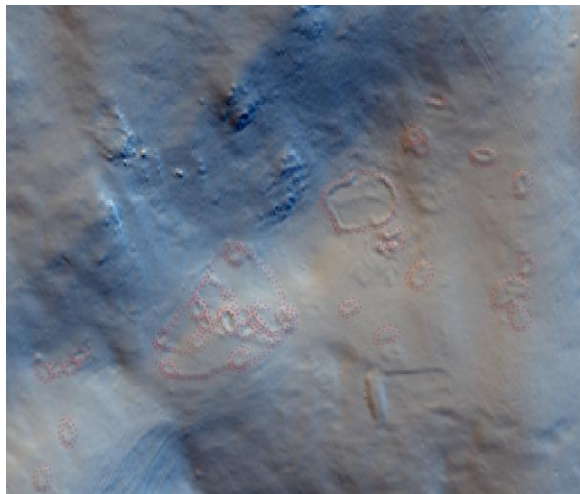


Apport du Lidar HD de l'IGN et de la photogrammétrie par drone

1 pixel = 20 cm



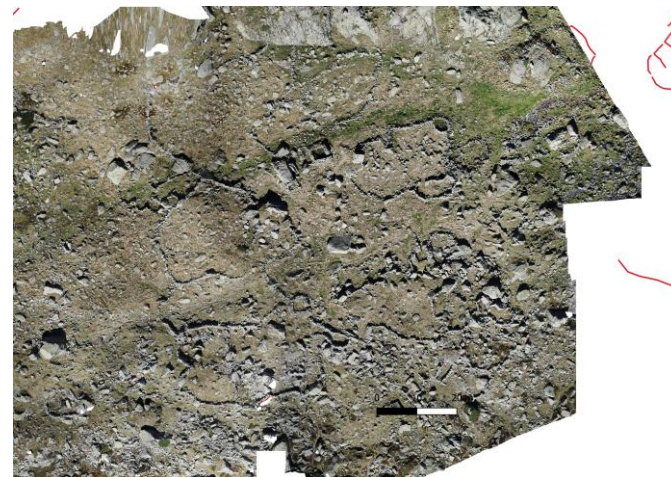
1 pixel = 20 à 50 cm



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

Lidar HD de l'IGN

1 pixel = 0,005 cm



1 pixel = 0,1 cm

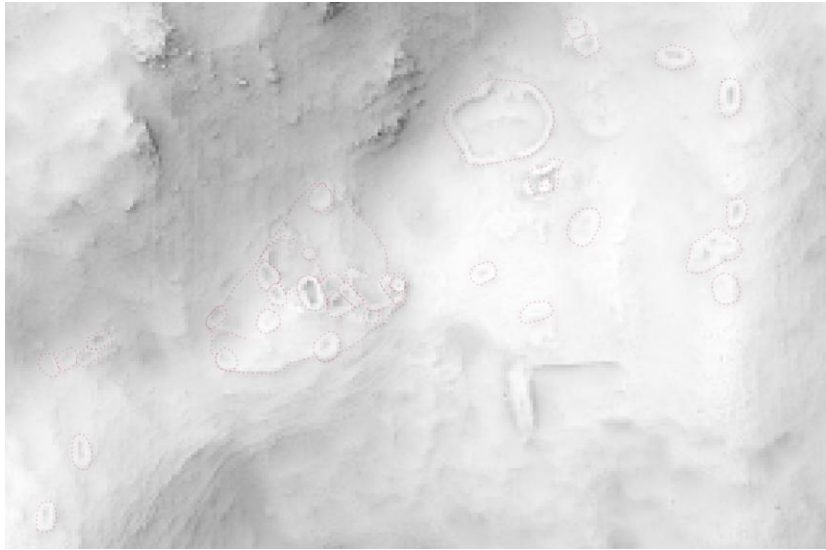


photogrammétrie par drone

Estive du Liantran (Estaing – Hautes-Pyrénées)



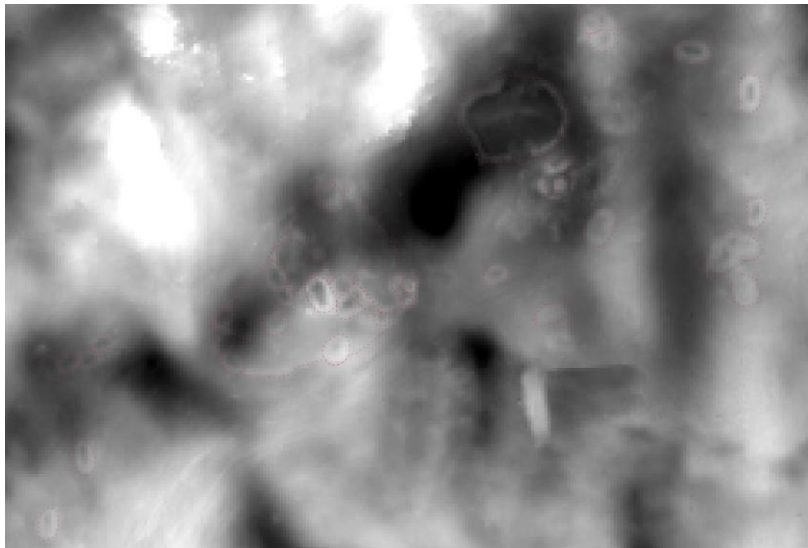
Apport du Lidar HD de l'IGN et de la photogrammétrie par drone



Sky View Factor



Open positive



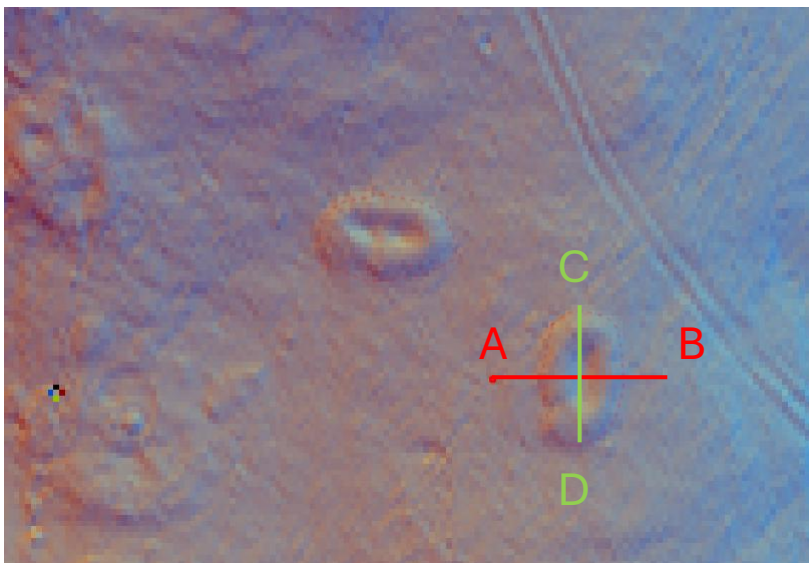
Local Dominance



Multi_Hilshade

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

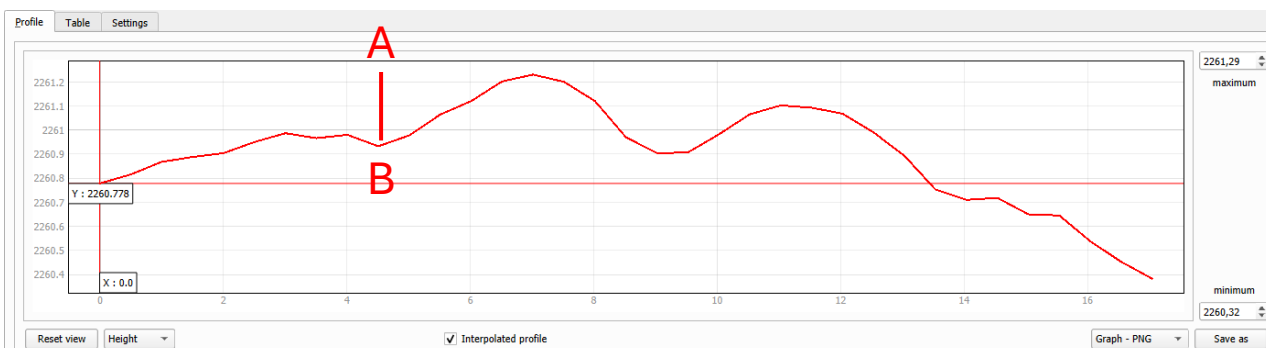
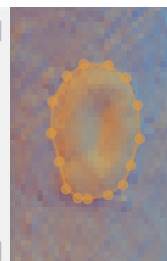
Estive de Montarrouyes (Vielle-Aure – Hautes-Pyrénées)



