

## **T.A.H.M.M.**

(Téledétection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne)

Occitanie- Nouvelle-Aquitaine

Aulon, Castillon-de-Larboust, Enveitg, Vielle-Aure, Lecumberry

**BAL** Marie-Claude, **BALEUX** François, **BERDOY** Anne,  
**CALASTRENC** Carine (Dir.), **CALASTRENC** Jean-Pierre,  
**DOBIGEON** Nicolas, **FOUCHER** Pascal, **GAUTHIER** Maialen,  
**JAFFE** Olivier, **LAPIERRE** Luc, **LE BAILLY** Matthieu, **LLUBES**  
Muriel, **MELLADO** Nicolas, **NABRATE HERNANDEZ** Josu,  
**PHILIPPE** Magali, **POIRIER** Nicolas, **RENDU** Christine **SICRE-**  
**MARAIS** Claire





# T.A.H.M.M.

(Téledétection **A**rchéologique en **H**aute et **M**oyenne **M**ontagne)

Occitanie- Nouvelle-Aquitaine

Aulon, Castillon-de-Larboust, Enveitg, Vielle-Aure, Lecumberry

## Code opération :

1112541 (prospection)

**BAL** Marie-Claude, **BALEUX** François, **BERDOY** Anne,  
**CALASTRENC** Carine (Dir.), **CALASTRENC** Jean-Pierre,  
**DOBIGEON** Nicolas, **FOUCHER** Pascal, **GAUTHIER** Maialen,  
**JAFFE** Olivier, **LAPIERRE** Luc, **LE BAILLY** Matthieu, **LLUBES**  
Muriel, **MELLADO** Nicolas, **NABRATE HERNANDEZ** Josu,  
**PHILIPPE** Magali, **POIRIER** Nicolas, **RENDU** Christine **SICRE-**  
**MARAIS** Claire

## Financements



## Institutions porteuses du projet de recherche



## Laboratoires des membres du consortium de recherche





## Sommaire

Tableau signalétique	7
Tableaux synthétiques d'opération	9
Remerciements	11
Autorisation préfectorale	12
Autorisation - Commission permanente - Région Occitanie	14
CHAPITRE 1- Intérêt scientifique et administration de la recherche. Contexte et enjeux scientifiques	19
Équipe de terrain	39
Budget chargé	41
CHAPITRE 2- Une organisation qui ne laisse aucune place à l'improvisation	43
CHAPITRE 3- Acquisitions, traitements et analyses des données primaires	49
CHAPITRE 3-1- Replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon - Aulon - Hautes-Pyrénées - Occitanie)	77
CHAPITRE 3-2- Montarrouyes (Commune de Vielle-Aure - Hautes-Pyrénées - Occitanie)	93
CHAPITRE 3-3- L'Artigue (Commune de Castillon-de-Larboust - Haute-Garonne - Occitanie)	113
CHAPITRE 3-4- Collet de la Mula (Commune d'Enveitg - Pyrénées-Orientales - Occitanie)	121
CHAPITRE 3-5- Nekexare (Commune de Lecumberry - Pyrénées-Atlantique - Nouvelle Aquitaine)	151
CHAPITRE 4- Synthèse	165
Annexes	171
Bibliographie	233
Liste des figures	251



## Fiche signalétique

Régions :	Occitanie, Nouvelle-Aquitaine
Départements :	Hautes-Pyrénées Haute-Garonne Pyrénées-Orientales Pyrénées-Atlantiques
Communes :	Aulon Vielle-Aure Castillon-de-Larboust Enveitg Lecumberry Laruns
Lieux-dits :	Replat de l'Auloueilh Montarrouyes L'Artigue Collet de la Mula Nekexare Anéou
N° INSEE :	65046 65465 31123 66066 64327 64320
Coordonnées	X = 475030,13 ; Y = 6199069,71 ; Z = 1839,69 (Aulon) X = 473396,60 ; Y = 6197786,01 ; Z = 2256,94 (Vielle-Aure) X = 500187,91 ; Y = 6184013,25 ; Z = 1433,06 (Castillon-de-Larboust) X = 607231,43 ; Y = 6156535,45 ; Z = 2053,26 (Enveitg) X = 364121,18 ; Y = 6223245,19 ; Z = 1046,62 (Lecumberry) X = 418859,65 ; Y = 6196691,50 ; Z = 1923,87 (Laruns)
Cadastres :	Aulon- 2013-2018, Section 0C, Feuille 01, Parcelle 1, 568277 m <sup>2</sup> Vielle-Aure Section 0C, Feuille 5, Parcelle n° 112, 6893930 m <sup>2</sup> Castillon-de-Larboust Section 0B, Feuille 2, Parcelle 268, 53512 m <sup>2</sup> Enveitg, Section 0A, Feuille 2, Parcelle 14, 63400 m <sup>2</sup> Enveitg, Section 0A, Feuille 2, Parcelle 15, 159580 m <sup>2</sup> Enveitg, Section 0A, Feuille 2, Parcelle 61, 480000 m <sup>2</sup> Lecumberry, Section 0E, Feuille 1, Parcelle 24, 2313200 m <sup>2</sup> Laruns, Section CE, Feuille 1, Parcelle 145, 1008700 m <sup>2</sup>

Statuts : Réserve Naturelle d'Aulon  
Commune de Vielle-Aure  
Commune d'Enveitg  
Commission Syndicale des Pays de Cize  
Commune de Laruns, Syndicat pastoral du Bas Ossau

Propriétaires : Commune d'Aulon  
Commune de Vielle-Aure  
Commune d'Enveitg  
Commune de Lecumberry  
Commune de Laruns

Code opération : 1112541 (prospection)

Responsable scientifique : Carine Calastrenc, CNRS

Date opération : Septembre/Octobre 2023

Mots-clés : Diachronique

## Tableau synthétique d'opération

Rapport d'opération : Inspecter les montagnes  
Année : 2022  
Code opération : 1411982

Tableau de présentation synthétique de l'opération :

Suivi scientifique et administratif : Service Régional de l'Archéologie d'Occitanie  
Didier DELHOUME/Léopold Maurel  
Léopold MAUREL/Pierre Chalard  
Anne BERDOY

Laboratoire TRACES (UMR 5608)  
CNRS – Laboratoire TRACES (UMR 5608)  
Nicolas VALDEYRON/Sandrine COSTAMAGNO  
Nicolas POIRIER  
François BALEUX  
Sara ARMENGO

Laboratoire FRAMESPA (UMR 5136)  
François GAUDICHEAU/Daniel BALOU  
Christine RENDU

Laboratoire GEODE (UMR 5602)  
Vanessa PY  
Marie-Claude BAL  
Magali PHILIPPE

Laboratoire IRIT (UMR 5505)  
Nicolas DOBIGEON  
Nicolas MELLADO

Laboratoire CESBIO (UMR 5126)  
Claire SICRE-MARAIS

Société Française de la Photogrammétrie et de la Télédétection  
Luc LAPIERRE

Responsable d'opération : Carine CALASTRENC

Acquisitions drone : Carine CALASTRENC

Acquisition géophysique : Nicolas POIRIER  
Carine CALASTRENC

Équipe de terrain 2023

Carine CALASTRENC  
Maialen GAUTHIER  
Jean-Pierre CALASTRENC  
Christine RENDU

**Programmes scientifiques partenaires :**

**Site d'art rupestre de Montarrouyes (Vielle-Aure, Hautes-Pyrénées)**

Direction scientifique : Pascal FOUCHER, Olivier JAFFRE, Anne BERDOY  
Code opération : 1412172

**Projet PAACTe** (Diagnostic des résiliences de la filière PASTORALE en OCCITANIE)

Direction scientifique : Marie-Claude BAL

**PCR « Habiter la montagne »**

Direction scientifique : Christine RENDU

**Master – Université Toulouse Jean-Jaurès – « Approche ethnoarchéologique des pratiques pastorales porcines, en Cize et en Soule, du Moyen Âge à nos jours »**

Responsable d'opération : Maialen GAUTHIER

Direction du Master : Christine RENDU (CNRS CNRS) et Florent HAUTEFEUILLE (PR- Univ. Toulouse Jean-Jaurès)

Code opération : 1112541

## Remerciements

Ce travail n'aurait pas pu arriver à son terme sans l'aide, le soutien et l'appui de nombreuses personnes.

Nous remercions Didier Delhoume et Léopold Maurel, conservateurs régional de l'archéologie du Service Régional de l'Archéologie d'Occitanie qui ont favorisé la mise en place et le développement de ce programme de recherche ainsi qu'Anne Berdoy, ingénieur d'études au Service Régional de l'Archéologie d'Occitanie .

Nous remercions également Michel Pélieu, Président du Conseil Département des Hautes-Pyrénées ainsi qu'à François Giustiniani, Directeur des Archives et des Patrimoines, Sébastien Pugin, chargé de mission Occitan et à Thibault de Rouvray, chargé de mission Inventaire au Département des Hautes-Pyrénées pour les marques de soutien qu'ils portent et apportent au programme TAHMM depuis 2019. (Fig. 1 et 2)

Nous remercions aussi Maryse Beyrié, Vice-Présidente de la Communauté de Commune Aure-Louron, Présidente du PETR Pays de Nestes et Maire de Vielle-Aure.

Nous remercions également Carole Delga, Présidente de la Région Occitanie, ainsi qu'Alexandra Mouaddine, chargée de mission à la Région Occitanie pour l'intérêt qu'elles ont apporté au programme de recherche TAHMM.

Nos remerciements vont également à Jean-Bernard Dubarry, Maire de la commune d'Aulon et à l'ensemble des conseillères, conseillers et personnels municipaux, pour leurs aides techniques et leurs soutiens, sans qui cette campagne n'aurait pu avoir lieu.

Pour la gestion financière sans faille, nous tenons à vivement remercier Dominique Baudreu du C.A.M.L et Sara Armengo, gestionnaire du laboratoire TRACES (UMR 5608).

Nous tenons également à remercier les différents responsables d'opération archéologie/ programme de recherche pour la confiance qu'ils ont montré en nous associant à leur travaux scientifiques : Marie-Claude Bal, Maître de conférence à l'Université de Limoges et membre du laboratoire GEODE pour le programme Paacte, Pascal Foucher, Olivier Jaffre et Anne Berdoy pour le programme sur l'art rupestre sur le secteur de Montarroyes, Christine Rendu pour le PCR « Habiter la montagne » et à Maialen Gauthier pour son Master « Approche ethnoarchéologique des pratiques pastorales porcines, en Cize et en Soule, du Moyen Âge à nos jours » à l'Université Toulouse Jean Jaurès.

En dernier lieu, nous tenons à remercier Jean-Pierre Calastrenc. Son travail dans l'ombre a été primordial pour le bon déroulement de cette campagne. Sans lui, tout aurait été compliqué, voire impossible.

# Autorisation préfectorale



**PRÉFET  
DE LA RÉGION  
OCCITANIE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Direction régionale  
des affaires culturelles**

Arrêté n° 76-2023-0350 Du 12/04/23

portant autorisation de prospection thématique.

Le Préfet de région  
Officier de la Légion d'honneur  
Commandeur de l'ordre national du Mérite;

Vu le code du patrimoine et notamment son livre V ;

Vu l'arrêté n° R76-2023-03-03-00024 du 3 mars 2023 portant délégation de signature à M. Roussel, directeur régional des affaires culturelles ;

Vu l'arrêté modificatif n° R76-2023-03-21-00003 du 21 mars 2023 portant subdélégation de signature aux agents de la Direction régionale des affaires culturelles ;

Vu le dossier, enregistré sous le n° PGR762023000058, de demande d'opération archéologique arrivé le 4 janvier 2023 ;

Vu l'avis de la CTRA Sud-Ouest, session de février 2023 ;

## ARRÊTE

**Article 1** - Madame Carine CALASTRENC est autorisée, en qualité de responsable scientifique, à conduire une opération de prospection thématique à partir de la date de notification du présent arrêté jusqu'au 31 décembre 2023, sise en :

RÉGION : OCCITANIE  
DEPARTEMENT : HAUTES-PYRENEES  
COMMUNE : AULON  
DEPARTEMENT : PYRENEES-ORIENTALES  
COMMUNE : ENVEITG

Intitulé de l'opération : Programme télédétection archéologique en Haute et Moyenne montagne (TAHMM) - PT PMS.

Programme de recherche : Axe 10. Espace rural, peuplement et productions agricoles aux époques gallo-romaine, médiévale et moderne.

Code de l'opération : **1112541**

### **Article 2** - prescriptions générales

Les recherches sont effectuées sous la surveillance du conservateur régional de l'archéologie territorialement compétent et conformément aux prescriptions imposées pour assurer le bon déroulement scientifique de l'opération.

Le responsable scientifique de l'opération informe régulièrement le conservateur régional de l'archéologie de ses travaux et découvertes. Il lui signale immédiatement toute découverte importante de caractère mobilier ou immobilier. Il revient au préfet de région de statuer sur les mesures définitives à prendre à l'égard des découvertes.

À la fin de l'année civile, le responsable scientifique de l'opération adresse au conservateur régional de l'archéologie, en triple exemplaire papier plus un exemplaire au format pdf, un rapport accompagné des plans et coupes précis des structures découvertes et des photographies nécessaires à la compréhension du texte.

L'inventaire de l'ensemble du mobilier recueilli est annexé au rapport d'opération. Il signale les objets d'importance notable. Il indique les études complémentaires envisagées et, le cas échéant, le délai prévu pour la publication.

**Article 3 - destination du matériel archéologique découvert**

Le responsable prend les dispositions nécessaires à la sécurité des objets mobiliers. Le mobilier archéologique est mis en état pour étude, classé, marqué et inventorié. Son conditionnement est adapté par type de matériaux et organisé en fonction des unités d'enregistrement. Le statut juridique et le lieu de dépôt du matériel archéologique découvert au cours de l'opération sont fixés conformément aux dispositions légales et réglementaires et aux termes des conventions passées avec les propriétaires des terrains concernés.

**Article 4 - versement des archives de fouilles**

L'intégralité des archives accompagnée d'une notice explicitant son mode de classement et de conditionnement et fournissant la liste des codes utilisés avec leur signification, fait l'objet de la part du responsable de l'opération d'un versement unique. Ce versement est détaillé sur un bordereau récapitulatif établi par le responsable de l'opération, dont le visa par le préfet de région vaut acceptation et décharge. Le lieu de conservation est désigné par le préfet de région.

**Article 5 - Mouvements et prélèvements sur les objets**

Pendant la durée d'étude du mobilier archéologique (maximum 5 ans) l'État est responsable de la sécurité des biens et de la réalisation des opérations d'étude scientifique nécessaires dans l'intérêt public de la recherche archéologique. Ainsi, tout mouvement des collections à des fins d'étude, d'expertise ou d'analyse, doit faire l'objet d'un accord préalable du Conservateur régional de l'archéologie. La demande à lui adresser à l'adresse doit être accompagnée d'un inventaire des pièces concernées par ce déplacement et indiquer la durée du mouvement.

Par ailleurs, si ce transfert temporaire pour étude ou analyse induit une sortie du mobilier hors du territoire national, le responsable de l'opération doit adresser une demande spécifique d'autorisation au Conservateur régional de l'archéologie (à l'adresse [sra.drac.occitanie@culture.gouv.fr](mailto:sra.drac.occitanie@culture.gouv.fr), formulaire [Cerfa n°02-0083](https://www.culture.gouv.fr/Media/Thematiques/Circulation-des-biens-culturels/Files/Informations-pratiques-procedures-d-exportation/Formulaire-de-demande-d-autorisation-de-sortie-temporaire-AST-d-un-bien-culturel-Cerfa-n-02-0083), <https://www.culture.gouv.fr/Media/Thematiques/Circulation-des-biens-culturels/Files/Informations-pratiques-procedures-d-exportation/Formulaire-de-demande-d-autorisation-de-sortie-temporaire-AST-d-un-bien-culturel-Cerfa-n-02-0083>, ).

Toute analyse impliquant la destruction partielle ou complète de restes humains ou animaux (prélèvement, forage, découpe) ou leur irradiation devra impérativement faire l'objet au préalable d'une demande d'autorisation spécifique au Conservateur régional de l'archéologie.

**Article 6 - prescriptions particulières**

**L'utilisation du détecteur de métaux est autorisé pour cette opération.**

**Article 7** - Le Directeur régional des affaires culturelles est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera notifié à Madame Carine CALASTRENC.