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

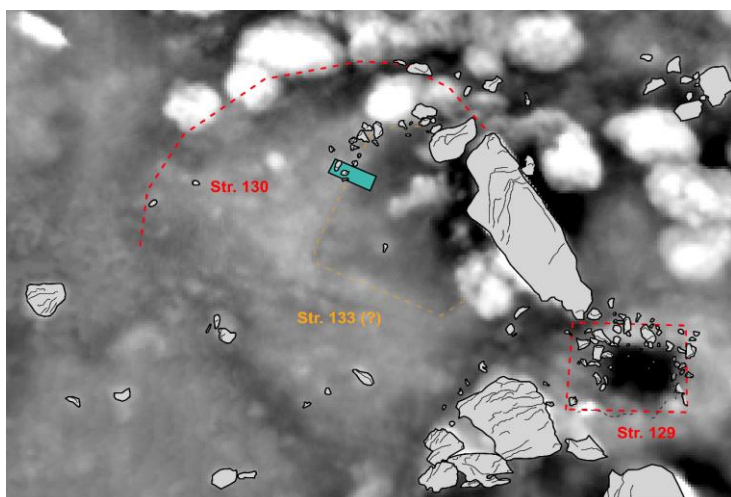
Total: 59,786 m

Total	75,449 m ²	mètres carrés
Info		



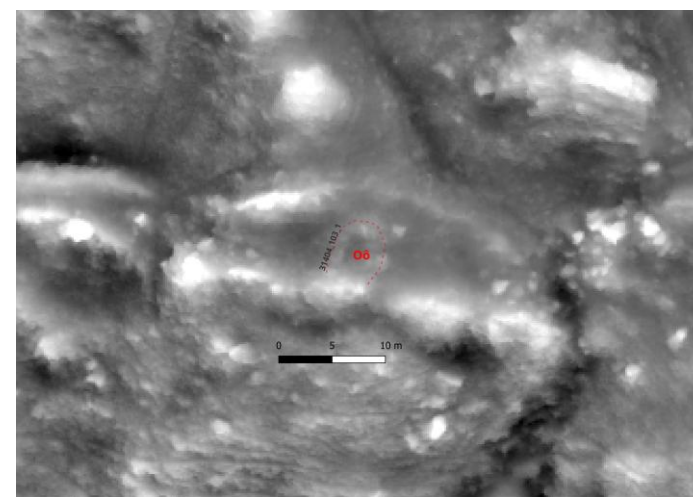
Longueur	Largeur	Hauteur	Epais_Mur	Type	Proba_Typ	Secteur	Superf-m2
24,18199999999...	15,42900000000...	0,64	0,6	Enclos	Bon	Liantran	373,1040779999...
57,02400000000...	26,15800000000...	0,465	NULL	Enclos	Moyen	Ilheque	1491,633792000...
242000000000000...	112000000000000...	0,43	0,5	Couloir de traite	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	28883600000002...
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...	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...	7449999999999...	0,237	NULL	Enclos	Mauvais	Pombie	78,37268999999...
4819999999999...	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



- Orthophotographie
- Méthode de visualisation SLRM
- Sondage archéologique

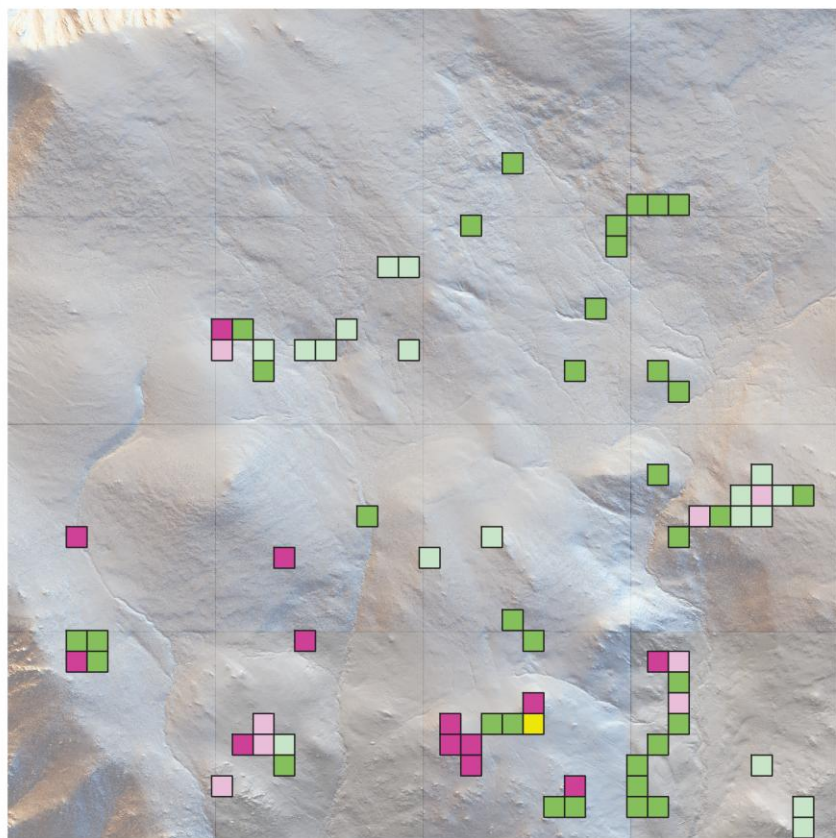
Secteur de l'Auloueilh (Aulon – Hautes-Pyrénées)



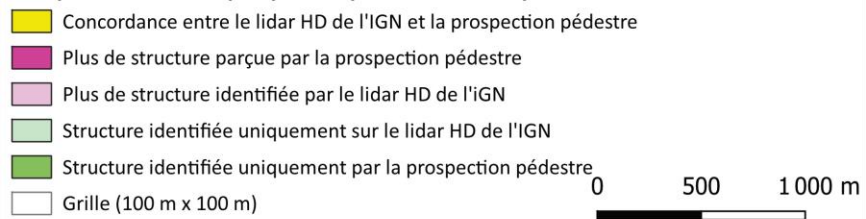
Lac d'Espingo (Oô – Hautes-Pyrénées)