Fait à Toulouse, le 12/04/23

Pour le Préfet de la région Occitanie,  
et par délégation, Pour le Directeur régional des affaires culturelles,  
et par subdélégation  
Le conservateur régional de l'archéologie



Didier DELHOUME

## Autorisation - Commission permanente - Région Occitanie



Commission Permanente du 7 juillet 2023

Délibération N°CP/2023-07/08.15

### COMMISSION URGENCE CLIMATIQUE du 26/06/23

#### AUTORISATION D'ÉTUDES ET DE TRAVAUX DE RECHERCHES ARCHÉOLOGIQUES DANS LA RÉSERVE NATURELLE RÉGIONALE D'AULON

LA COMMISSION PERMANENTE DU CONSEIL REGIONAL OCCITANIE

**Vu** le Code Général des Collectivités Territoriales,

**Vu** la délibération du Conseil Régional n°2021/AP-JUILL/02 du 2 juillet 2021 portant délégation du Conseil Régional à la Commission Permanente,

**Vu** l'avis de la commission Urgence climatique du 26/06/23,

**Vu** le rapport n° CP/2023-07/08.15 présenté par la présidente,

**Vu** le Règlement de Gestion des Financements Régionaux en vigueur,

**Vu** l'avis favorable du Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel d'Occitanie, sur la base de la proposition du Groupe de Travail Aires Protégées du CSRPN du 16/05/2023,

#### **Considérant que :**

Le rôle de chef de file en matière de biodiversité confié aux Régions leur donne pour mission d'organiser les modalités de l'action publique en faveur de la biodiversité. En Occitanie, la Région s'appuie sur la Stratégie régionale pour la Biodiversité (SrB) votée en Assemblée plénière de mars 2020, feuille de route collective élaborée en concertation avec l'ensemble des acteurs du territoire, pour orienter et soutenir les actions en matière de biodiversité. Cette stratégie a pour ambition de « replacer le vivant au cœur du modèle de développement de l'Occitanie ». Les actions menées et soutenues par la Région dans le cadre de cette stratégie appuient la mise en œuvre du SRADDET Occitanie 2040 et concourent au Pacte vert.

La loi "Démocratie de proximité" du 27 février 2002 a transféré aux Régions la compétence en matière de création et de gestion des Réserves Naturelles Régionales (RNR) dans l'objectif de renforcer la protection des sites naturels remarquables. Le décret d'application du 18 mai 2005 a fixé les conditions dans lesquelles s'exerce cette nouvelle compétence.

La Région est donc autorité compétente pour le classement, la réglementation et l'organisation de la gestion des RNR existantes ou à créer sur son territoire. Les réserves naturelles apportent une protection réglementaire à des espaces présentant une biodiversité exceptionnelle. 14 Réserves Naturelles Régionales ont ainsi été créées par délibération du Conseil Régional depuis 2005. Elles protègent 12 329 hectares de patrimoine naturel représentatifs des enjeux écologiques du territoire régional. Ces réserves ont pour vocation de préserver ces cœurs de biodiversité pour les générations futures et d'en permettre l'accès et la découverte par un large public. Sur chacune de ces réserves, la Région a désigné un ou plusieurs gestionnaires, qui mettent en œuvre le plan de gestion validé par le Conseil régional.

Les travaux dans les RNR sont soumis à autorisation du Conseil régional. Le présent rapport



**Commission Permanente du 7 juillet 2023**

**Délibération N°CP/2023-07/08.15**

concerne une demande d'autorisation de travaux dans la Réserve Naturelle Régionale (RNR) d'Aulon. Elle a été créée par la Région le 11 février 2011. Elle couvre 1237 ha de milieux montagnards dans les Hautes-Pyrénées. La gestion de ce site a été confiée par la Région à trois cogestionnaires : l'association la Frénette, le Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie et la commune d'Aulon.

### **Contexte**

Le CNRS (laboratoire TRACES - UMR 5608) a déposé le 24 mars 2023 auprès de la Région Occitanie une demande d'autorisation d'étude et de travaux de recherche archéologique dans la RNR d'Aulon en application de l'article L. 332-9 du code de l'environnement. Les interventions portent sur des prospections archéologiques et la récolte de données par drone et carottage de sol durant l'été 2023.

### **Nature et contenu des travaux**

Le projet est situé sur la commune d'Aulon.

#### **Le descriptif des travaux est le suivant :**

L'étude nécessite deux missions d'acquisition de données de 3 ou 4 jours :

- transport du matériel au moyen de deux héliportages (deux aller/retour) ;
- utilisation de drones équipés de différents capteurs ainsi que des appareils de géophysique ;
- prélèvement de carottes de sédiments pour des mesures au spectromètre à rayon X en laboratoire. Les carottages concerneraient deux aires de 85 et 100 m<sup>2</sup>, avec respectivement 32 et 36 prélèvements. Ces deux aires sont situées à une dizaine de mètres du ruisseau. Les carottages sont petits (7cm de diamètres).

#### **Dates et durées des travaux :**

Les interventions nécessitent 2 séjours de 4 jours entre juin et octobre 2023.

#### **Afin de limiter les incidences sur le patrimoine naturel de la RNR, les mesures suivantes seront prises :**

- ⇒ Le personnel fera des aller/retour tous les jours. Aucun campement ni bivouac sur place. Les déchets liés aux repas seront descendus tous les jours.
- ⇒ Le matériel scientifique sera stocké sur place pour limiter le nombre d'héliportages.
- ⇒ Les différents tests et acquisitions ne laissent aucune trace, aucun déchet, ni aucun dépôt. Les appareils scientifiques mis en œuvre sont peu invasifs et ne sont pas susceptibles d'occasionner une pollution chimique.
- ⇒ Les drones sont de petites tailles et leur période de vol relativement courte, ce qui devrait réduire la pollution sonore et le dérangement de la faune.

#### **Impact des travaux sur le patrimoine naturel de la RNR**

Le projet présente des intérêts scientifiques manifestes pour la connaissance du patrimoine culturel et historique de la RNR. Il semble peu impactant pour les milieux naturels, la flore et la faune, y compris habitats et espèces à enjeux, à l'exception notable du dérangement de l'avifaune en période de reproduction :

- ⇒ Dérangement lié au survol par hélicoptère et au survol par des drones nécessaires à la réalisation de l'étude :
  - Risque de dérangement temporaire du Gypaète barbus, en période de reproduction ;



## Commission Permanente du 7 juillet 2023

### Délibération N°CP/2023-07/08.15

- Risque de dérangement temporaire de plusieurs espèces d'oiseaux à enjeux (Aigle royal, Traquet motteux, Monticole de roche ...) en période de reproduction.
- ⇒ Dégradation temporaire et localisée des habitats pour les carottages, habitats bien représentés ailleurs dans la RNR, ne présentant pas sur ces secteurs d'enjeu particulier et soumis à un pâturage répété :
  - Pelouses atlantiques à Nard raide et groupements apparentés,
  - Pelouses pyrénéennes fermées Festuca eskia,
  - Eboulis siliceux alpins et nordiques.
- ⇒ Risque de dérangement d'amphibiens et de reptiles (retournement de blocs pour la réalisation des carottages).

### **Consultations réglementaires**

La Région a conduit les consultations prévues par le Code de l'Environnement (article R.414-19) et la délibération de classement de la RNR du Massif du Pibeste-Aoulhet.

Sur proposition du Groupe de Travail Aires Protégées du Conseil Régional du Patrimoine Naturel d'Occitanie (CSRPN) du 16 mai 2023, le CSRPN donne un avis favorable à cette étude et travaux associés, considérant les constats suivants :

- Les zones prévues pour les carottages concernent trois habitats soumis de longue date à un pâturage répété et intensif.
  - CB 35.10 Pelouses atlantiques à Nard raide et groupements apparentés (6230)
  - CB 36.314 Pelouses pyrénéennes fermées Festuca eskia (6140)
  - CB 61.1 Eboulis siliceux alpins et nordiques (8110)
- Les végétations concernées sont cependant bien représentées ailleurs en Réserve et ne présentent pas sur ces secteurs des enjeux particuliers à notre connaissance.

Il subordonne cet avis à la mise en œuvre des préconisations suivantes :

- « En ce qui concerne les carottages, dans la mesure du possible, limiter le déplacement / retournement de pierres de taille significative (>10cm) pour éviter le dérangement ou la destruction éventuels d'amphibiens (par exemple Alytes obstetricans) ou de reptiles (par ex Vipera aspis), pour la plupart protégés et menacés.
- Les trous de carottage doivent être rebouchés afin d'éviter que de petits vertébrés n'y tombent et ne puissent en ressortir.
- Concernant les outils employés (tarière, géoradar) et les chaussures des opérateurs, un nettoyage approfondi lors des passages d'un site pyrénéen à un autre devra être opéré afin de réduire le risque d'introduction de propagules d'espèces invasives ou pathogènes.
- Enfin, le CSRPN insiste sur le fait que même les déchets organiques et biodégradables soient emportés, étant donné le risque de créer un point de fixation des prédateurs généralistes (renard, fouine, Corneille noire, Grand corbeau...) sur ce site déjà très fréquenté par les touristes, avec en retour une probabilité de prédation accrue pour les petites espèces proies vivant aux alentours de l'étude. »

Par ailleurs, concernant le recours à l'hélicoptage, le CSRPN a eu la position suivante :

- « Une dérogation au règlement de la RNR concernant l'usage de l'hélicoptère est possible mais reste toujours délicate, entre autres du fait qu'il est expressément demandé aux autres organismes usant de ce mode de transport d'éviter la réserve. Le CSRPN s'interroge donc sur la nécessité d'utiliser un hélicoptère pour la mission envisagée, dans la mesure où la totalité des matériels et ravitaillement ne



## Commission Permanente du 7 juillet 2023

### Délibération N°CP/2023-07/08.15

dépasseront pas 80 kg, répartis-en 10 éléments dont les volumes sont tels qu'ils sont transportables à dos d'homme au moyen de claies de portage, ou de mule. Il demande au pétitionnaire d'examiner sérieusement les alternatives que représentent ces autres moyens de transport. Nombre d'expéditions scientifiques en montagne ont eu à transporter des matériels représentant des ordres de grandeur comparables en matière de taille et de poids et ont pu le faire par ces moyens.

- Si toutefois l'hélicoptage ne peut être évité, il existe un itinéraire dit « habituel » qui passe non loin d'une aire de gypaète et deux itinéraires dits secondaires, ne passant pas à proximité de l'aire de gypaète. En conséquence, si l'itinéraire de l'hélicoptère choisi était l'itinéraire « habituel », les survols ne devraient pas être réalisés avant le 15 août (date de départs les plus tardifs des jeunes gypaètes).
- Si l'un des deux itinéraires secondaires était retenu, d'autres espèces protégées nichant au sol ou dans les rochers (Aigle royal, Pipit spioncelle, Traquet motteux, Monticole de roche, Tichodrome échelette...) et d'autres espèces à enjeu (lagopède alpin, Perdrix grise de montagne, Isard des Pyrénées...) pourraient être impactées, de nombreuses espèces d'oiseaux et de mammifères étant sensibles au survol d'aéronefs. Le vol ne devrait donc être autorisé qu'à partir du 1<sup>er</sup> août.

#### Après en avoir délibéré,

#### Décide :

**ARTICLE UN :** de donner un avis favorable à la demande d'autorisation de travaux dans la Réserve Naturelle Régionale d'Aulon déposée par le CNRS.

**ARTICLE DEUX :** d'assortir cet avis des recommandations suivantes :

- Limiter le déplacement / retournement de pierres de taille significative (>10cm) lors des carottages ;
- Reboucher les trous de carottage,
- Examiner les alternatives à l'hélicoptage pour le transport du matériel dans la mesure où il est transportable à dos d'homme ou de mule (totalité ne dépassant pas 80 kg et répartissable en 10 éléments avec des volumes limités),
- En cas de maintien des hélicoptages, choisir l'itinéraire ne passant pas à proximité de l'aire de gypaète et se rapprocher du conservateur pour définir l'itinéraire le moins impactant pour les espèces nicheuses à enjeux,
- Décaler au mois d'août les premiers survols de la RNR (drones et hélicoptère), pour éviter la période sensible du printemps jusqu'à fin juillet,
- Nettoyer de façon approfondie les outils employés (tarière, géoradar) et les chaussures des opérateurs, lors des passages d'un site pyrénéen à un autre afin de réduire le risque d'introduction de propagules d'espèces invasives ou pathogènes.
- Exporter les déchets, y compris organiques et biodégradables hors du site.

Acte Rendu Exécutoire :  
31-200053791-20230707-24906-DE-1-1  
- Date de transmission à la préfecture : 07/07/23  
- Date d'affichage légal : 07/07/23

La Présidente

Carole DELGA



## CHAPITRE 1

### Intérêt scientifique et administration de la recherche. Contexte et enjeux scientifiques

Pensés comme immuables, les sociétés, les environnements et les systèmes d'exploitation des espaces montagnards ont longtemps été soustraits au regard archéologique. Il aura fallu trois décennies d'interactions et de dialogue entre les sciences humaines et les sciences de la nature, ainsi qu'une somme d'avancées méthodologiques et techniques, pour que ces espaces soient envisagés autrement. Soumis aujourd'hui à des questionnements interdisciplinaires intégrés (Le Couédic et al, 2016 ; Rendu, 2021) ces territoires révèlent, peu à peu, non pas une, mais des histoires beaucoup plus longues et complexes qu'il ne l'était jusque-là pensé.

En plaçant ces histoires au centre de certains de leurs programmes de recherches, ce que les disciplines sociales et environnementales (approches naturalistes et paléo-environnementales, archéologie, ethnologie, anthropologie, histoire et géographie), étroitement associées, veulent d'abord saisir, ce sont les dynamiques d'évolution, les logiques de transformations des espaces et de leurs ressources dans le temps long.

Selon quels rythmes et avec quelles amplitudes se sont succédé les phases d'emprise et de déprise humaine et pastorale au cours des six derniers millénaires ?

Quelles complémentarités de ressources ont été mises en œuvre à chacun de ces moments ? Quelles formes d'organisation de l'espace social ces complémentarités sont-elles susceptibles d'exprimer ?

En historicisant les espaces de haute montagne, c'est le point de vue global sur les sociétés montagnardes que l'on inverse et c'est la totalité des systèmes valléens que l'on se doit de reconsidérer.

- Que pèsent, dans ces systèmes, les étendues immenses que constituent les estives ?
- Sont-elles les points d'inertie ou les moteurs de changements ?
- De quelles singularités « montagnardes » sont-elles éventuellement la source et pourquoi ?

L'objectif des programmes de recherche sur les espaces montagnards européens est donc de comprendre les mutations des modes d'exploitation des ressources naturelles. La méthode de travail utilisée repose sur l'acquisition des données archéologiques, historiques, ethnologiques et paléo-environnementales et sur l'articulation de ces différentes séquences. Ainsi, la prospection et la fouille archéologique des sites pastoraux d'estivage (habitats et enclos), des sites à



vocation minière et métallurgique, ou encore des aires de charbonnage, renseignent sur l'évolution de ces modes de gestion des ressources disponibles. Lorsque ces données sont mises en série, elles laissent apparaître certains changements des économies montagnardes, certains processus d'intensification ou encore des formes originales d'exploitation extensive. Complétées pour les périodes récentes, au moyen de l'analyse des sources écrites, ces informations archéologiques retracent également la logique des partages territoriaux, en particulier lorsque ceux-ci sont structurés par l'étagement altitudinal. C'est la raison pour laquelle les recherches s'appuient sur une organisation des séquences archéologiques et paléo-environnementales, en transects : l'objectif est de constituer de véritables coupes à travers hautes estives, versants intermédiaires, fonds de vallée.

L'évaluation du poids des montagnes et du rôle de l'estivage dans la structuration des vallées ne passe pas seulement par l'appréhension des mutations des systèmes pastoraux montagnards dans la longue durée. Elle passe aussi par une réévaluation d'ensemble de la part et de la place de l'élevage ou encore par des éclairages sur les autres formes d'exploitation des ressources naturelles d'altitude (cf. archéologie minière par exemple). Elle passe, enfin, par l'étude de certains rapports à l'espace particulièrement présents dans les milieux montagnards (parcours pastoraux, agricultures temporaires), qui tranchent avec nos conceptions ordinaires des

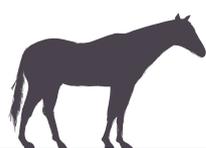
territoires (coexistence d'usages démultipliés dans des espaces non appropriés de manière pérenne).

La démarche suppose en premier lieu d'aborder les estives pour elles-mêmes. Du point de vue de l'archéologue, le processus d'acquisition de l'information primaire repose sur la prospection et la fouille. Son premier travail consiste à élaborer une carte des sites pastoraux et à tenter une analyse systémique à la lumière des données chronologiques et typologiques et des indices livrés par les sites sur les techniques d'exploitation.

Percevoir les dynamiques valléennes et les évolutions des paysages sous l'angle de l'exploitation des ressources naturelles qu'offrent les espaces d'altitude permet un décentrement, une ouverture forte sur d'autres facteurs d'anthropisation, d'échanges et de constructions territoriales, tout en restant dans des problématiques proches (formes, pratiques et distributions spatiales des exploitations).

Jalonner les terrains, réfléchir aux conditions d'un croisement pertinent des données à cette échelle de travail, constituent également un enjeu important à cette étape de la recherche.

L'association des programmes déjà existants à la discussion, comme le fait le programme DEPART qui vise à la mise en place d'un Système d'Information Géographique international (France, Espagne, Andorre) regroupant tous les résultats des programmes de recherche soutenus par leurs membres, doivent



accompagner cette étape et permettre en même temps de faire accéder cette recherche à un comparatisme plus large.

Ainsi, depuis 30 ans, les milieux d'altitude européens (Pyrénées, Alpes, Cantabrie, montagnes insulaires...) constituent un cadre novateur de recherche sur les dynamiques des modes de gestions des ressources naturelles et les évolutions des systèmes pastoraux des espaces de montagne dans la longue durée (Liste non exhaustive) : Bal et al, 2010 ; Garssia Casas, 2018 ; Gassiot et al., 2016 ; Gassiot et al, 2013 ; Gassiot et al., 2012 ; Gassiot, 2010 ; Guédon, 2013 ; Guédon, 2006 ; Guillot, 2017 ; Giguette-Covex, 2019 ; Le Couédic et al, 2014 ; Mocci, 2010 ; Mocci et al., 2008 ; Mocci et al, 2005 ; Orengo, 2010 ; Palet J.-M et al., 2013 ; Saint-Sever

et al, 2016 ; Reitmaier, 2013 ; Reitmaier, 2010, 2012, 2013 ; Rendu et al, 2021-1995 ; Tzortzi, 2019 ; Walsh et al, 2019 ; Walsh et al, 2011 ; Walsh et al., 2007).

Les équipes engagées (Fig. 1 et 2) dans ces programmes s'appuient sur un socle thématique, épistémologique et méthodologique commun qui passe par la focalisation sur des « secteurs cibles », spatialement restreints, pour lesquels sont déployés des études archéologiques, environnementales, historiques et ethnologiques. Ces projets sont construits en prenant appui sur des partenariats similaires avec les services du patrimoine, les collectivités territoriales, les parcs nationaux et régionaux et les réserves naturelles.

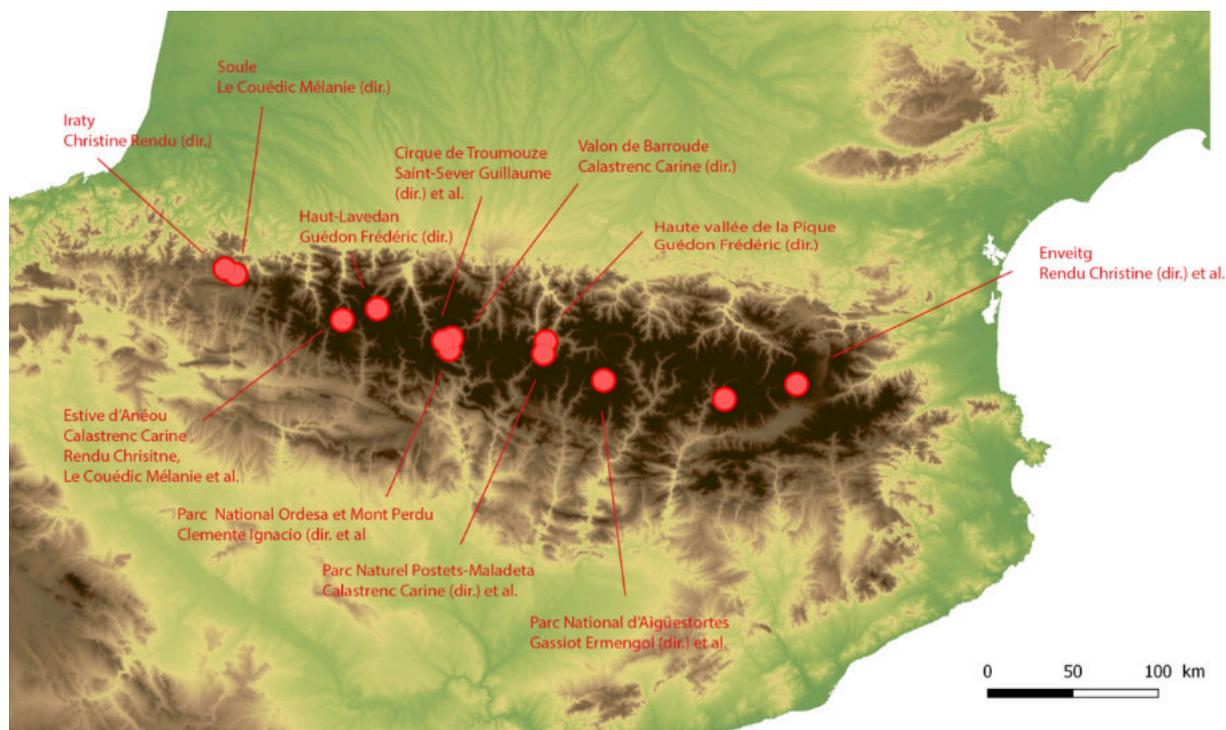


Fig 1 - Localisation des différents programmes de recherche en archéologie pastorale dans les Pyrénées (© Infographie C. Calastrenc)



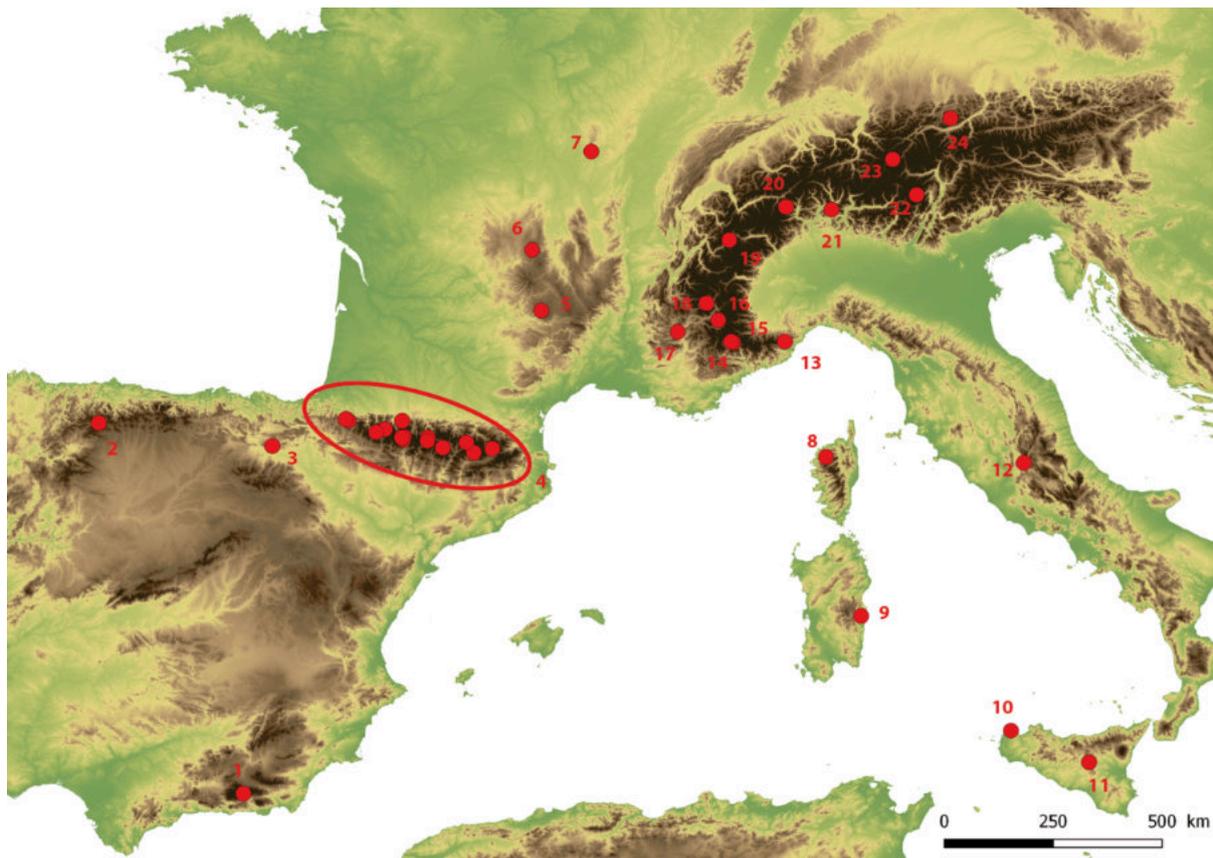


Fig. 2 - Au-dessus - Localisation des programmes de recherche en archéologie pastorale dans les montagnes du sud de l'Europe (© Infograhie C. Calastrenc) ; au-dessous - Tableau récapitulatif des opérations d'archéologique pastorale

Num	Zone d'étude	Pays	Resp. opé.
1	Sierra Nevada	Espagne	Romeo. P
2	Cabrillanes	Espagne	Alvarez. D
3	Alava	Espagne	Varon. R
4	Pyrénées (cf. Fig. 1)		
5	Aubrac	France	Fau. L
6	Puy-de-Dôme	France	
7	Mont Beuvray	France	
8	Balagne	France	
9	Fonni	Italie	
10	Cistonaci	Italie	
11	Enna	Italie	
12	Cicolano	Italie	

Num	Zone d'étude	Pays	Resp. opé.
13	Apennin	Italie	Moreno. D
14	Mercantour	France	Geist
15	Vallée de La Roya	France	Palmero. B
16	Ubaye	France	Garcia
17	Vallée de Buech	France	Morin
18	Champsaur	France	Leveau
19	Col du Petit Saint Bernard	France	Leveau, Segard
20	Col du Simplon	Suisse	Cury. P
21	Levantine	Suisse	Della Casa
22	Val di Sole	Italie	Carrer
23	Silvretta	Autriche	Reitmaier
24	Karwendel	Autriche	Nicolai (von)

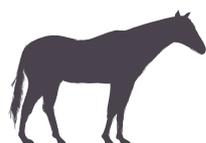
## Verrous méthodologiques à dépasser

Force est de constater que les différentes équipes de recherche impliquées dans ces travaux se trouvent confrontées au problème de

l'acquisition de l'information primaire.

Préalable indispensable à toute recherche en archéologie, la prospection en haute montagne a des spécificités.

Contrairement au travail de prospection en



plaine (Ferdrière et al, 1979 ; Zadora-Rio, 1986 ; Millett et al., 2000, Trément, 2011 ; Poirier, 2010 ; Poirier & Hautefeuille, 2018 ; Poirier et al, 2017 ; Poirier et al, 2013), en milieu d'altitude, la détection des structures archéologiques ne prend pas appui sur l'analyse de la répartition des objets récoltés en surface ; la couverture végétale y est bien trop dense et empêche toute remontée du mobilier archéologique. Ce qui s'offre à l'œil de l'archéologue sont les vestiges des infrastructures, du bâti en élévation aux microreliefs (Fig. 3). La méthode de prospection actuelle (Rendu, 2003 ; Reitmaier, 2010 ; Gassiot, 2016a ; Gassiot et al, 2016b ; Rendu et al, 2016 ; Le Couédic et al, 2020) repose sur le parcours, à pied, de l'ensemble de la zone d'étude durant les périodes estivales et automnales. L'approche pédestre systématique des espaces pastoraux d'altitude ne peut donc être que spatialement

limitée et ne concerner que de "petits" territoires (quelques dizaines voire centaine de milliers d'hectares) au regard de la superficie des massifs montagneux. Ainsi, l'estive d'Anéou (Pyrénées-Atlantiques) de presque 1 300 hectares a été prospectés en 4 mois à 2 personnes (Rendu et al, 2016), les 1 400 hectares de la haute vallée de Benasque (Aragon, Espagne) ont été parcourus en 3 mois à 2 personnes (Calastrenc et al, 2004, Calastrenc et al, 2005, Calastrenc et al, 2006, Calastrenc et al, 2007) et les 40 000 hectares du Parc d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Catalogne, Espagne) ont nécessité 10 ans de prospection à une quinzaine de personnes. Actuellement, en haute montagne, la surface moyenne couverte par les prospecteurs est donc d'un peu moins de 176 hectares par mois et par personne.



Fig. 3 - Relevé archéologique - Estive d'Anéou - 2006 (© M. Le-Couédic)

Accéder à une information archéologique qui soit la plus complète possible dans un temps

relativement court est l'enjeu de la phase de prospection en milieu d'altitude.



Malgré les différentes évolutions techniques déployées ces dernières années pour faciliter et optimiser le travail de prospection (Fig. 4), notamment par la saisie de l'information sur le terrain avec des DGPS (Differential Global Position System) et le traitement des données dans des SIG (Système d'Information Géographique), cette phase du travail se heurte encore aujourd'hui à deux verrous méthodologiques majeurs.

- Comment dépasser le cadre de la monographie d'un pâturage ou d'une montagne, pour aborder

archéologiquement de plus grandes surfaces et ainsi pouvoir développer une réelle approche comparée des trajectoires des territoires d'altitude à l'échelle d'un massif ?

- Comment disposer d'un référentiel statistiquement significatif et solide qui soit susceptible de comprendre à la fois les structures visibles en surface et celles recouvertes par la végétation, les colluvionnements, faites en matériaux périssables ou arasées par l'activité humaine et épierrées ?

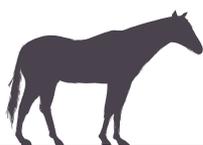


Fig. 4 - Relevé au DGPS - Estive d'Anéou - 2006 (© C. Calastrenc)

Les nouvelles avancées technologiques, la diversification et la miniaturisation des capteurs, la démocratisation et le développement des drones aériens ainsi que les progrès en ergonomie informatique des logiciels de traitement des données permettent de réfléchir à la mise en œuvre de nouvelles procédures d'acquisition de l'information primaire, de

traitement et de fusion des informations pour maximiser la détection des vestiges archéologiques en milieux d'altitude.

Depuis 2018, c'est ce que propose de faire le programme de recherche T.A.H.M.M. (Télé-détection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne) : <https://www.tahmm.fr/>. Son objectif est d'utiliser des ressources



techniques et méthodologiques non invasives, du satellite à l'analyse chimique des sols, pour mettre en place une approche intégrée multi-source, multi-échelle et multi-temporelle afin d'optimiser le travail de détection archéologique en montagne (Calastrenc et al, 2018, 2019, 2020/2021, 2021, 2022).

Le programme T.A.H.M.M. s'appuie sur des partenariats et un appui financier de la **MITI** du **CNRS**, de la **DRAC Occitanie**, de la **région Occitanie**, de la **Réserve Naturelle d'Aulon**, du **Département des Hautes-Pyrénées**.

Portés par les laboratoires TRACES (UMR 5608) et FRAMESPA (UMR 5136), ce programme de recherche sur un consortium de recherche qui regroupe archéologues (laboratoires TRACES-UMR 5608- et FRAMESPA-UMR 5136-), des paléoenvironnementalistes (laboratoire GEODE – UMR 5602), des informaticiens/mathématiciens (laboratoire IRIT-UMR 5505), des géophysiciens (laboratoire GET-UMR 5563), des géomaticiens (laboratoire CESBIO - UMR 5126), des télédéTECTEURS (Société Française de la Photogrammétrie et de la Télédétection).

Les membres du programme T.A.H.M.M. utilisent les équipements scientifiques du plateau technique TIG-3D (Télédétection, Imagerie, Géomatique, 3D) de la plateforme ArchéoScience des laboratoires TRACES et GEODE.

De plus, grâce à une collaboration avec le CNES dans le cadre du programme d'accompagnement scientifique ISIS, des acquisitions d'images

Pléiades ont pu être programmées et réalisées en juin, juillet et septembre 2019 et 2020.