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

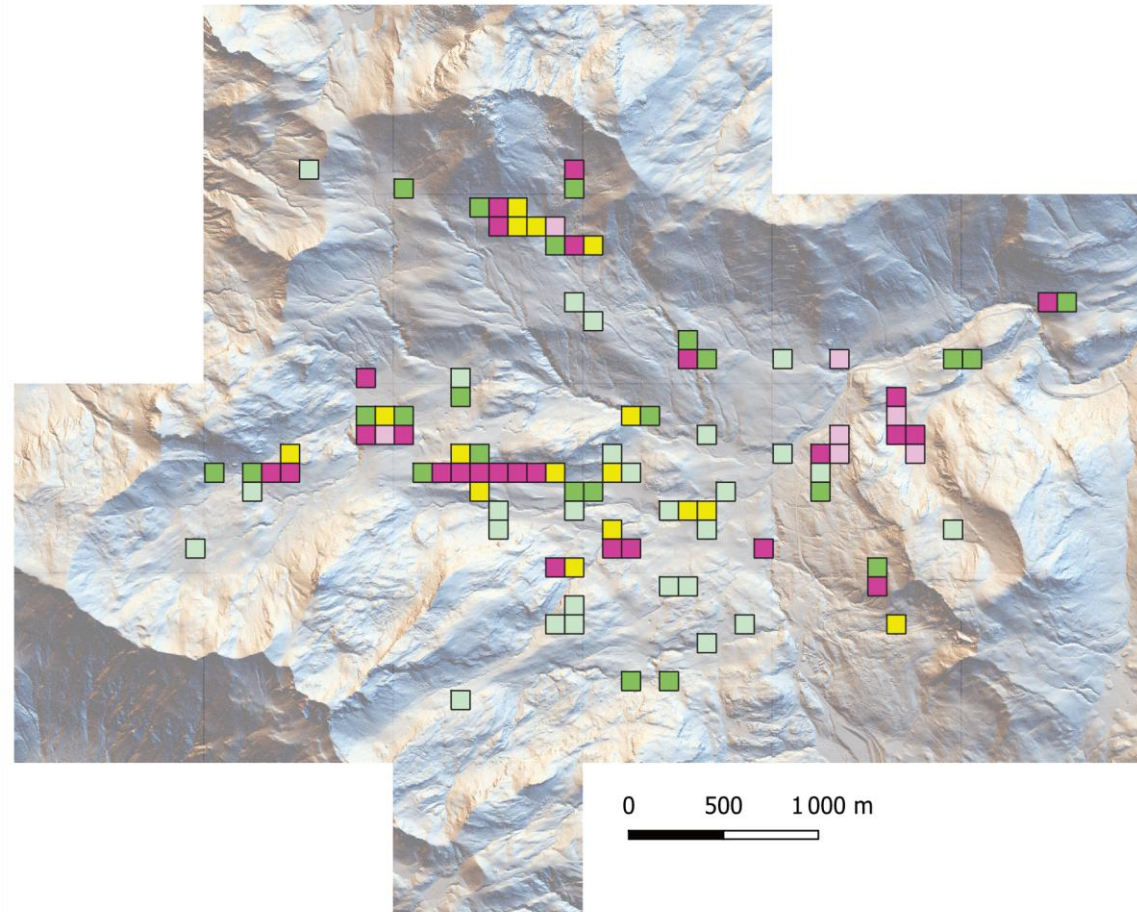
Montagne d'Enveitg (Enveitg – Pyrénées-Orientales)



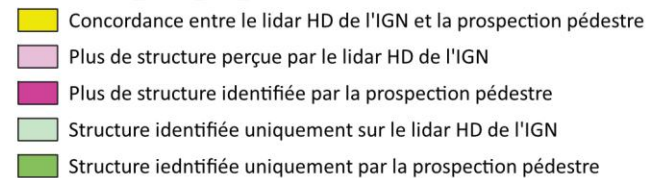
Comparaison entre la prospection pédestre et l'analyse des données lidar HD de l'IGN



Estive d'Anéou (Laruns – Pyrénées-Atlantiques)