## Développer de nouvelles méthodes d'approche archéologique intégrée

L'objectif de ce programme de recherche est purement et uniquement méthodologique. Il cherche à trouver les meilleurs outils et les meilleurs procédés de traitements des données permettant de croiser, sur une même zone d'étude, plusieurs sources d'information, à haute, voire très haute résolution spatiale (taille du pixel), spectrale (nombre de bandes spectrales), radiométrique (sensibilité du capteur) et temporelle (répétitivité des acquisitions) : télédétection par satellite et par drone, lidar par avion et par drone, photogrammétrie par drone et satellite, thermographie aéroportée par drone, géoradar, capteur magnétique et analyse chimique des sols par fluorescence-X. L'ensemble de ces appareillages sont, dans un premier temps, utilisé à titre exploratoire.

Pourquoi mettre en œuvre un panel d'outils aussi large ? La photo-interprétation ne pourrait-elle pas s'avérer suffisante ?

Un test réalisé sur le secteur dit de La Glère de l'estive d'Anéou (Vallée d'Ossau - Pyrénées-Atlantiques) a montré que sur 3,6 hectares, 23



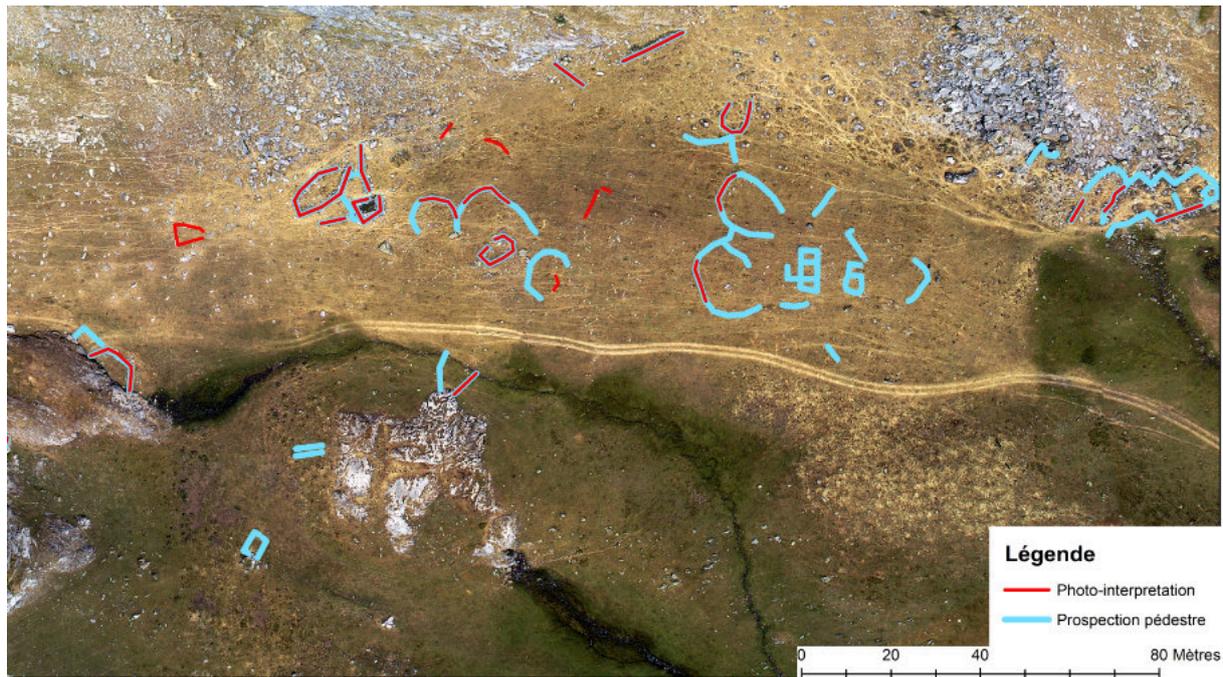


Fig. 5 - Comparaison entre les résultats d'une photo-interprétation et par prospection pédestre (Rendu et al, 2016, p. 63)

structures ont été identifiées par photo-interprétation à partir d'une orthophotographie réalisée en 2008 par Olivier Barge du laboratoire Archéorient avec un drone Pixy à 100 m d'altitude (taille du pixel 8 cm), là où la prospection pédestre en a dénombré 41 (Rendu et al, 2016, p. 63).

Ce test (Fig. 5) démontre que la lisibilité archéologique à partir de données raster dépend de plusieurs facteurs parmi lesquels, la nature de l'environnement (en zone de chaos rocheux ou pour les secteurs présentant une forte densité d'arbustes de type genêt ou rhododendron, l'identification des structures est moins aisée que sur une zone enherbée), mais aussi la date de prise de vue, le type et les caractéristiques du capteur, ainsi que la résolution spatiale des images traitées.

### ***A l'échelle d'un massif : Télédétection satellitaire***

Des travaux de détection automatique ou semi-automatique de sites archéologiques par traitement d'image satellite ont déjà été réalisés sur des secteurs de haute montagne. Ainsi, l'équipe de recherche travaillant sur le Puy-de-Dôme (Toumazet et al, 2017) a mis au point, à partir de données Lidar acquises par avion, une procédure de détection automatique des structures pastorales, qui se caractérisent par une forte empreinte spatiale ainsi qu'une forme simple et "standardisée". Ce travail s'est basé sur l'appariement de modèles et sur une classification orientée objet. Autre exemple, sur la montagne de Silvretta en Autriche (Lambers, Zingman, 2012a ; Lambers. K et al, 2012b, Lambers. K et al. 2013, Zingman et al, 2012 ;



Zingman I et al., 2013a et 2013b, Zingman I et al., 2014, Zingman, 2015 ; Zingman I et al., 2016) où l'équipe de recherche dirigée par Thomas Reitmaier a travaillé sur la détection semi-automatique de structures pastorales d'altitude. L'application des algorithmes de segmentation d'image et de détection des formes a permis de détecter des structures simples, isolées dans des zones enherbées et ayant un bon état de conservation (murs en élévation). Toutefois, ces deux équipes de recherche se sont confrontés à deux problèmes majeurs : la résolution radiométrique et spectrales des images notamment satellite ne sont actuellement pas suffisantes pour une identification "fine" des sites archéologiques. En effet, la résolution spatiale maximale des images satellites gratuites actuellement disponibles est de 1.5 m (images Spot 6/7) et celles des images payantes est de respectivement de 0.3 m et de 0.5 m (images Worldview 4 et Pléiade). Pour reconnaître les murs d'une structure, il est nécessaire qu'ils soient renseignés par plusieurs pixels. Ainsi, seuls les grands ensembles et/ou les constructions fortement visibles, comme un enclos isolé dans la pelouse, peuvent être perçues. Toutes les infrastructures pastorales arasées identifiables par un microrelief ou quelques blocs alignés restent actuellement inaccessibles par ces moyens techniques. Cependant, ce problème pourrait être modéré par une approche multi source (De Laet. V et Lambers. K, 2009, p. 12).

La complexité vient également de l'extrême variété des formes à détecter (Rendu et al., 2016,

p. 69 et 70, Le Couédic, 2010, p. 511-515). Comment repérer l'ensemble des structures archéologiques d'un pâturage alors que les plans, les tailles, les états de conservation et les taux de recouvrement par la végétation divergent ? Identifier les aménagements récents est aisé car leurs murs sont très souvent visibles sur les images aériennes par une ligne grise de pierre bien nette au milieu d'une zone herbeuse verte. Igor Zingman a notamment travaillé sur l'identification de ce type de vestiges par détection semi-automatique des formes notamment rectangulaires (Zingman et al., 2013a, 2016) et des textures (Zingman et al., 2013b, 2014). Cependant, les résultats ne furent pas probants et une procédure efficace reste encore à trouver.

- Comment repérer les constructions totalement arasées, généralement les plus anciennes, entièrement recouvertes par la végétation et/ou perceptibles que par des micros-reliefs d'une dizaine de centimètres de hauteur ou par quelques blocs affleurants la surface ?
- Comment arriver à une détection la plus exhaustive possible des aménagements de haute et moyenne montagne ?

### ***A l'échelle d'une montagne : le lidar***

#### ***HD de l'IGN par avion***

Depuis 2022, l'Institut de Géographie National



(IGN) met à disposition de toute personne les nuages de points classés et bruts issus d'une acquisition lidar faite par avion. Cette acquisition a été impulsée par l'Etat français et s'inscrit dans le cadre du plan « France » pour pouvoir disposer d'une description numérique du territoire national (métropole, Départements et Région d'Outre-Mer et des collectivités territoriales uniques hors Guyane). La précision prescrite est d'un minimum de 10 points par m<sup>2</sup>. Ces acquisitions devaient répondre à plusieurs besoins de l'action publique : prévention des risques, observation de la ressource forestière et aménagement du territoire. L'acquisition a été programmée sur 5 ans et doit permettre d'une vision homogène du territoire couvert. Bien que cette programmation a été définie en lien avec les commanditaires et les financeurs du programme, le secteur de l'archéologie n'a pas pu imposer une périodisation des acquisitions durant la période hivernale.

En 2023, ces données ont été intégrées au programme TAHMM afin d'identifier les capacités de cette information pour l'identification des vestiges archéologiques en haute et moyenne montagne.



Fig. 6 - Relevé drone multispectral - 2023 (© J.-P. Calastrenc)





Fig. 7- Mise en place - Relevé géoradar - 2022 (© C. Calastrenc)

### ***A l'échelle d'un quartier d'estive : acquisitions par drone***

Le projet de recherche T.A.H.M.M. ne se focalise pas uniquement sur l'usage exclusif d'image satellite, mais sur la mise en place d'une réelle démarche d'intégration de données multisources (images multispectrales, thermographiques et photogrammétrie satellite et par drone) et sur la fusion de l'information acquise.

L'ensemble des outils et appareillages mis en œuvre s'utilisent à différentes échelles d'analyse. Ainsi, travailler avec des images satellite (R, V, B et NIR) permet de traiter de plus grands espaces. Toutefois la résolution spatiale de ces images réduit leurs capacités de détection. Utiliser des images produites par drone à des altitudes variant de 10 m à 100 m de hauteur permet mécaniquement de considérablement diminuer la résolution spatiale (Poirier, 2013 ; Poirier, 2017) des images. Avec un drone, la taille du pixel des images produites passe de 0,50 cm à 1 cm. Rabaisser la hauteur des acquisitions permet donc de réduire les limites de la détection archéologique.

L'intérêt des drones vient également de la multiplicité et de la variété des capteurs utilisables. Multispectral, thermographie, lidar, photographie ... le panel des appareillages implémentables sur drone ne cesse de se développer et permet d'ouvrir l'archéologie à tout un ensemble d'appareillage difficilement



accessible jusqu'ici. (Fig. 6)

L'usage des drones en archéologie devient aujourd'hui de plus en plus courant. Toutefois, son usage se « limite » souvent à la photographie documentaire ou à la photogrammétrie. Le traitement des données est rarement poussé au-delà de la constatation visuelle de la présence/absence de vestiges sur les orthophotographies.

Le programme T.A.H.M.M. cherche à exploiter au mieux les données issues des capteurs disponibles au sein du plateau TIG-3D pour maximiser la détection archéologique.

### **A l'échelle du groupement de structure : géoradar et magnétomètre**

Une fois des "anomalies" repérées par des méthodes aériennes, pour compléter et affiner l'identification des structures archéologiques, des outils terrestres de géophysique (géoradar et magnétomètre) sont utilisés (Fig. 8). Le géoradar permet d'avoir une représentation, en 3D, des contrastes de permittivités ou de conductivités rencontrés par les ondes électromagnétiques émises et d'y distinguer des anomalies pouvant correspondre à des structures archéologiques. Cet outil a été utilisé par Ted Gracson à Laurrau (Pyrénées-Atlantiques) dans le cadre des prospections dirigées par Mélanie Le Couédic (Le Couédic et al, 2014). Ted Gracson a montré tout son intérêt en dévoilant, sur quelques sites

pastoraux d'altitude, des anomalies pouvant correspondre à des vestiges d'aménagements enfouis sous la surface. Le magnétomètre permet quant à lui de cartographier les anomalies magnétiques dues à la présence d'objets enfouis et/ou de matériaux ayant subi des altérations thermiques. Cet outil est particulièrement adapté pour repérer des fosses, fossés, des zones ayant subi l'action du feu (foyer, four, forge) et dans certains cas des murs.

### **Détecter l'invisible : Analyses chimiques des sols**

En dernier lieu, sont mises en œuvre des analyses par spectrométrie de fluorescence des rayons X (XRF) qui permettent de déterminer les éléments chimiques qui composent un échantillon (Thirion-Merle, 2016). L'objectif est de localiser les aires de stabulation invisibles en surface ayant été délimitées avec des matériaux périssables. Les résultats des prospections pédestres montrent souvent une proportion importante de cabanes isolée sans enclos visible en surface à proximité. Or, l'enclos est une infrastructure indispensable au berger. Il permet de garder tout ou partie du bétail la nuit, de faire des soins et, si nécessaire, la traite. Les fouilles archéologiques du secteur de La padria à Enveitg, dirigées par Christine Rendu (Rendu, 2003), ont également montrées que des activités annexes nécessitant des foyers pouvaient être réalisées à l'intérieur des enclos. L'XRF, parce qu'il identifie les éléments chimiques présents dans le sol

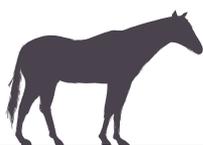




Fig. 8 - Relevé XRF - Enveitg - Pyrénées-Orientales - 2019 (© Néomie Luault)

permet de localiser, en surfacique et en profondeur, les variations des taux des éléments traceurs des excréments des animaux : Phosphore (P), azote (N), magnésium (Mg), calcium (Ca), potassium (K) (Fardeau, Martinez, 1996 ; Bloor et al, 2012) et ainsi d'avoir une perception de la mobilité des zones de stabulation dans le temps et l'espace. Les premiers tests se sont focalisés sur le phosphore et sur des tests d'association des différents marqueurs des déjections animales (Fig. 8)

## Zones d'étude

En 2023, le projet de recherche T.A.H.M.M. est passé en phase opérationnelle pour l'acquisition des données. Ainsi, il s'est centré sur 6 zones ateliers :

- 4 situées en région Occitanie : communes

d'Enveitg, d'Aulon, de Vielle-Aure et de Castillon-de-Larboust

- 2 situées en Nouvelle Aquitaine : communes de Lecumberry et de Laruns.

Enveitg (Pyrénées-Orientales) et Anéou (Pyrénées-Atlantiques) sont deux zones archéologiquement très bien connues respectivement par les travaux de Christine Rendu (1985- 2003) et de Christine Rendu, Carine Calastrenc et Mélanie Le Couédic (2004-2011). Elles servent de zones d'étalonnage des procédures d'acquisition et de traitement des données.

La montagne d'Enveitg est marquée par une remontée de la végétation arborée et ligneuse (densification de petits îlots de forêts de conifères et développement des genêts).

L'estive d'Aulon est quand à elle un vaste espace herbeux largement ouvert vers l'Est et le Sud.



Le territoire de la commune de Lecumberry est également le centre d'opération archéologiques (prospections) menées depuis 2023 par Maialen Gauthier dans le cadre de son Master 2 à l'Université Toulouse Jean Jaurès (Dir. Christine Rendu et Florent Hautefeuille). Ces estives sont en phase de recolonisation par les fougères et sont parsemées de petits espaces forestiers constitués de feuillus.

Quant aux zones tests, vierges de toute recherche archéologique, il s'agit de la réserve naturelle d'Aulon et du secteur de

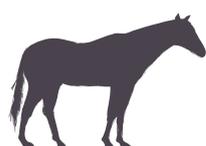
Montarrouyes, du secteur du Liantran de la commune d'Estaing dans les Hautes-Pyrénées, du secteur de L'Artigue dans la commune de Castillon-de-Larboust (Haute-Garonne) et du secteur de . (Fig. 10)

La Réserve Naturelle d'Aulon se caractérise par son encaissement entre le massif du Néouvielle et le pic de l'Arbizon et par une forte reprise de la végétation ligneuse (rhododendron, genévrier et myrtillier).

Le secteur du Liantran dans la commune d'Estaing se limite à 3 hectares de chaos rocheux.