Grille-100m_Lidar_HD_Prospection



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

Anéou

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

1300 hectares

272 structures

4 mois à 2 personnes



Benasque

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

1400 hectares

324 structures

3 mois à 2 personnes



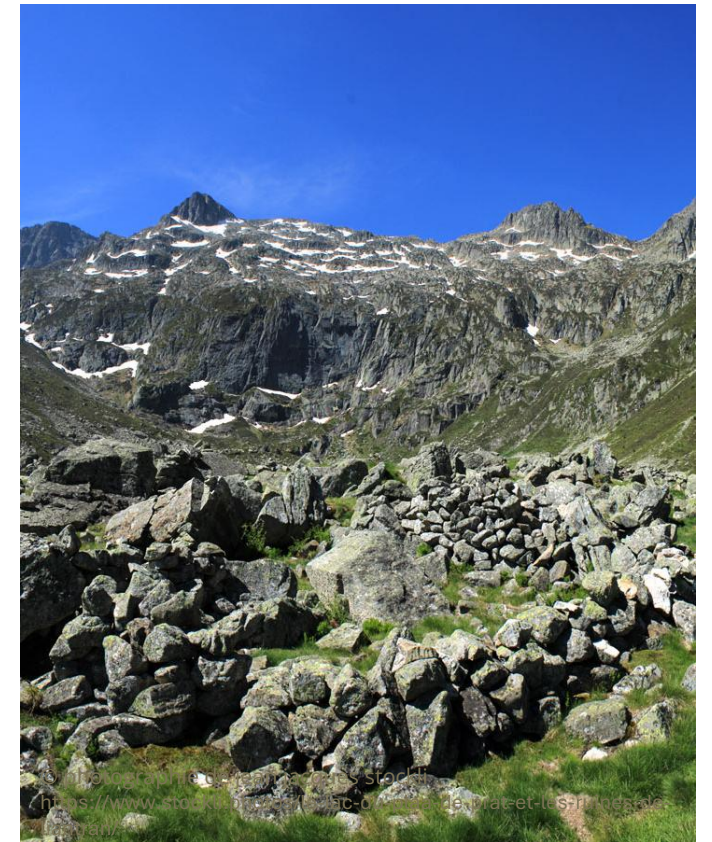
Liantran

C. Calastrenc, F. Hautefeuille

3 hectares

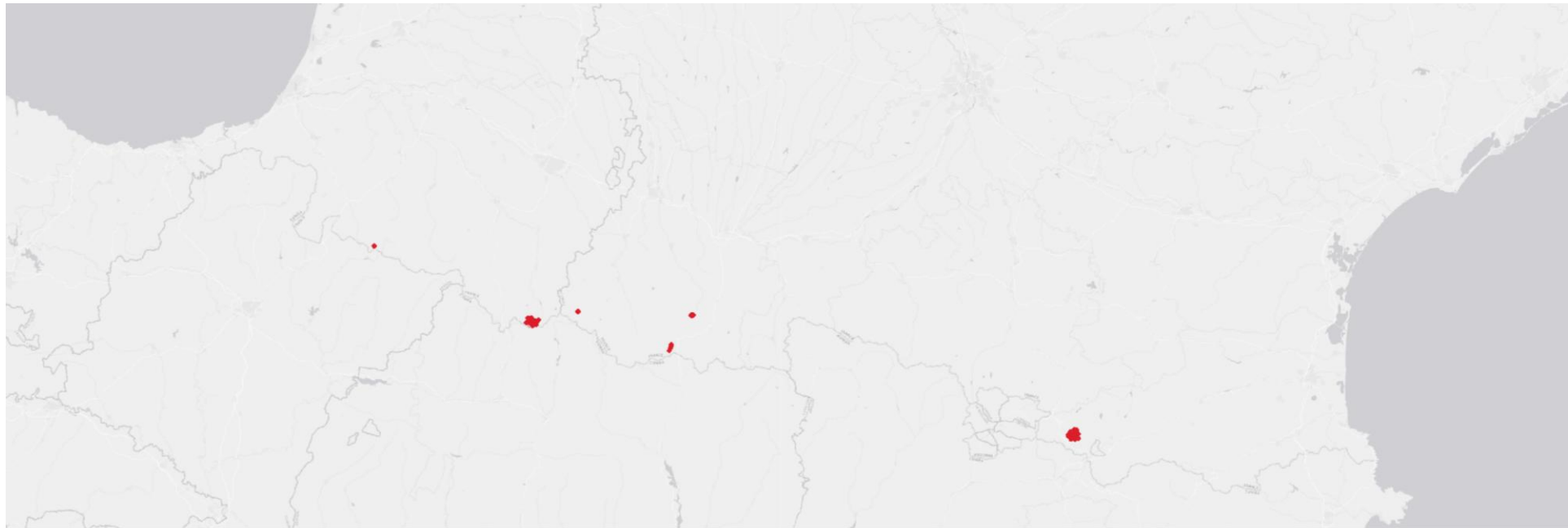
62 structures

15 jours à 2 personnes



Apport du Lidar HD de l'IGN

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



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

0 50 100 km

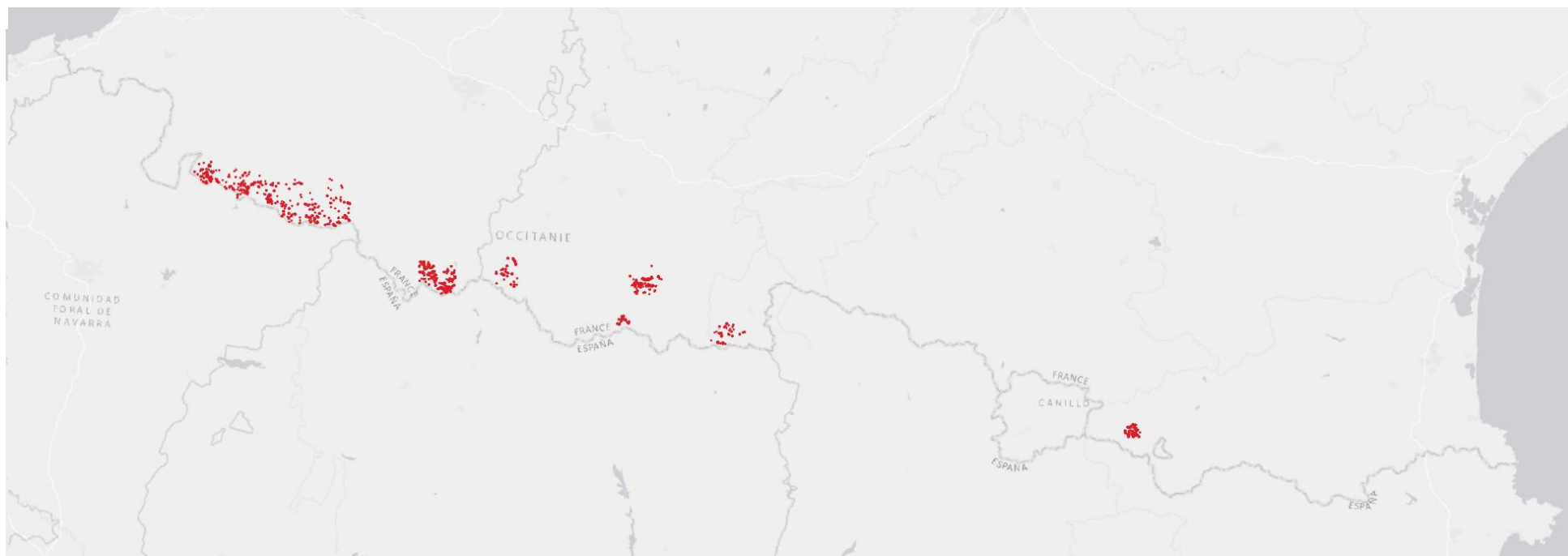


Apport du Lidar HD de l'IGN

✓ 5 mois de traitement

⇒ **201 fois plus vite**

✓ 3211 structures inventoriées

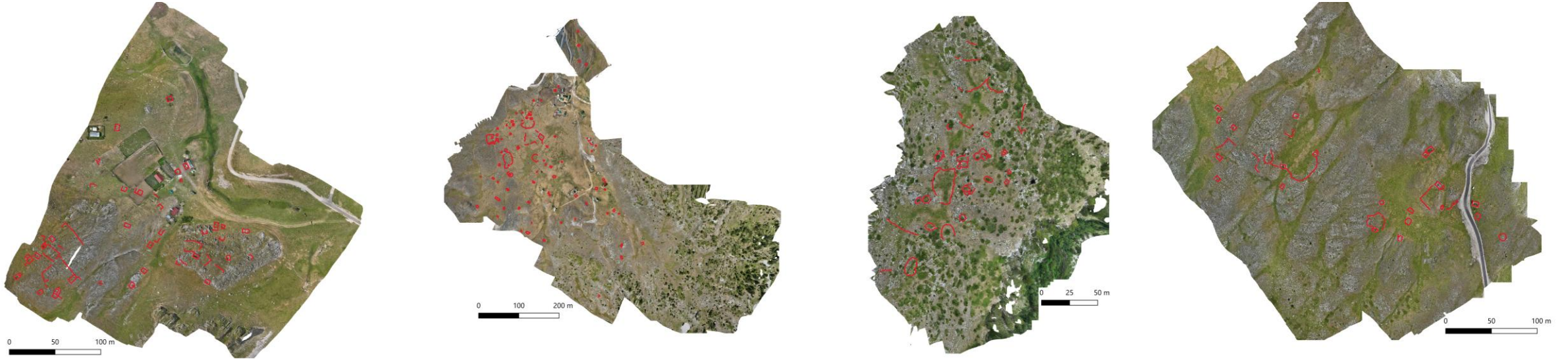


— Structures identifiées via le traitement des données lidar HD de l'IGN

0 50 100 km



Apport de la photogrammétrie par drone



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

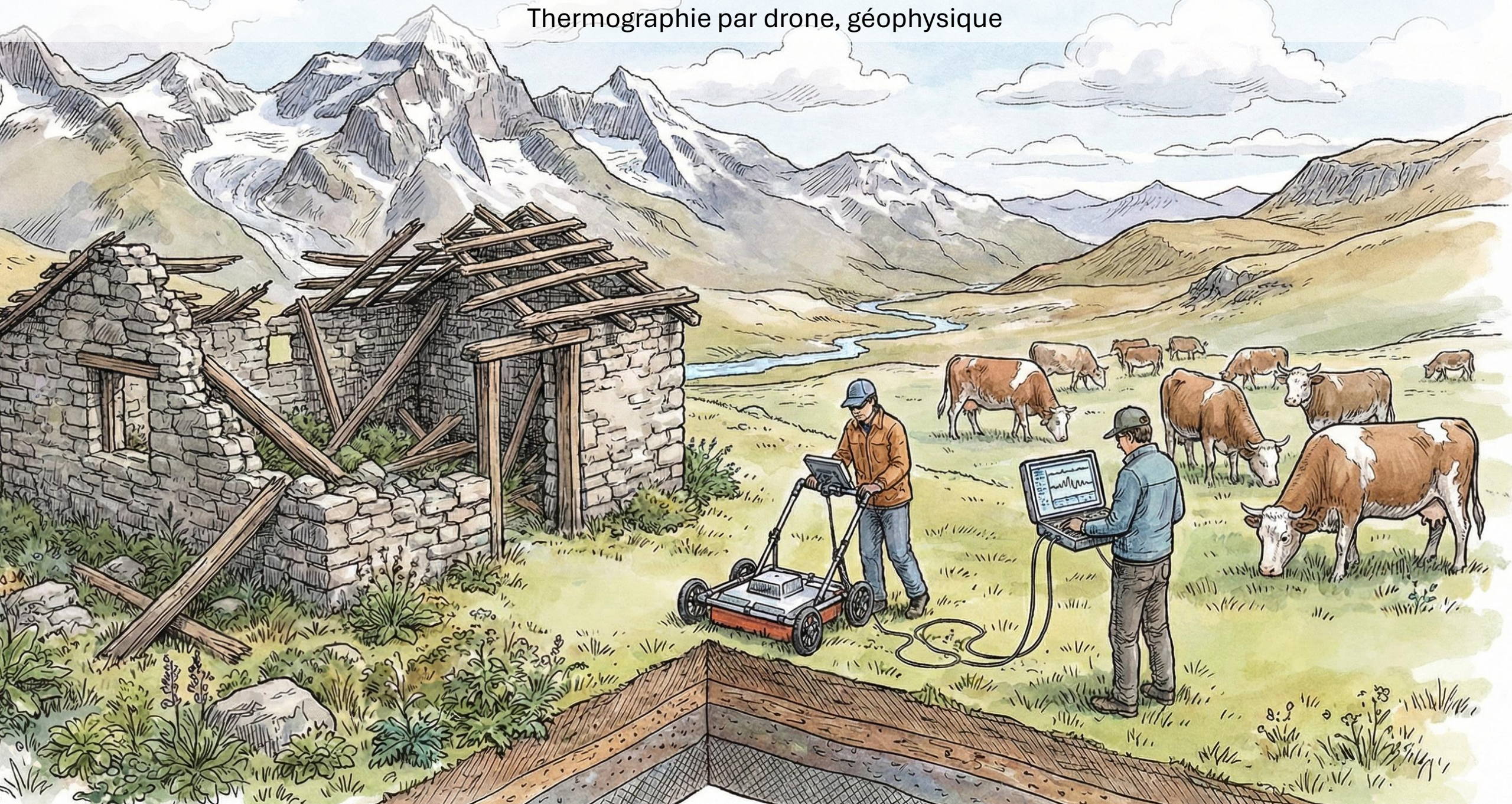


⇒ 55 fois plus vite

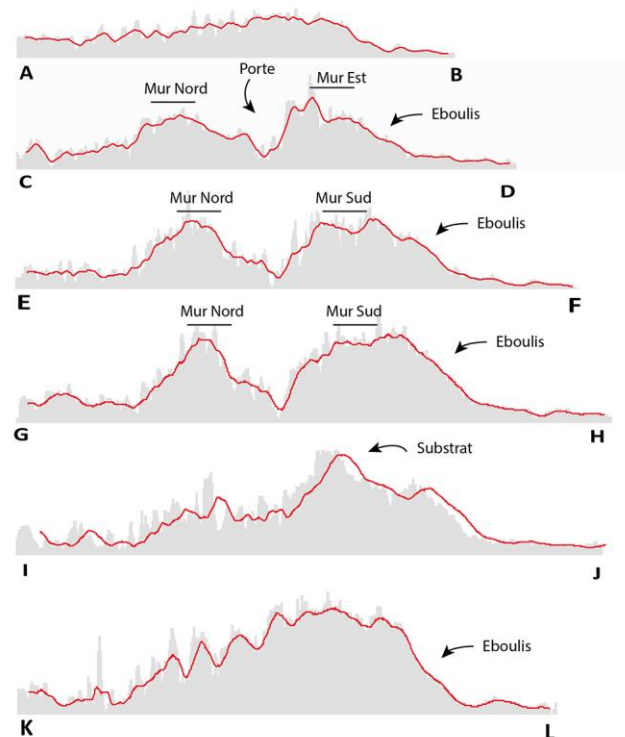
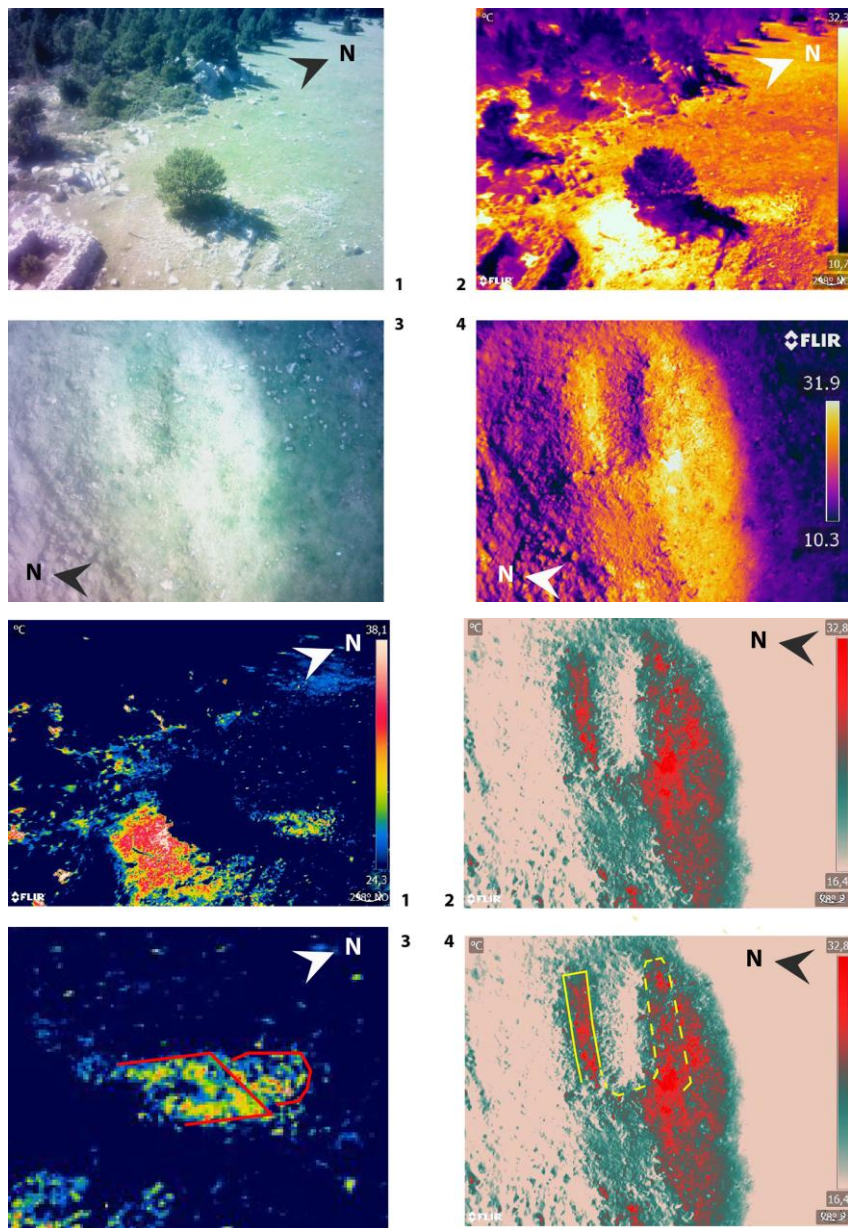
Lacs Saussat/Espingo (Oô) : 21,96 hectares – 29 structures – 3,5 jours à 3 personnes + 2 jours de labo

Perception des structures à grande échelle

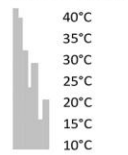
Thermographie par drone, géophysique



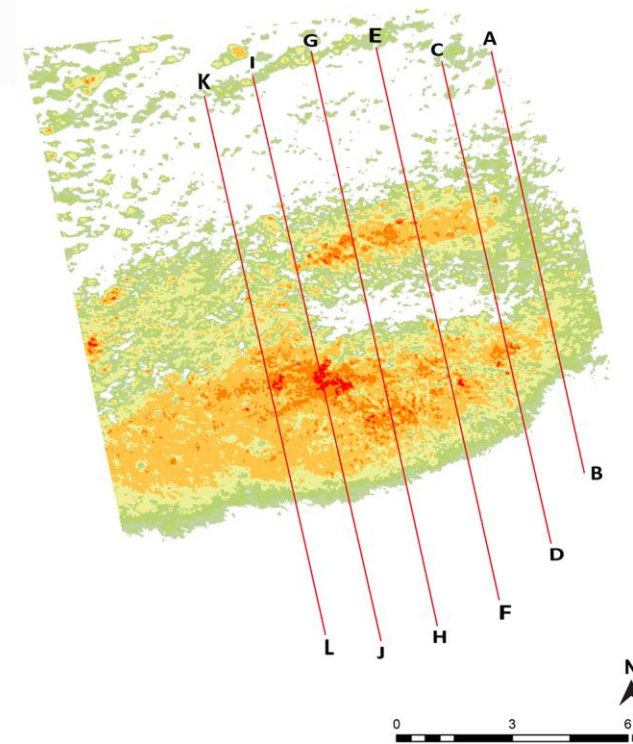
Thermographie par drone



Profil thermique (Degrés)