Département	Pyrénées-Orientales	Haute-Garonne	Hautes-Pyrénées			Pyrénées-Atlantiques	
Commune	Enveitg	Castillon-de-Larboust	Aulon	Vielle-Aure	Estaing	Laruns	Lecumberry
Gestionnaire	Commune	Commune	Réserve Naturelle Régionale	Commune	Commune	Syndicat pastoral	Syndicat pastoral
Superficie totale (hectares) de la zone d'étude	3052	467	2884	600	3	1256	878
Altitude mini (m)	1179	1108	1061	1814	1850	1719	851
Altitude max (m)	2579	1946	2884	2623		2487	1456
Lieux-dits	Plaà de l'orri Collet de la Mula	L'Artigue	Avays Auloueilh	Montarrouyes	Liantran	Anéou	Nekexare
Année d'insertion dans le programme TAHMM	2018 2023	2023	2018 2019	2023	2018	2018	2023
Responsable d'opération du programme partenaire	C. Rendu C. Rendu	M.-C. Bal	C. Calastrenc	P. Foucher, O. Jaffre, A. Berdoy	C. Calastrenc	C. Rendu, C. Calastrenc, M. Le Couédic	M. Gauthier
Dates de réalisation des programmes de recherche partenaires	1991 - 2005	2021-2023	2018 - nos jours	2023	2018 - nos jours	2004-2011	2022-2023
Nom du programme de recherche partenaire	PCR Cerdagne	Paacte	TAHMM	Art rupestre	TAHMM	PCR Anéou	Master recherche

Fig. 9 - Tableau synthétique de présentation des 6 zones ateliers du programme TAHMM



## **Montagne d'Enveitg (Enveitg, Pyrénées-Orientales)**

La montagne d'Enveitg est archéologiquement très bien connue pour avoir été le cadre de la thèse de Christine Rendu (Rendu, 2003) est le territoire qui a fait naître le domaine scientifique de l'archéologie pastorale de haute montagne. Le corpus archéologique, établi entre les années 1985 et 2003 par Christine Rendu et l'équipe du GRAC (Groupe de Recherche Archéologique de Cerdagne), a été retravaillé par Mélanie Le Couédic dans le cadre de son mémoire de Maîtrise (Le Couédic, 2004). Elle y a repris les données de prospection primaire, les a géoréférencées. Elle a également restructuré les informations archéologiques dans une base de données spatialisées sous SIG (un point = 1

structure = 1 ligne dans la base de données). Ce corpus bénéficie également du travail réalisé dans le cadre du programme de recherche DEPART qui a permis le développement d'un SIG collaboratif et international entre la France, l'Espagne et l'Andorre sur les aménagements de la haute montagne (Le Couédic M, 2016). Aujourd'hui, l'inventaire archéologique de la montagne d'Enveitg comprend 271 structures dont, 6 abris sous roche, 98 cabanes, 9 couloirs de traite, 58 enclos, 64 murs isolés, 6 terrasses et 30 structures indéterminées. 16 de ces 271 structures ont fait l'objet de fouille extensive. 42 datations 14C ont permis de documenter une occupation qui s'étendant du Néolithique ancien à nos jours. (Fig. 9 et 10)



Fig. 9 - Plaa de l'Orri - Enveitg (Pyrénées-Orientales) - 2018 (© Nicolas Poirier)



Fig. 10 - Collet de la Mula - Enveitg (Pyrénées-Orientales) - 2023 (© Carine Calastrenc)



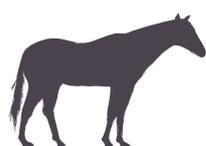
## **Estive d'Anéou (Laruns, Pyrénées-Atlantiques)**

De 2004 à 2011, l'estive d'Anéou (Laruns- 64) a été le centre du Programme Collectif de Recherche (PCR) « Dynamiques sociales, spatiales et environnementales dans les Pyrénées centrales » dirigé par Christine Rendu et Didier Galop (Rendu et al, 2013). L'ensemble de ces travaux a été publié en 2016 aux éditions Le pas d'oiseau dans l'ouvrage « Estives d'Ossau » (Rendu et al, 2016). A l'issue des prospections, le corpus disponible comprend 256 structures dont 5 abris sous roche, 50 cabanes, 8 couloirs de traite, 116 enclos, 1 niche, 29 murs isolés et 47 structures indéterminées. De 2005 à 2007, 27 sondages ont été réalisés sur 27 structures dans le but de renseigner la puissance stratigraphique au sein des bâtiments sondés, de vérifier les successions d'occupation, de cerner les relations entre le ou les niveau(x) d'occupation ainsi que les éléments d'architecture et de recueillir des artefacts et écofacts pour permettre leur datation. Seulement 3 structures n'ont pu être

datées faute de charbon dans les niveaux d'occupation. L'ensemble de ces datations documente une occupation de cette estive de l'âge du Bronze à nos jours. (Fig. 11)



Fig. 11 - Estive d'Anéou - Laruns (Pyrénées-Atlantiques) - 2007 (© Carine Calastrenc)



## **Réserve Naturelle d'Aulon (Aulon, Hautes-Pyrénées)**

Située dans la commune d'Aulon (Hautes-Pyrénées), cette réserve a été créée le 16 février 2001. Elle a été classée Réserve Naturelle Régionale le 10 février 2011. Elle est gérée par l'Association « la Frênette ». Ce gestionnaire assure une implication de la population dans le fonctionnement et la dynamique de la Réserve.

La Réserve Naturelle d'Aulon dispose d'un plan de gestion dans lequel il est question d'inscrire le programme T.A.H.M.M.

Cette réserve, située au pied sud du pic de l'Arbizon. Elle couvre une superficie de 1237 hectares (entre 1350 m d'alti et 2738 m d'alti.). Elle s'étend selon un transect allant de l'étage montagnard, subalpin à alpin.

Elle est couverte par :

- 50% de milieux ouverts ou semi-ouverts

- 40% de milieux rocheux
- 9% de forêt
- Et 1% de milieux aquatiques et humides.

Elle présente une faune et une flore très variées (770 espèces végétales dont 76 de forte valeur patrimoniale, et 471 espèces animales, dont 24 à forte valeur patrimoniale ont été recensées).

Ce territoire est exploité par plusieurs bergers. Le pastoralisme est perçu par la Réserve comme une activité indissociable de la biodiversité.

Aucune recherche archéologique n'a été menée sur ce territoire jusqu'au lancement du programme T.A.H.M.M.

En 2018, le programme TAHMM s'est centré sur le secteur d'Avays (Fig. 12). De 2019 à 2023, les membres du programme TAHMM ont opéré sur le secteur de l'Auloueilh (Fig. 13).

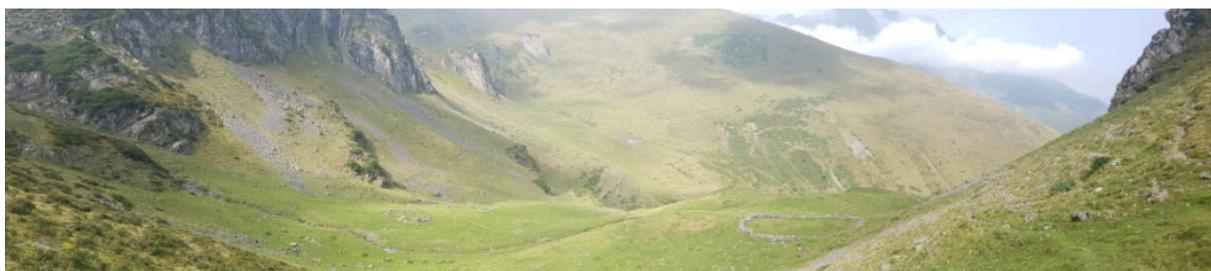


Fig. 12 - Secteur d'Avays - Aulon - Réserve Naturelle d'Aulon) - 2020 (© Carine Calastrenc)



Fig. 13 - Secteur de l'Auloueilh- Aulon - Réserve Naturelle d'Aulon) - 2020 (© Marvyn Bigot)



## ***Nekexare (Lecumberry - Pyrénées-Atlantiques)***

Le secteur de Nekexare entre dans le travail de Master 2 de Maialen Gauthier sur l'approche ethnoarchéologique de l'élevage porcin en Cize et Soule du Moyen-Âge à nos jours. Il se centre autour de l'étude de structures pastorales très particulières connues par les travaux de Claude Dendaletche (Dendaleche, 1974), Jacques Blot (Blot, (1975- 2013), Dominique Ebrard (Ebrard, 2013) : les tertres. Ces différentes recherches ont permis d'interpréter ces structures comme étant des loges à cochon.

Le travail de Master 1 de Maialen Gauthier lui a permis d'identifier 1357 tertres sur l'ensemble du Nord Pays Basque (Gauthier, 2022).

En 2023, Maialen Gauthier a réalisé des prospections archéologiques (Gauthier, 2023) sur le secteur d'Altzarreorodokia, la zone des Arbailles en Cize et sur les secteurs d'Artxilondo et de Nekexare en Soule. (Fig. 14)

En 2023, le programme TAHMM s'est focalisé sur le secteur de Nekexare.



*Fig. 14 - Secteur de Nekexare (Lecumberry) - 2023 (© C. Calastrenc)*



## **L'Artigue (Castillon-de-Larboust - Haute-Garonne)**

Le secteur de L'Artigue se trouve dans la zone d'étude du programme Paacte dirigé par Marie-Claude Bal (Lab. GEODE, UMR 5102).

Ce programme de recherche, transdisciplinaire, regroupe des chercheurs géographes, historiens, écologues, économistes et cartographes. Il s'attache à faire le diagnostic des premières formes de résiliences de la filière pastorale en réponse aux changements globaux et plus particulièrement aux dérèglements climatiques au sein des montagnes occitanes. Il s'agit pour ces chercheurs d'identifier et d'évaluer l'impact sociétal, environnemental et économique de cette activité afin de connaître sa portée et d'accompagner la mise en place de solutions alternatives aux modèles actuels. De la construction dans le temps des estives à la valorisation des produits issus de l'activité pastorale, en passant par l'évolution de la biodiversité, le rapport prédation/élevage, la

pratique des brûlages dirigés, la redynamisation de la filière laine, l'attachement au territoire pastoral, c'est toute la filière qui est pensée et repensée. (Bal et al, 2023)

Dans le cadre de ces recherches, une inspection de la montagne de la commune de Castillon-de-Larboust a été entreprise. Elle a révélé la présence de possibles vestiges archéologique sur le secteur de L'Artigue.

Les membres du programme TAHMM sont intervenus pour réaliser des prospections sur ce secteur et pour définir le potentiel archéologique.

Le secteur de L'Artigue se présente comme une trouée herbeuse dans une grande sapinière. En bas de pente, une petite barre rocheuse et sur la frange Ouest, le ruisseau de Houradade (Fig. 15).



Fig. 15 - Secteur de L'Artigue (Castillon-de-Larboust) - 2023 (© J.-P. Calastrenc)



## **Montarrouyes (Vielle-Aure - Hautes-Pyrénées)**

Le site de Montarrouyes (Fig. 16) a été découvert par Olivier Jaffre et Hélène Lacaze dans le cadre de prospections pédestres en vallée d'Aure pour la localisation d'inscriptions gravées de bergers de l'époque Moderne/Contemporaine dans les estives. Lors de ces travaux un type de gravure piqueté a été identifié.

Durant ces travaux un ensemble d'art rupestre inédit a été découvert dans le secteur de Montarrouyes à une altitude moyenne de 2250 m. Ces gravures se répartissent sur 6 zones rocheuses sur lesquelles ont, actuellement, été identifiés 200 motifs gravés ou piquetés.

Ces gravures ont été expertisées par Pierre Campmajo. Devant leur fort intérêt patrimonial, un programme de recherche a été mis en place. Il est dirigé par Pascal Foucher (Conservateur au Service Régional de l'Archéologie d'Occitanie),

d'Olivier Jaffre (Découvreur du site) et d'Anne Berdoy (Ingénieur au Service Régional de l'Archéologie).

A proximité immédiate de ces gravures se trouvent les vestiges de différentes structures pastorales. Cette proximité a incité les responsables scientifiques de ces recherches à aborder ce site de façon globale et diachronique.

C'est pour localiser et connaître ces vestiges archéologiques que les responsables scientifiques de ce programme ont fait appel aux membres du programme TAHMM.

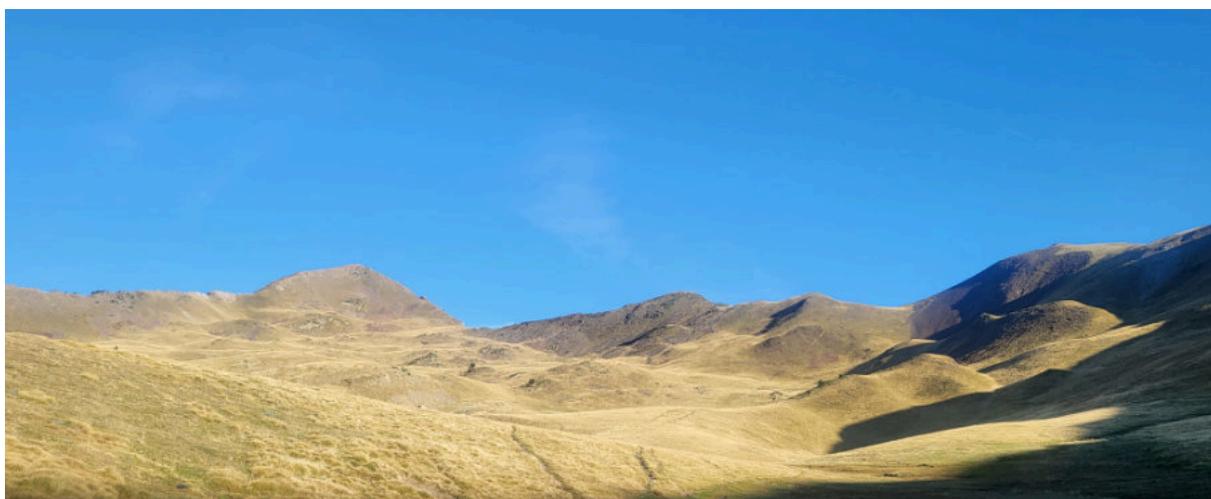
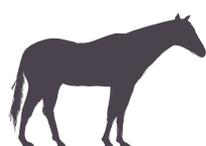


Fig. 16 - Secteur de Montarrouyes (Vielle-Aure) - 2023 (© Carine Calastrenc)



## Équipe scientifique - 2023



### **François Baleux**

Ingénieur d'étude CNRS- Laboratoire TRACES (UMR 5608)

Spécialiste de la 3D, de la Géomatique, de la Télédétection et de la Topographie. Il travaille notamment sur l'amélioration de la précision des relevés, en 3D et en 2D, en archéologie et sur la caractérisation de l'erreur de positionnement des données spatiales.



### **Carine Calastrenc**

Ingénieur de recherche CNRS- Laboratoire TRACES (UMR 5608) / Laboratoire FRAMESPA (UMR 5136)

– Responsable scientifique du programme

T.A.H.M.M.

Archéologue, spécialisée dans les espaces agropastoraux d'altitude et dans la détection des vestiges archéologiques avec des méthodes non-invasives.



### **Jean-Pierre Calastrenc**

Bénévole





**Maialen Gauthier**

Etudiante en Master 2 à l'Université Toulouse Jean-Jaurès. Sous la direction de Christine Rendu et de Florent Hautefeuille, elle travaille en éthnoarchéologie que l'élevage porcin en Cize et Soule (Pyrénées-Atlantiques) au Moyen-Âge et à l'époque Moderne.



**Nicolas Poirier**

Chargé de Recherche CNRS- Laboratoire TRACES (UMR 5608) et membre de l'équipe Terrae

Archéologue médiéviste spécialiste des dynamiques de l'habitat et des territoires. Ses problématiques de recherche sont centrées sur l'implantation des finages médiévaux, abordée au travers d'une approche micro-historique et diachronique.



**Christine Rendu**

Directrice de Recherche CNRS- Laboratoire FRAMESPA (UMR 5136)

Archéologue et ethnologue, spécialiste des transformations des systèmes d'estivage des montagnes du sud de l'Europe et des dynamiques sociales et paysagères des zones de hautes et moyennes montagnes.