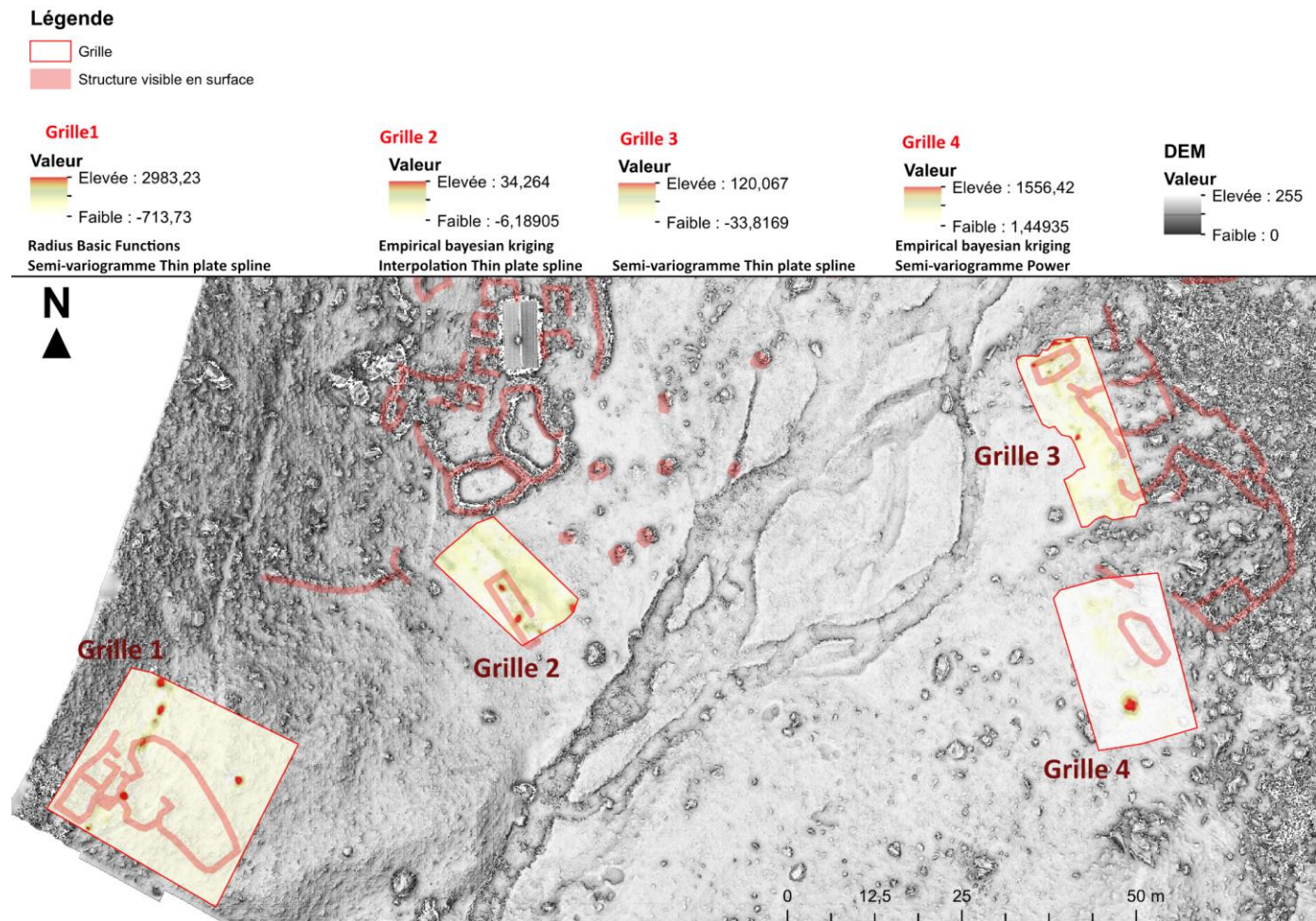
— Profil thermique lissé



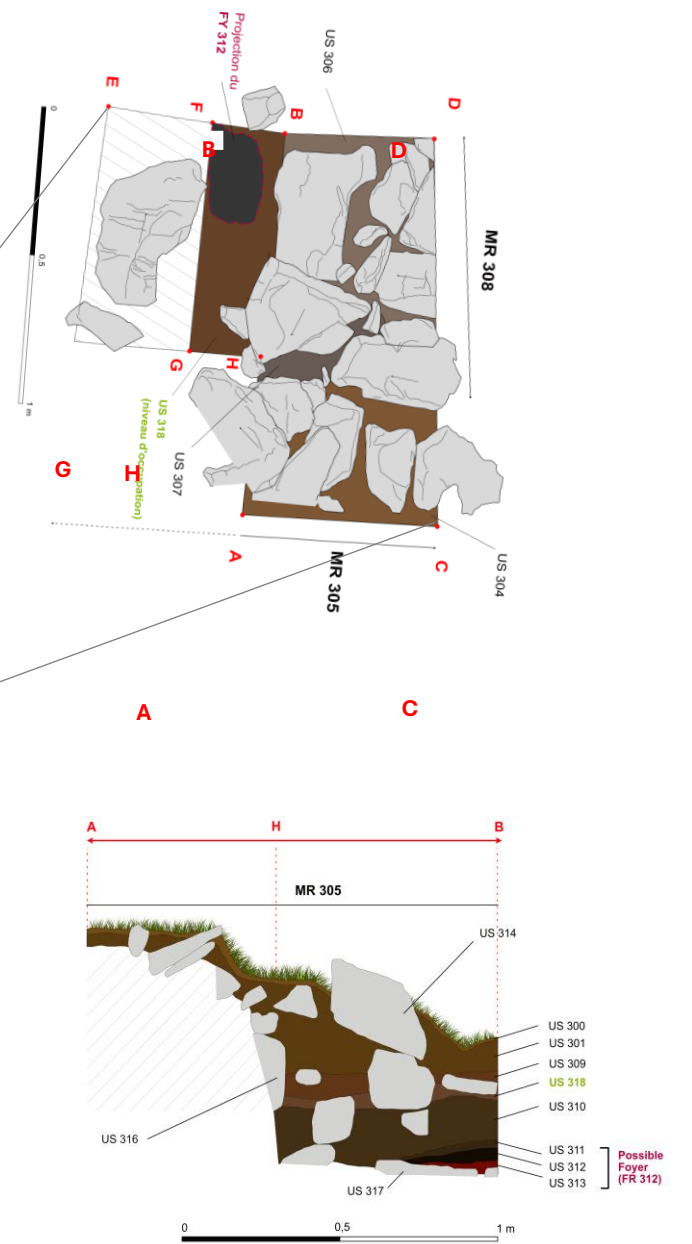
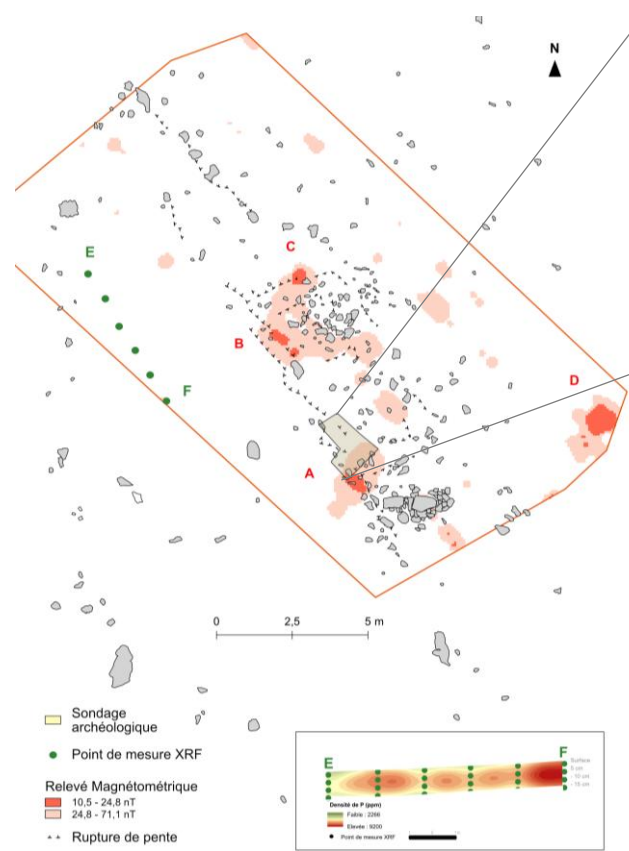
MNTS Classifié (Degrés - classification avec la méthode de progression géométrique)