## Budget chargé

2023				
<b>Dépenses</b>				
<b>Préparation chantier 2023</b>				
Espace disque INAS				2 324,15 €
Sous-Total "Préparation chantier"				<b>2 324,15 €</b>
<b>Chantier 2023</b>				
Déplacements sur zone d'étude				1 945,41 €
Matériel camping				1 066,53 €
Nourriture				797,25 €
Petit matériel				126,99 €
Tarière manuelle				4 344,00 €
Hélicoptage				8 899,53 €
Drone DJI Mavic E				3 257,02 €
Big bag (pour hélicoptage)				177,00 €
Matériel prélèvement et carottage de sédiment				291,00 €
Appareil photographie (Fuji XT5)				1 952,50 €
Petits matériels autres drones				977,16 €
Station d'énergie solaire				3 071,67 €
Sous-Total "Chantier"				<b>26 906,06 €</b>
<b>Post-opération</b>				
Participation "Journée de restitution - Nouvelles frontières de l'archéologie" - MITI - CNRS				769,79 €
Reproduction rapport				600,00 €
Sous-Total "post-opération"				<b>1 369,79 €</b>
<b>TOTAL dépenses Prog. TAHMM - 2023</b>				<b>30 600,00 €</b>

2023				
<b>Mise à disposition de personnel (CNRS - UJT2)</b>				
<b>Acquisition des données</b>				
DR / CR / MCF	nb perso	nb jour	€/jours	7 000,00 €
	2	5	1 400,00 €	
IR	1	15	700,00 €	10 500,00 €
Master	1	15	0,00 €	Bénévolet
<b>Traitement des données</b>				
DR / CR / MCF	nb perso	nb jour	€/jours	4 200,00 €
	1	3	1 400,00 €	
IR	1	35	700,00 €	24 500,00 €
IE	1	15	688,89 €	10 333,35 €
Total "Mise à disposition de personnel"				<b>56 533,35 €</b>

<b>Subventions et partenariats de recherche</b>	
<b>Etat</b> (autres que SDP/SDA)	
Région	3 200,00 €
Département des Hautes-Pyrénées	1 700,00 €
Commune, communauté de communes	—
Autres	—
<b>Ministère de la Culture (SDA)</b>	
Autre -	4 000,00 €
MITI - CNRS	21 700,00 €
Total "Subventions et Partenariats de recherche"	
	<b>30 600,00 €</b>

<b>TOTAL prog. TAHMM (charge salariale comprise) - 2023</b>	<b>87 133,35 €</b>
<b>TOTAL prog. TAHMM (hors charge salariale) - 2023</b>	<b>30 600,00 €</b>





## CHAPITRE 2

### Une organisation qui ne laisse aucune place à l'improvisation

La campagne 2023, c'est donc structurée autour de 5 terrains pyrénéens. Toutes ces zones d'étude n'ont pas fait l'objet des mêmes acquisitions. Certains choix ont été effectués soit parce-que le matériel n'était pas transportable jusqu'au site, soit parce-que le temps imparti n'était pas suffisant.

Ces travaux se sont étalés du 7 au 28 septembre avec une interruption d'une semaine pour cause de mauvais temps.

### Organisation d'un marathon archéologique à l'échelle de la chaîne pyrénéenne

Organiser l'inspection archéologique de 5 secteurs de haute montagne en 3 semaines demande programmation et anticipation. Organiser ce type de travaux ne laisse place à aucune improvisation.

### Demandes des autorisations de survol et de prélèvement

En premier lieu, il est nécessaire de prendre en compte les éventuelles protections

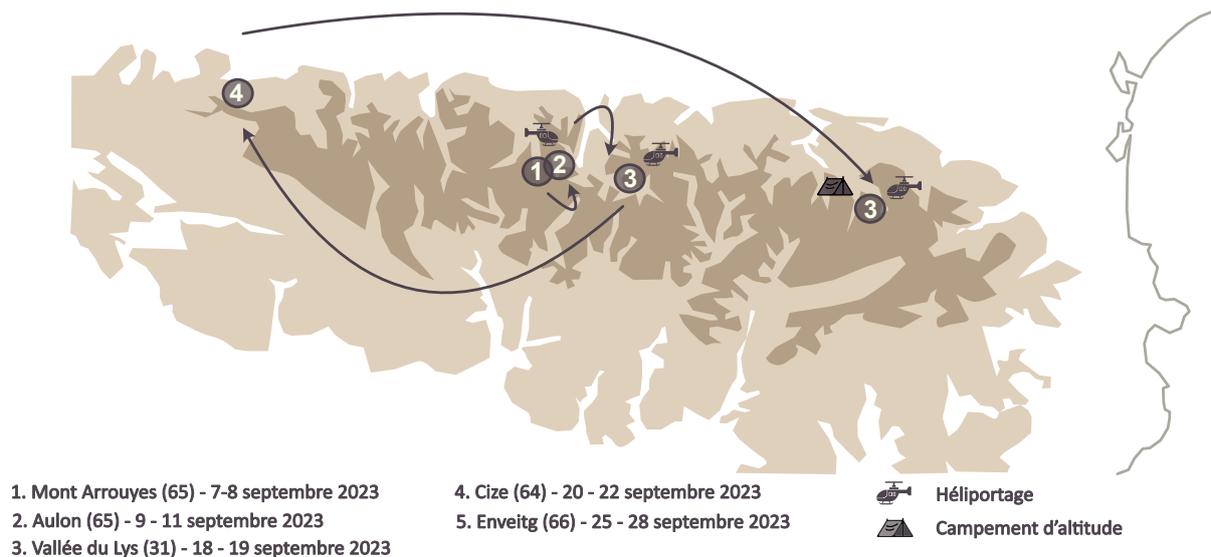


Fig. 19 - Cartographie du « marathon archéologique » organisé dans le cadre du programme TAHMM 2023



réglementaires et de réaliser les démarches administratives nécessaires auprès des propriétaires de terrains pour obtenir les autorisations de survol et de prélèvement de sol.

Les différents responsables de programmes partenaires se sont chargé de déposer ces demandes pour leurs territoires de recherche respectifs.

Pour la Réserve Naturelle d'Aulon, il s'est agi de déposer une demande de dérogation à la réglementation des réserves naturelles régionales avant le mois de mars 2023 auprès des services de la biodiversité et des territoires de la Région Occitanie. Il a ensuite fallu attendre le 18 juillet 2023 pour recevoir l'autorisation et commencer à préparer les missions de terrain de l'automne.

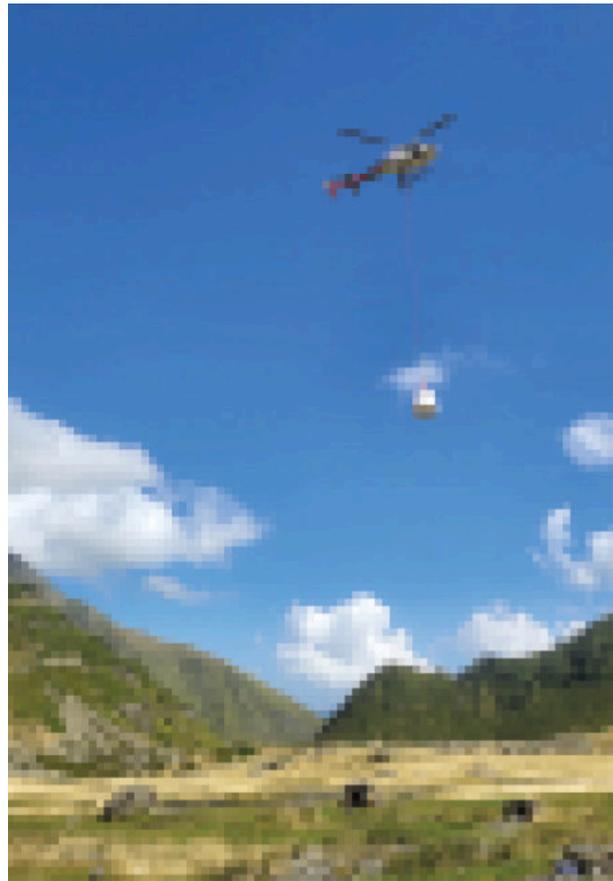


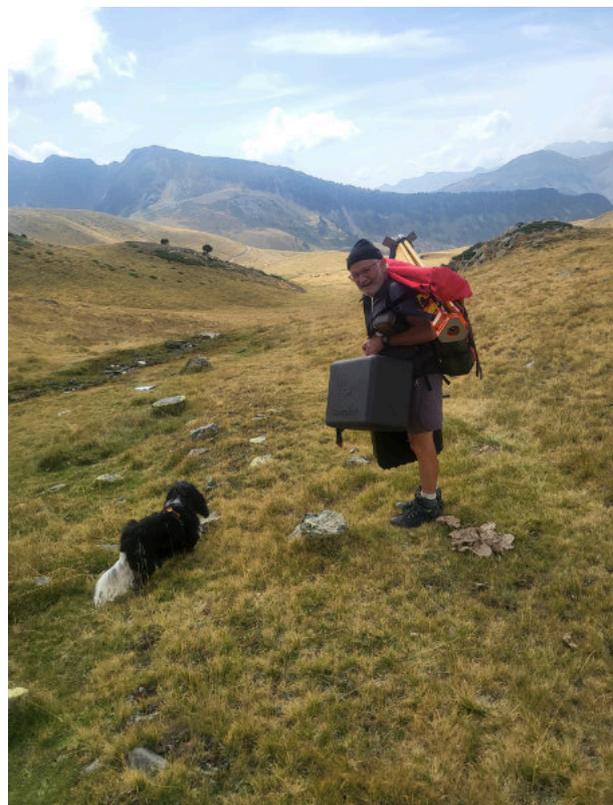
Fig. 16 - Ci-dessus - Hélicoptage dans la Réserve Naturelle d'Aulon (© C. Calastrenc) ; ci-dessous, transport du matériel sur le secteur de Montarrouyes (© C. Calastrenc)

### Dates d'intervention



Les acquisitions sur le secteur de Montarrouyes ont été réalisés les 7 et 8 septembre 2023.

Afin de protéger une zone de nidification d'un couple de gypaète barbu (espèce menacée inscrite sur la liste rouge des espèces à protéger), les acquisitions sur le secteur de



l'Auloueilh dans la Réserve Naturelle d'Aulon ont eu lieu les 9, 10 et 11 septembre 2023.

Les 18 et 19 septembre, c'est la clairière de L'Artigue dans la commune de Castillon-de-Larboust qui a été inspectée.

Les 20, 21 et 22 septembre, les membres du programme TAHMM sont allés au Pays-Basque, dans la commune de Lecumberry pour travailler sur le secteur de Nekexare.

Enfin, la campagne 2023 s'est terminée par une mission initialement prévue les 13, 14 et 15 septembre, reportée pour cause de météo défavorable aux 25, 26, 27 et 28 septembre.

## **Hélicoptages**

Trois hélicoptages ont été nécessaires pour réaliser la campagne 2023 :

- Secteur de l'Auloueilh, Réserve Naturelle d'Aulon (Hautes-Pyrénées)
- Secteur de L'Artigue, commune de Castillon-de-Larboust -Haute-Garonne)
- Secteur du Collet de la Mula, comme d'Enveitg (Pyrénées-Orientales)

Deux sociétés spécialisées dans le transport aérien en montagne ont été mandatées : L'antenne d'Ancizan de Blugeon (Aulon et Castillon-de-Larboust) et Hélicoptal (Enveitg).

En respect de la réglementation, les DZ (Drop Zone), les trajectoires de survol (ZSM) et les lieux

de dépose ont été établis par les pilotes afin d'éviter les différentes zones de nidification et d'exclusion de survol.

Pour les vols sur Aulon et Castillon-de-Larboust, il s'agit de transporter 150 kg de matériel scientifique. L'hélicoptage est économiquement favorable et a un coût carbone moins importante que le muletage lorsque aucun élevage n'existe à proximité.

Pour les vols réalisés à Enveitg, il a fallu transporter environ 400 kg de matériel scientifique et du matériel nécessaires à l'installation d'une base vie en altitude et en autonomie pour 4 personnes.

En dehors de ces 3 hélicoptages, pour les autres secteurs approchés, le transport du matériel s'est fait à dos (Fig. 16).

## **Usage des drones**

L'usage des drones a également été conditionné, par la Réserve Naturelle d'Aulon, à un usage ponctuel. (Fig. 17)

Sur tous les autres terrains d'expertise, en conformité avec la réglementation du CNRS et de la loi française, toutes les procédures ont été strictement respectées. Tous les vols ont été déposés avec au moins 15 jours d'avance sur le site de Clearance afin que le responsable de la sécurité aérienne du CNRS puisse les valider. Pour ceux réalisés sur le secteur de Montarrouyes, il a fallu faire une demande



spécifique pour un survol à proximité d'une aire de décollage/atterrissage d'ULM. De plus, les survols sur les secteurs du Collet de la Mula (Enveitg - Pyrénées-Orientales) et de Nekexare (Lecumberry - Pyrénées-Atlantiques) ont dû être déclarés auprès des services de l'Armée car les terrains d'étude se trouvent sous un couloir aérien de vol. (Cf Annexes).

### ***Campement d'altitude (Enveitg)***

Les 8 années de travail dans la zone centrale du parc National des Pyrénées (Rendu et al, 2016) ont permis d'acquérir une expérience certaine en matière d'organisation et de gestion de campements d'altitude en autosuffisance. Lors de ces différents chantiers, une attention particulière a été portée au respect de l'environnement, à ce que la présence des membres du programme TAHMM soit la moins marquante et qu'elle impacte le plus légèrement possible l'environnement. Ce sont également

ces mesures qui ont été suivies sur le chantier du replat de l'Auloueilh dans la Réserve Naturelle d'Aulon en 2022 (Calastrenc et al, 2022) et qui ont été appliqués lors du campement organisé sur Enveitg en 2023 (Fig. 18).

### **Impact environnemental**

Pour limiter l'impact de la présence des membres du programme TAHMM pendant les 4 jours de ce chantier il a été décidé de n'utiliser que des assiettes, bols et verres en carton. Facilement recyclables, ces objets ont été triés et jetés, au retour du terrain, dans des conteneurs appropriés. Le papier toilette est biodégradable CAO.

### **Usage de l'eau**

Travailler sur le secteur du Collet de la Mula à Enveitg au mois de septembre est un déficit car l'eau se raréfie et la douve est présente sur le



Fig. 17 - Acquisition drone - Enveitg - Secteur du Collet de la Mula (© Christine Rendu)



site. L'eau des ruisseaux coule peu et ne pouvaient être utilisé pour la boisson et l'alimentation qu'après un traitement chimique. Pour s'assurer de pouvoir disposer d'une eau potable, simplifier la gestion de l'eau, et ce uniquement parce-que ce chantier était de très courte durée (4 jours), il a été décidé de monter 100 kg d'eau conditionnés dans des poches souples dédiées à cet effet.

### Gestion de l'énergie

Concernant les besoins énergétiques, tout le matériel avec toutes les batteries supplémentaires disponibles a été monté chargé. L'éclairage a été fourni par des lampes solaires.

Il s'agit ici d'un point noir dans l'organisation de ce type de chantier de courte durée. Pour un

chantier de sondage ou de fouille qui nécessite plusieurs semaines de présence, le transport d'un générateur est nécessaire. Ici, les besoins étaient bien plus réduits. Les batteries ont donc été monté chargées et tout le travail a été réalisé jusqu'à la limite des capacité énergétique de celles-ci. Toutefois, grâce à une subvention MITI (Mission pour les Initiatives Transversales et Interdisciplinaires) du CNRS, après ce marathon archéologique, une station énergétique solaire équipés de deux panneaux solaire de 2m<sup>2</sup> chacun a été achetée. Elle permettra d'être écologiquement acceptable. Elle permettra une plus grande liberté d'action et avec sa batterie de 2048 Wh, elle fournira toute l'énergie nécessaire à ce type de campement en auto-suffisance.



Fig. 18 - Campement d'altitude - Collet de la Mula (Enveitg - Pyrénées-Orientales) (© à gauche : C. Calastrenc ; à droite : C. Rendu)



## Sécurité

Le collet de la Mula à Enveitg est couvert par le réseau téléphone et internet. En cas de problème, il est possible d'appeler les secours. De plus, un contact dans la plaine Cerdagne pouvait être contacter en cas d'urgence. En cas d'urgence, nous disposons également d'une trousse de secours conçue pour les Secouristes et Sauveteurs du Travail (SST) qui comporte différents modules organisés par types de soins. Ce matériel est conditionné pour les besoins d'un groupe de 12 à 15 personnes.