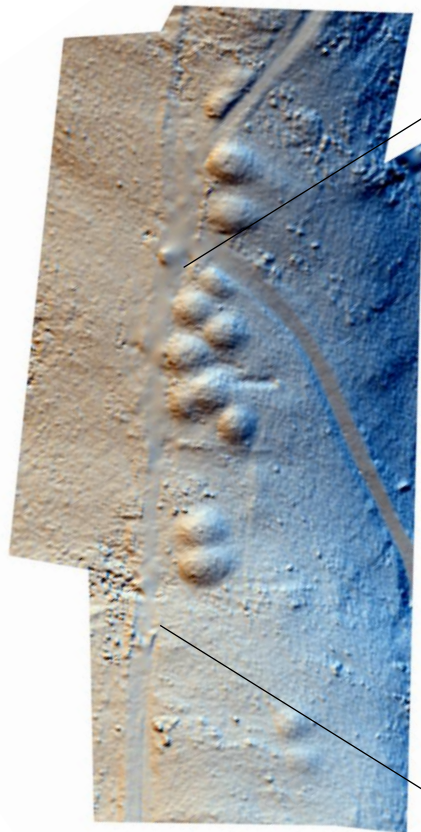
Géophysique : Géoradar et magnétomètre



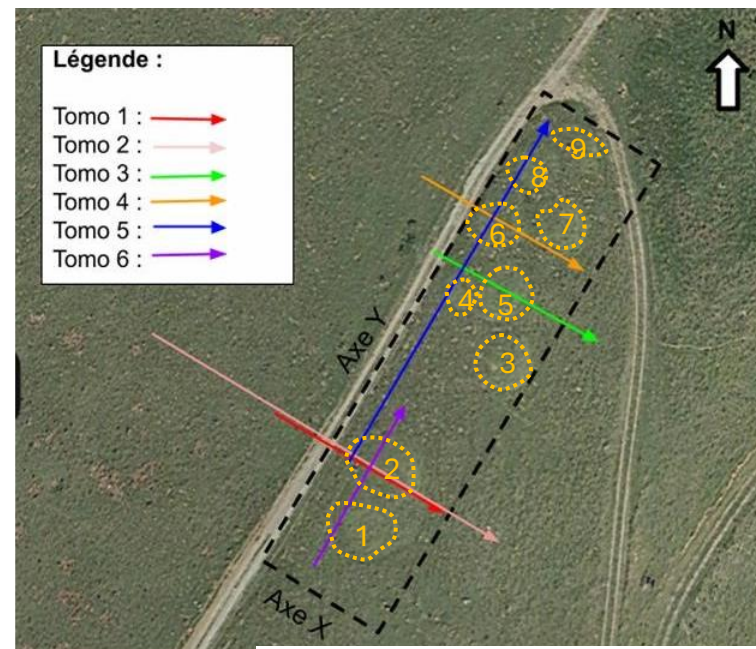
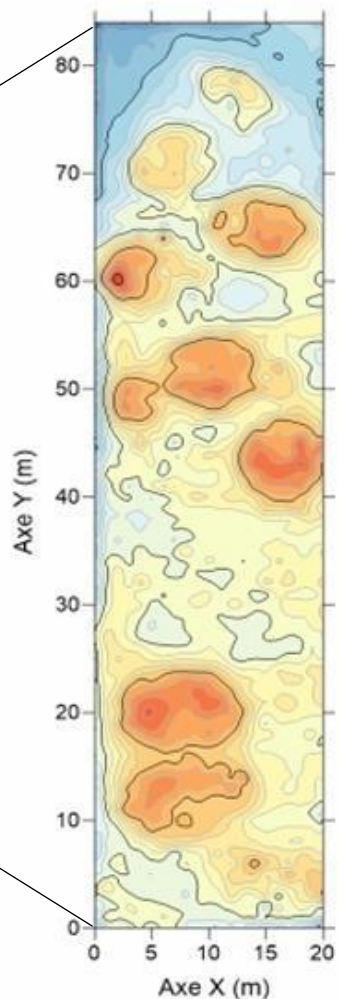
Géophysique : Géoradar et magnétomètre



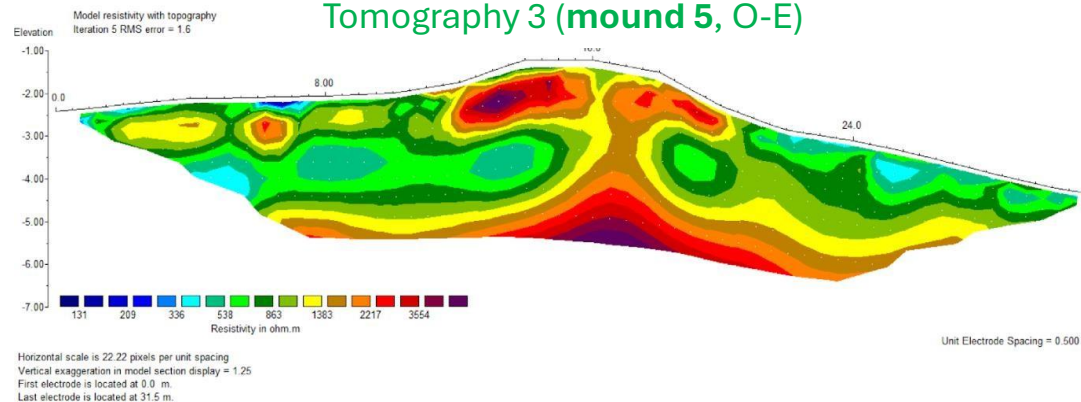
Géophysique : Résistivité électrique



mapped area (1800 m²)
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

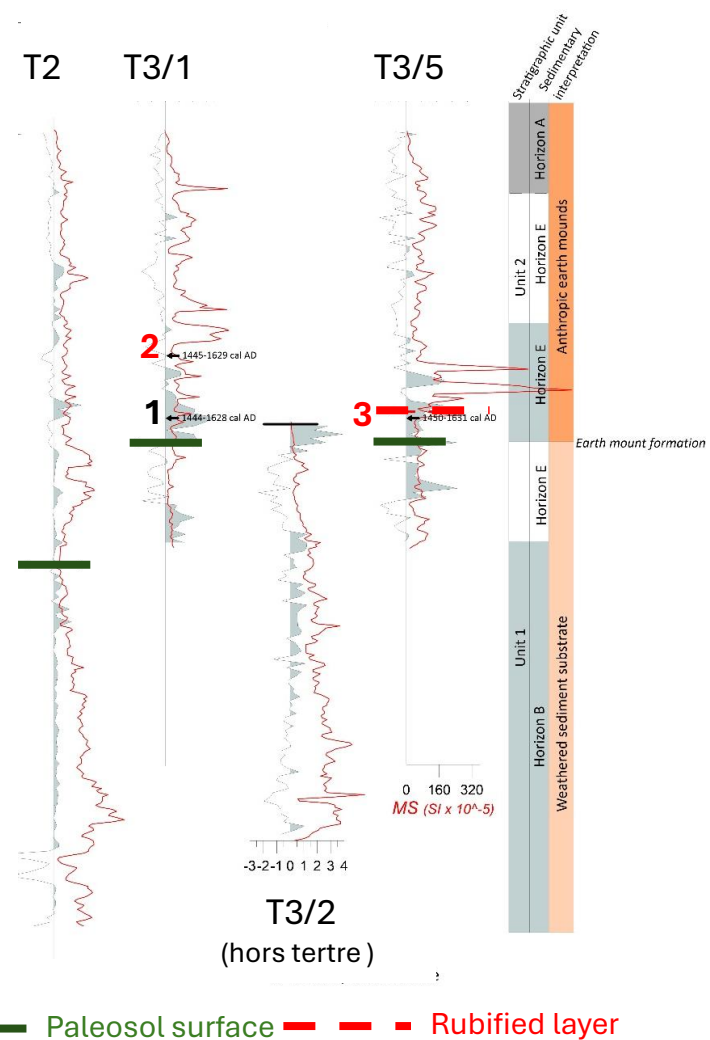
Information sur les pratiques et identification de l'invisible en surface