De plus, Carine Calastrenc est SST (Sauveteur

Secouriste du Travail) formée par le CNRS et apte à porter les premiers secours. (Fig. 19)



Fig. 19 - Campement d'altitude - Collet de la Mula (Enveitg - Pyrénées-Orientales) (© en haut à gauche : J.-P. Calastrenc ; en haut à droite : C. Calastrenc ; en bas de droite à gauche : C. Calastrenc)



## CHAPITRE 3

### Acquisitions, traitements et analyses des données primaires

#### Un programme en constante évolution

Dans le cadre du programme TAHMM, le déploiement des appareillages non-invasifs pour de la prospection en haute montagne s'est déroulé de façon progressive afin de maîtriser au fur et à mesure les procédures d'acquisition et de traitement (Fig. 21).

Débuté en 2018 par la photogrammétrie et la thermographie, au fil des ans, ce programme s'est élargi au lidar par drone et à l'XRF (2019), au magnétomètre (2020), au capteur multispectral par drone (2022) et au géoradar (2023).

Cette insertion progressive des appareillages a permis l'établissement de « bonnes » pratiques lors de l'acquisition et de revoir certaines chaînes de traitement (cf. Calastrenc et al, 2019). Certains outils sont maintenant utilisés en routine comme la photogrammétrie ou la thermographie. D'autres sont encore en cours d'amélioration comme le Lidar ou l'imagerie multispectrale. Enfin certaines technologies sont venues compléter le panel d'outils utilisables comme la télédétection satellitaire ou le Lidar HD de l'IGN. (Fig. 20)

Toutefois, dans l'esprit de ce programme, rien ne reste figé et chaque acquisition est l'occasion de

revoir les méthodes d'utilisation des appareillages et/ou de traitement des données. Rien n'est figé. Rien c'est acquis.



Fig. 20 - Acquisition géoradar - Enveitg - Secteur du Collet de la Mula (© Jean-Pierre Calastrenc)



	Echelle d'analyse	Année acquisition	Année mise en œuvre	Collet de la Mula						
				Plaa de l'orri	Collet de la Mula	L'Artigue	Avays	Auloueilh		
Satellite	Massif	Télédetection	2019, 2020, <b>2023</b>	2019	v	v	v	v	v	
		Lidar	HD IGN	Gratuit	<b>2023</b>	<b>2023</b>	<b>2023</b>	<b>2023</b>	<b>2023</b>	
Drone	Quartier d'estive	Lidar	Yellowscan - Mapper II	2018	2019	-	-	-	2019, 2021	
			Photogrammétrie	Pixy (Lab. MOM - UMR 5133)	-	2007	-	-	-	-
		Photogrammétrie	Parrot Anafi	2018	2019	2019	v	-	-	2018
			DJI Mavic	2019	2019	2019	v	-	-	2019
			DJI Mavic 3	<b>2023</b>	<b>2023</b>	-	<b>2023</b>	<b>2023</b>	-	-
		Thermographie	Flir T620	2012	2018, 2019	2018	v	-	-	2018
			Flir Lepton (Parrot Anafi Thermal)	2019	2021, 2022	-	-	-	-	2021, 2022
			Microbolomètre Vox non refroidi (DJI Mavic 3)	<b>2023</b>	<b>2023</b>	-	<b>2023</b>	<b>2023</b>	-	<b>2023</b>
		Multispectral	DJI Phantom 4 multispectral	2018	2021, 2022, <b>2023</b>	-	<b>2023</b>	-	-	2022, <b>2023</b>
Géophysique	Structure	Magnétomètre	GSM-19	2017	2021, 2022, <b>2023</b>	-	<b>2023</b>	-	2012, 2022, <b>2023</b>	
		Géoradar	GSSI SIR 4000	2017	2022, <b>2023</b>	-	<b>2023</b>	-	-	



Caractéristiques techniques

Montarrouyes	Liantran	Anéou	Nekexare		
v	v	v	-	Résolution spatiale (taille du pixel en m)	0,5
				Mode d'acquisition	Tri-stéréo
				Surface totale couverte (km <sup>2</sup> )	1241
<b>2023</b>	<b>2023</b>	<b>2023</b>	<b>2023</b>	Densité moyenne sol (pt/m <sup>2</sup> ) - Terrain dégagé	20
v	v	v	v	Surface totale couverte (hectares)	10618,96
-	-	-	-	Résolution (pt/m <sup>2</sup> )	343
				Surface totale couverte (hectare)	5,82
-	-	2007	-	Résolution (taille du pixel en m)	0,1
		v		Surface totale couverte (hectare)	21,62
-	-	-	-	Résolution (taille du pixel en m)	0,02
				Surface totale couverte (hectare)	42,04
-	2018	-	-	Résolution (taille du pixel en m)	0,02
	v			Surface totale couverte (hectare)	28,89
<b>2023</b>	-	-	<b>2023</b>	Résolution (taille du pixel en m)	0,01
v			v	Surface totale couverte (hectare)	40,155
-	-	-	-	Résolution image (en pixel)	640 x 512
				Bande spectrale	7,8 à 14 nm
				Gamme température	40°C à 650°C
				Surface totale couverte (hectare)	18,25
-	-	-	-	Resolution image (en pixel)	160x120
				Bande spectrale	8 à 14 nm
				Gamme de température	10°C à 400°C <50 mK
				Surface totale couverte (hectare)	16
<b>2023</b>	-	-	<b>2023</b>	Résolution image (pixel)	640x512
v			v	Bande spectrale	-20°C à 150° C ≤50 mK
				Surface totale couverte (hectare)	40,155
<b>2023</b>	-	-	-	Bande spectrale	bleu (B) : 450 nm ± 16 nm vert (G) : 560 nm ± 16 nm rouge ® : 650 nm ± 16 nm red edge (RE) : 730 nm ± 16 nm proche infraouge (NIR) : 840 nm ± 26 nm
v				Surface totale couverte (hectare)	21,622
-	-	-	<b>2023</b>	Résolution (taille du pixel en m)	0,07
			v	Surface totale couverte (m <sup>2</sup> )	6117
-	-	-	<b>2023</b>	Résolution (taille du pixel en m)	0,05
			v	Surface totale couverte (m <sup>2</sup> )	1298,25



	Echelle d'analyse			Année acquisition	Année mise en œuvre	Plaa de l'orri	Collet de la Mula	L'Artigue	Avays	Auloueilh
Géophysique	Structure	Magnétomètre	GSM-19	2017	2021, 2022, 2023	-	2023 v	-	-	2012, 2022, 2023 v
		Géoradar	GSSI SIR 4000			2017	2022, 2023	-	2023 v	2023
Paléo-environnement	Prélèvement sédimentaire	Chimie des sols	p XRF - Nitron XL3t 980	Mesure in situ						
				2017	2018, 2019, 2021	2018, 2019 v	-	-	-	2020 v
		Paléo-parasitologie et ADN sédimentaire	Collaboration avec Mathieu Le Bailly (UMR 6249)	Carottage manuel pour traitement en laboratoire						
				2023	2023	-	2023 v	-	-	2023 v
Sédimentologie	Collaboration avec Josu Narbarte Hernández (Université de Vitoria Gasteiz - Espagne)	2024								
				-	-	-	-	-		

Fig. 20 - Tableau présentant les différentes méthodes mises en œuvre dans le cadre du programme TAHMM depuis 2018



Montarrouyes	Liantran	Anéou	Nekexare		
-	-	-	<b>2023</b>	Résolution (taille du pixel en m)	0,07
-	-	-	<b>V</b>	Surface totale couverte (m <sup>2</sup> )	6117
-	-	-	<b>2023</b>	Résolution (taille du pixel en m)	0,05
-	-	-	<b>V</b>	Surface totale couverte (m <sup>2</sup> )	1298,25
-	-	-	-	Nb point de mesure	82
-	-	-	-	Nb de mesure (en Z)	338
-	-	-	-	Surface totale couverte (m <sup>2</sup> )	94
-	-	-	<b>2023</b>	Nb carottage	7
-	-	-	<b>V</b>	Nb mesure (1 mesure tous les 2 cm)	150
-	-	-	-	Nb de structure inspectées	7
-	-	-	-	Superficie documentée (m <sup>2</sup> )	352
-	-	<b>Prévu</b>	<b>Programmé</b>		
-	-				



# Rapport de traitements pour la campagne de photogrammétrie par drone du programme TAHMM 2023

François Baleux 2023. CNRS - Laboratoire TRACES – UMR 5608 – Plateforme ArchéoScience.

## Introduction

Dans le cadre du projet TAHMM, une campagne aérienne par drone a été conduite sur 6 sites des Pyrénées en septembre et octobre 2023. Ces acquisitions visent à produire des MNS et des orthoimages de grande précision afin que les analyses qui se fonderont sur ces données soient les plus robustes possibles.

Pour le post-traitement des levés GPS comme pour les traitements photogrammétriques, des données chiffrées permettront au lecteur de s'assurer que la plus grande attention a été portée sur la précision, la fidélité et la justesse des données métriques.

Ce rapport décrira site par site le résultat des divers traitements.

## Généralités pour toutes les zones d'étude

### Drone et logiciel utilisés pour la photogrammétrie

Le drone utilisé est un DJI Mavic 3 de la série « Entreprise ». Il est équipé d'un capteur optique de  $\frac{3}{4}$  pouces de diagonale qui produit des images de 20 Mpx, exactement 5280x3956 pixels, au format jpeg. Ce sont ces images jpeg qui ont été utilisées pour les traitements photogrammétriques.

Tout le processus a été réalisé avec le logiciel Metashape de l'éditeur Agisoft. Ce logiciel, assez simpliste à ses débuts, permet maintenant de contrôler précisément de nombreux paramètres et particulièrement lors de l'optimisation de la position et de l'orientation des images et de l'estimation de la distorsion de l'appareil photo lors de la phase de calibration. Peu de logiciels autorisent ces ajustements et à l'heure actuelle, seul MicMac peut se prévaloir d'une chaîne de traitements incluant l'estimation d'une distorsion optique complexe. Si dans le passé, MicMac dépassait largement en terme de métrologie - au prix d'une expertise de ses nombreux paramétrages absolument nécessaire - ce que pouvait espérer les logiciels commerciaux ce n'est plus le cas actuellement (Cutugno, Robustelli, et Pugliano 2022). Metashape atteint les standards de précisions de MicMac avec une facilité d'utilisation sans commune mesure. L'intégration récente de MicMac dans Meshroom est prometteuse mais demande des investigations poussées avant de faire le pas vers cet outil.

En ce qui concerne le projet TAHMM, la photogrammétrie à partir des images acquises



par drone suit un processus excessivement rigoureux que le plateau technique P5 TIG-3D de la plateforme ArchéoScience du laboratoire TRACES a développé depuis des années à partir d'un document de référence de l'USGS mis à jour régulièrement (Over et al. 2021).

L'objectif est d'obtenir une RMSE<sup>1</sup> inférieure à 0.3 pixel avec une erreur maximale de l'ordre du pixel pour s'assurer de la meilleure qualité pour les cartes de profondeurs et par extension, le MNS et les orthoimages.

### Les levés topographiques « GPS »

#### Les récepteurs GNSS

Pour tous les sites, des cibles au sol ont été levées au GPS en mode différentiel et un post-traitement a été appliqué pour permettre d'atteindre une précision de l'ordre du centimètre. Les détails seront donnés dans la partie GPS.

Ce levé topographique a été réalisé avec deux récepteurs GNSS (que nous appellerons abusivement «GPS») de la marque Trimble, modèle R2. Ces appareils ont été utilisés en mode «Base-Mobile» avec post traitement. Cela consiste à mettre en acquisition un des GPS sur un trépied lourd pendant toute la durée de la mission dans une zone dégagée, ce GPS sera

<sup>1</sup> Il s'agit de l'erreur quadratique moyenne entre la position des points homologues sur les images et leur position après reprojection de points 3D créés. C'est un estimateur de la qualité du modèle en comparant les valeurs réellement observées et les valeurs prédites par le modèle.

considéré comme la Base, et d'utiliser l'autre GPS pour mesurer différents points, c'est le Mobile. Dans la suite de ce rapport, ce sont ces termes de «Base» et «Mobile» qui seront utilisés pour identifier les récepteurs.

Les paramètres d'acquisition pour les récepteurs du laboratoire TRACES sont les suivant :

- Base: Enregistrement 1Hz (un par seconde) sur le récepteur en mode « Statique Rapide » avec poursuite du signal GNSS des constellations GPS L1+L2, Glonass, Galileo, QZSS et BeiDou.
- Mobile: Enregistrement 1Hz (un par seconde) sur le récepteur en mode Cinématique PT avec poursuite du signal GNSS des constellations GPS L1+L2, Glonass, Galileo, QZSS et BeiDou.

La durée d'acquisition avec le mobile varie en fonction des points levés. Pour des points de référence, il est préconisé une durée de 3 minutes ou 180 acquisitions.

Ces paramètres favorisent une acquisition de précision mais obligent pour le mobile à utiliser un trépied léger pour le maintenir parfaitement vertical sur le point mesuré pendant plus d'une minute.

#### Les post-traitements

Comme indiqué, le levé topographique a été réalisé selon la méthode Base-mobile avec post-



traitement. Les données acquises par un récepteur GNSS sont entachées d'erreurs diverses provenant de différentes sources. Afin de les corriger au mieux, la méthode consiste en une correction des coordonnées de la base à partir de stations de références, puis le logiciel affecte les mêmes corrections aux données mobiles.

Le logiciel Trimble Business Center est utilisé pour traiter les données. Il s'agit du logiciel de référence chez Trimble pour l'ensemble des traitements des données spatiales acquises avec du matériel Trimble ou autre.

Le logiciel compare les coordonnées de quelques stations de références proches de la base et dont il connaît parfaitement les coordonnées avec celles calculées à partir des données satellites sur la période d'enregistrement de la base et en déduit les corrections à apporter pour corriger les différences entre coordonnées calculées et coordonnées de référence. Le logiciel corrige ensuite les coordonnées de la base à partir des corrections affectées aux stations de références.

## ***Le secteur « Collet de la Mula » (Enveitg - Pyrénées-Orientales)***

### *Corrections différentielles des données GPS*

La base a été positionnée sur le même emplacement pendant 6H08 en 3 acquisitions espacées de quelques minutes. Les coordonnées de la base ont été corrigées avec 2 stations RGP de l'IGN éloignées d'environ 45 km, celle de Fillois qui est un site du CNRS - Université Montpellier II - Laboratoire Dynamique de la Lithosphère et celle de Mercus-Garrabet qui appartient au réseau de positionnement TERIA. Le premier calcul des longueurs des base donne des précisions horizontales allant de 8 à 20 mm et verticales de 35 à 95 mm. Comme les données sont redondantes avec deux stations de références, un ajustement a été appliqué avec des précisions finales de 4 mm en X et Y et 20 mm en Z pour les coordonnées de la Base. (Fig. 22)

Après correction des points « mobiles » c'est-à-dire les centres des cibles utilisées pour la photogrammétrie, les précisions en XY sont de 6 mm et entre 7 et 8 mm en Z pour une RMSE de 6 mm en XYZ. Les distances entre les cibles et la Base vont de 15 m à plus de 140 m pour la plus éloignée. (Fig. 23)

Les coordonnées en RGF93 – Lambert 93 de ces points seront utilisées dans le logiciel Metashape pour basculer les coordonnées



Résultats du traitement						
Enre	Observation	Type de s	Précision horizon	Précision vert. (95)	RMS	Longueur
<input checked="" type="checkbox"/>	FILF --- STATION-1	Fixe	0.010	0.042	0.028	45230.665
<input checked="" type="checkbox"/>	FILF --- STATION-1	Fixe	0.014	0.085	0.027	45230.664
<input checked="" type="checkbox"/>	FILF --- STATION-1	Fixe	0.018	0.081	0.020	45230.662
<input checked="" type="checkbox"/>	MSGT --- STATION-1	Fixe	0.008	0.035	0.028	46421.577
<input checked="" type="checkbox"/>	MSGT --- STATION-1	Fixe	0.012	0.077	0.027	46421.583
<input checked="" type="checkbox"/>	MSGT --- STATION-1	Fixe	0.020	0.095	0.025	46421.589

Fig. 22 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite)

depuis le système GNSS WGS84 vers le système légal.

d'altitude. Les images sont acquises avec les coordonnées données par la centrale GNSS du drone dans le système WGS84.

Aérotriangulation

Pour tous les sites, le processus de photogrammétrie est le même.