Chimie des sols et ADN des paléo-parasites

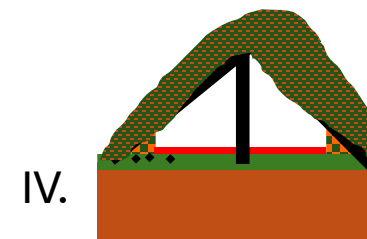
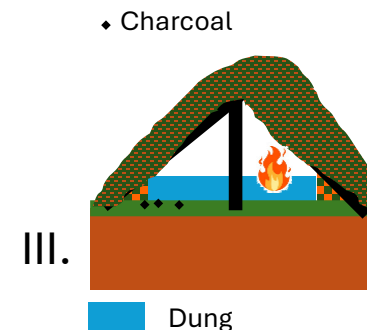
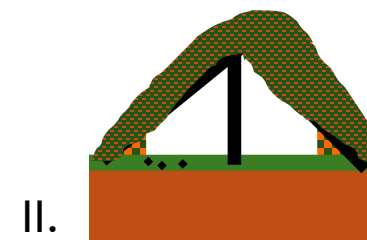


Chimie des sols = Susceptibilité magnétique

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



A scenario? (C. Rendu)

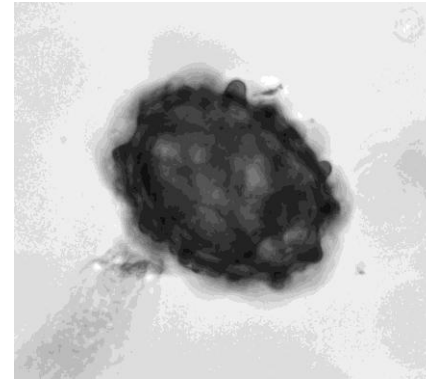


Terrain d'étude du Master 2 de Maialen Gauthier : « Approche ethnoarchéologique des pratiques d'élevage porcin, en Cize et en Soule, du Moyen Âge à l'époque contemporaine, sous la direction de Florent Hautefeuille et Christine Rendu, Université Jean Jaurès, Toulouse

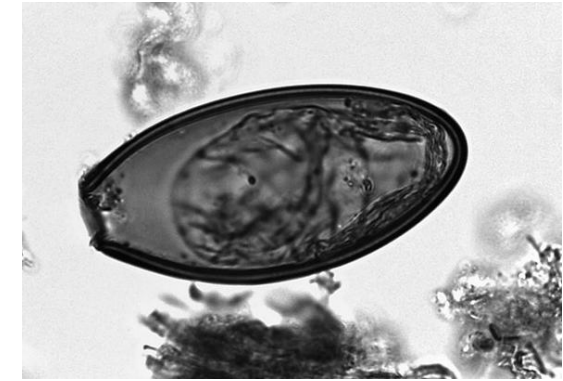
ADN des paléo-parasites – M. Le Bailly (Etude en cours)



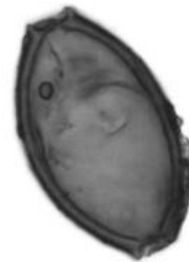
Analyse de paléoparasitologie



Œuf d'*Ascaris* sp.

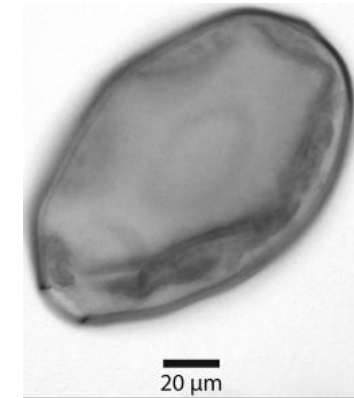


Œuf d'*Oxyuris equi*



20 µm

Œuf de *Trichuris*



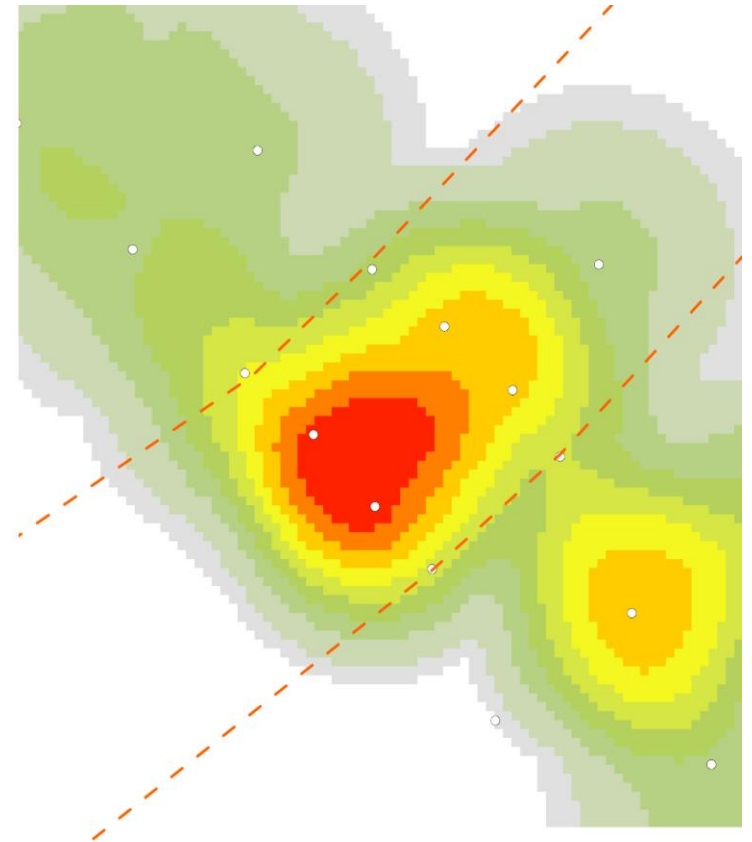
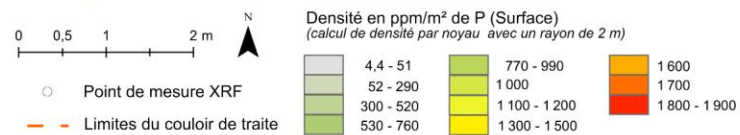
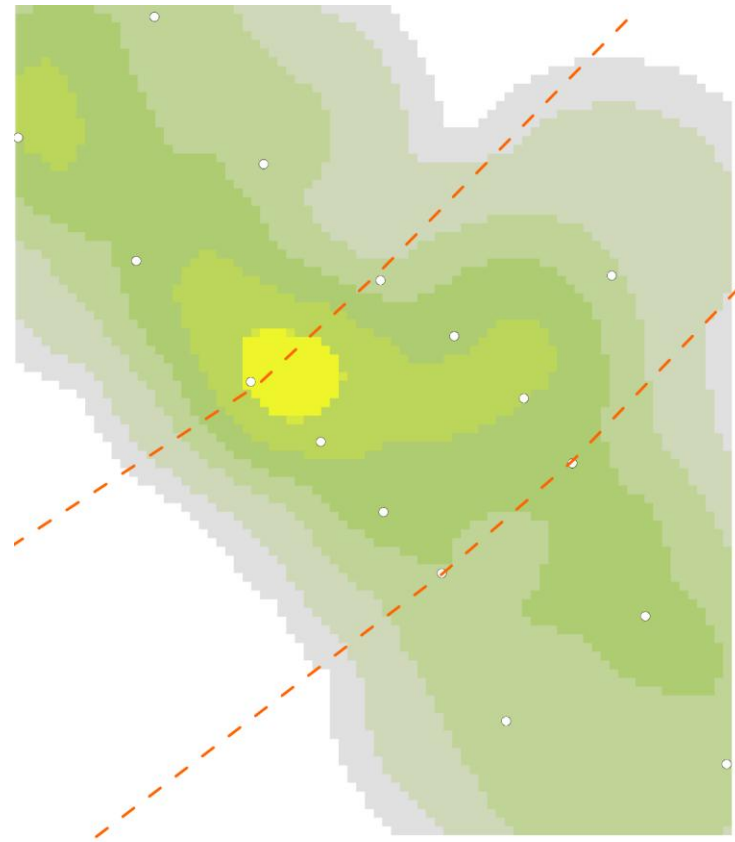
20 µm

Œuf de *Fasciolidea*

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



Couloir de traite – Enveitg (66)



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 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



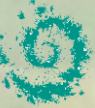
Consortium de recherche



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, Bagnères

Séminaire d'équipe – Terrae
30 janvier 2026