857 images ont été acquises avec le drone pour des altitudes allant de 2103 m (au sol) à 2232 m

- Mise en place des images en qualité très haute

<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 117	Fixe	0,006	0,007	0,006	39,103
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 118	Fixe	0,006	0,007	0,006	96,156
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 120	Fixe	0,006	0,007	0,006	40,465
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 122	Fixe	0,006	0,007	0,006	15,869
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 124	Fixe	0,006	0,007	0,006	36,122
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 126	Fixe	0,006	0,007	0,006	62,984
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 129	Fixe	0,006	0,007	0,006	78,891
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 130	Fixe	0,006	0,007	0,006	104,975
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 133	Fixe	0,006	0,007	0,006	106,833
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 134	Fixe	0,006	0,007	0,006	104,614
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 136	Fixe	0,006	0,008	0,006	77,167
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 141	Fixe	0,006	0,008	0,006	95,879
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 146	Fixe	0,006	0,008	0,006	83,366
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 148	Fixe	0,006	0,007	0,006	110,648
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 150	Fixe	0,006	0,007	0,006	140,984
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 154	Fixe	0,006	0,007	0,006	128,310
<input checked="" type="checkbox"/>	STATION-1 --- 156	Fixe	0,006	0,008	0,006	121,251

Fig. 23- Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées



- Présélection générique pour accélérer le processus,
- Présélection par références pour utiliser les coordonnées des images provenant du GPS du drone.
- Limite de points remarquables à 60 000
- Limite des points homologues à 0 : Pas de limite pour la recherche de points homologues

Avec ces paramètres, des millions de points homologues sont détectés. Plus de 3.7 millions de points (Mpts) pour ce projet en Cerdagne. Le temps de calcul est long, malgré un ordinateur récent équipé d'un processeur i7, de 64 Go de ram et d'une carte graphique RTX 3000. Il a fallu 3 heures et 10 minutes pour réaliser cette étape.

L'étape suivante est l'introduction des points de repères. Après avoir détecté et/ou pointé les repères sur les cibles dans les images, leurs coordonnées sont importées. Il s'agit de coordonnées en RGF93 – Lambert 93 calculées dans la phase de post traitement des données GPS.

Une optimisation avec calibration est réalisée de manière itérative en enlevant progressivement les points homologues les moins robustes afin d'obtenir les meilleures positions et orientations des images avec une bonne estimation de la distorsion optique de la caméra du drone.

Cette optimisation permet d'obtenir un modèle photogrammétrique très robuste avec des

erreurs sur la reprojection des points homologues inférieure à 0.3 pixel pour l'erreur quadratique moyenne (RMS) et autour du pixel pour la valeur maximale. La RMS représente la distance exprimée en pixel entre la position sur les images des points homologues et la position de leurs reprojections sur l'image en considérant le point 3D calculé. L'erreur maximale, est la valeur maximale des distances de reprojections et indique pour la dispersion des erreurs. Si l'intervalle de confiance est grand, cela veut dire que pour certains points homologues, l'algorithme calcule une mauvaise position du point 3D. Pour limiter au maximum les « faux » points homologues, une valeur proche du pixel est recherchée cette valeur maximale. Avant l'optimisation, l'erreur RMS, exprimée en pixel est légèrement supérieure à 1 pixel avec une valeur maximale de 78 pixels. Après optimisation, en ne gardant que les 145000 points homologues les plus robustes, la RMS est de 0.26 pixel avec une valeur maximale de 1.2 pixels.

Cette optimisation permet aussi d'affiner les erreurs sur les coordonnées des cibles. Systématiquement, 3 cibles sont utilisées comme valeurs de vérification et ne sont pas utilisées dans le calcul du modèle. Le but est d'obtenir l'erreur la plus petite sur les coordonnées des cibles et sur les points de vérification. Avant la phase d'optimisation, l'erreur métrique est de 5.4 cm sur les 14 cibles et de 7 cm sur les 3 cibles de vérification. Après optimisation, l'erreur moyenne sur les cibles est



inférieure au cm et est de l'ordre de 2 cm pour les points de vérification.

Les résultats sur les erreurs de reprojection ainsi que sur les positionnements des points de référence et de vérification indiquent que l'optimisation a été très efficace et que le modèle photogrammétrique est particulièrement robuste.

Cette étape a duré environ 2 heures. De nombreuses itérations ont été nécessaires.

A partir de ce modèle d'aérotriangulation et de calibration optique, les différentes données de la suite du processus de photogrammétrie, le nuage dense, le modèle numérique d'élévation et l'orthoimage, peuvent être calculées en confiance. (Fig. 24)

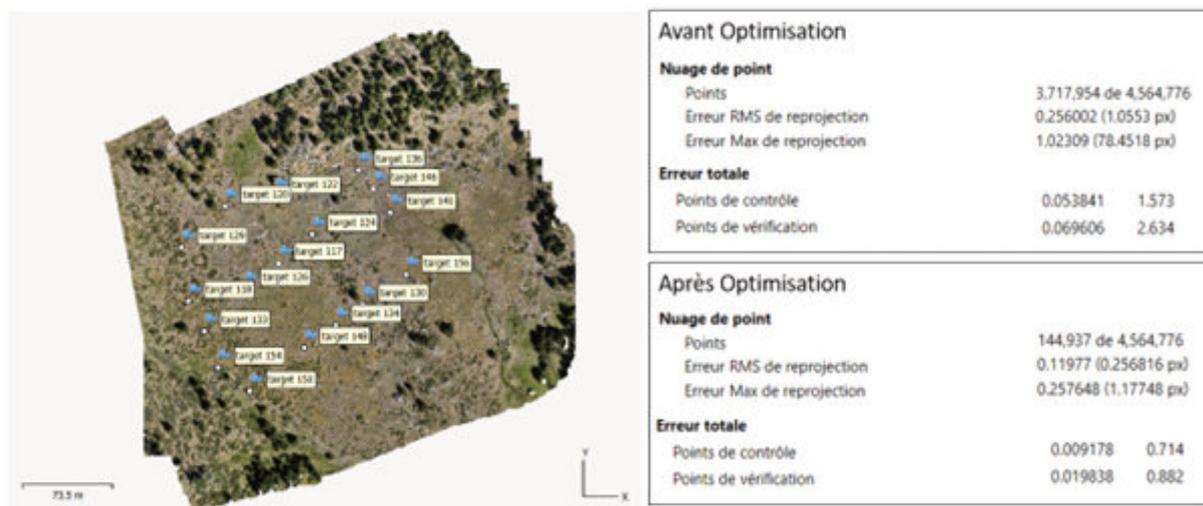


Fig. 24 - Position des points de référence et valeurs des erreurs avant et après la phase d'optimisation. « Nuage de point » correspond aux erreurs de reprojection sur les images tandis que « Erreur totale » décrit les erreurs des positionnements des points de repères exprimées en mètre et en pixel.

### Produits dérivés

Un nuage dense a été calculé en utilisant les paramètres suivants :

- Qualité haute
- Filtrage modéré
- Calculer la couleur des points
- Calculer la confiance des points

En raison du nombre d'images, plus de 800, le logiciel a pris beaucoup de temps malgré la

puissance de l'ordinateur utilisé, processeur i7 12ème génération, 64 Go de ram et une carte graphique dédiée Nvidia RTX 3000. Le calcul des cartes de profondeur a pris 1 heure et 48 minutes et la génération du nuage dense a demandé 8 heures 35 minutes.

Le nuage dense obtenu est composé de plus de 123 Mpts. Il n'est pas utilisé directement dans la suite des traitements, il sera utilisé ultérieurement pour des études sur la précision



et l'incertitude que mène la plateau P5 TIG-3D du laboratoires TRACES.

Après le nuage dense, un modèle maillé a été produit avec les paramètres suivants :

- Surface arbitraire 3D
- Cartes de profondeur comme source
- Interpolation

Il a fallu un peu plus d'une heure au logiciel pour réaliser le modèle 3D maillé de 23 millions de faces et 46 minutes de plus pour créer une texture de 8k en mosaïquant les images.

Ce modèle maillé de plus de 23 Mfaces a été utilisé pour produire le modèle numérique d'élévation à la résolution de 2 cm/pixel ainsi que l'orthoimage de la zone avec une résolution de 1 cm.

Cette orthoimage a aussi été produite à la résolution de 2 cm afin de pouvoir être utilisée plus aisément. En effet, à 1cm/px l'image pèse 4.2 Go.

## Secteur de L'Artigue

### Corrections différentielles des données GPS

La base a été positionnée sur le même emplacement pendant 5H25 en 1 seule acquisition. Les coordonnées de la base ont été corrigées avec 3 stations RGP de l'IGN éloignées d'environ 35, 44 et 47 km, celle de Sauveterre de Comminges (BARY) qui appartient au réseau de positionnement TERIA , celle de Saint-Gaudens (STGS) qui appartient au réseau de positionnement SAT-INFO et celle de Lannemezan (CRAL) qui est un site du CNRS - UMR5562 « Observatoire Midi-Pyrénées » - Dynamique terrestre et planétaire. Le premier calcul des longueurs des base donne des précisions horizontales allant de 6 à 8 mm et verticales de 37 à 50 mm. Comme les données sont redondantes avec trois stations de références, **un ajustement a été appliqué en prenant les deux meilleures stations, BARY et STGS, avec des précisions finales de 3 mm en X et Y et 3 mm en Z pour les coordonnées de la Base.** (Fig. 25)

Après correction des points « mobiles » c'est-à-dire les centres des cibles utilisées pour la photogrammétrie, les précisions en XY des coordonnées des cibles (points dont le nom est 1XX) sont comprises entre 7 mm et 11 mm et entre 13 et 18 mm en Z pour une RMSE de 4 mm en XYZ. Les distances entre les cibles et la Base vont de 9 m à plus de 150 m pour la plus éloignée. (Fig. 26)



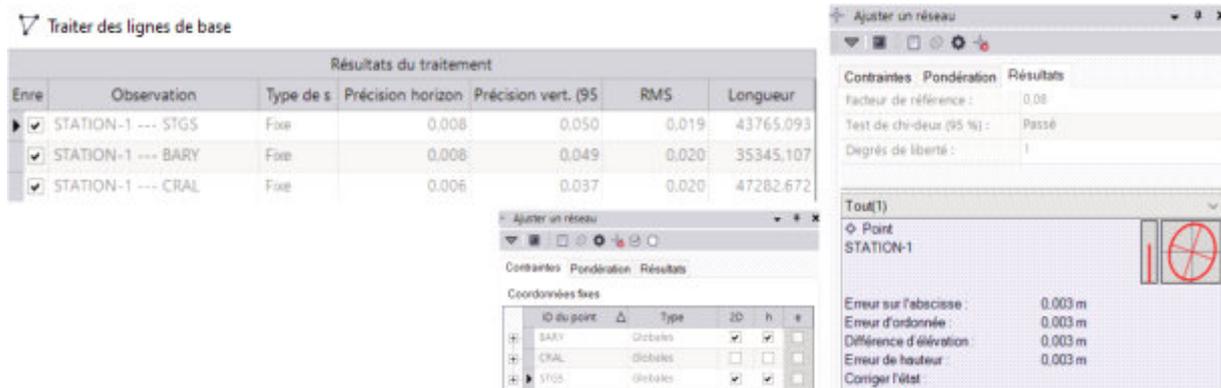


Fig. 25 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et le résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite)

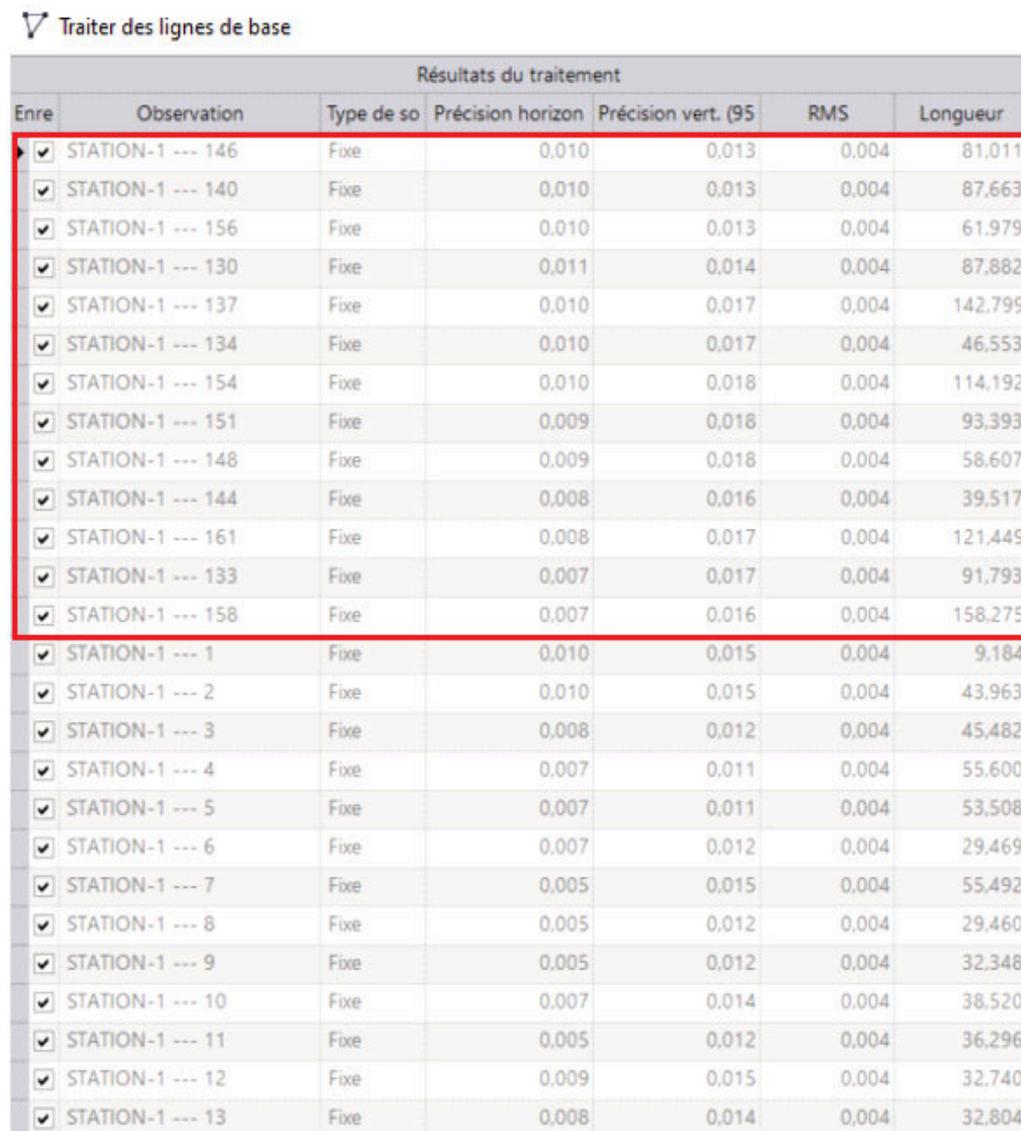


Fig. 26 - Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées)



## Secteur du replat de l'Auloueilh

La couverture drone a été réalisée sur 3 zones en 2 journées.

### Corrections différentielles des données GPS

Les levés ont été réalisés sur deux jours, les 9 et 10 septembre 2023. La base a été positionnée sur deux emplacements. La Base du 09/09 « station3 » a été stationnée pendant 4H35 et celle du 10/09 pendant 4 heures. Les coordonnées des deux bases ont été corrigées avec 3 stations RGP de l'IGN éloignées d'environ 40, 46 et 32 km, celle de Sauveterre de Comminges (BARY) qui appartient au réseau de positionnement TERIA, celle de Saint-Gaudens (STGS) qui appartient au réseau de positionnement SAT-INFO et celle de Lannemezan (CRAL) qui est un site du CNRS - UMR5562 « Observatoire Midi-Pyrénées » - Dynamique terrestre et planétaire.

Pour la base « station3 » du 09/09, le premier calcul des longueurs des base donne des précisions horizontales allant de 6 à 8 mm et verticales de 28 à 43 mm. Comme les données sont redondantes avec trois stations de références, un ajustement a été appliqué en prenant les deux meilleures stations, BARY et STGS, avec des précisions finales de 3 mm en X et Y et 2 mm en Z pour les coordonnées de la Base. (Fig. 27)

Après correction des points « mobiles » c'est-à-dire les centres des cibles utilisées pour la photogrammétrie, les précisions en XY des coordonnées des cibles sont comprises entre 6 mm et 7 mm et entre 13 et 15 mm en Z pour une RMSE de 6 mm en XYZ. Les distances entre les cibles et la Base vont de 9 m à plus de 47 m pour la plus éloignée. (Fig. 28)

Pour la base « test » du 10/09, le premier calcul des longueurs des base donne des précisions horizontales allant de 7 à 10 mm et verticales de

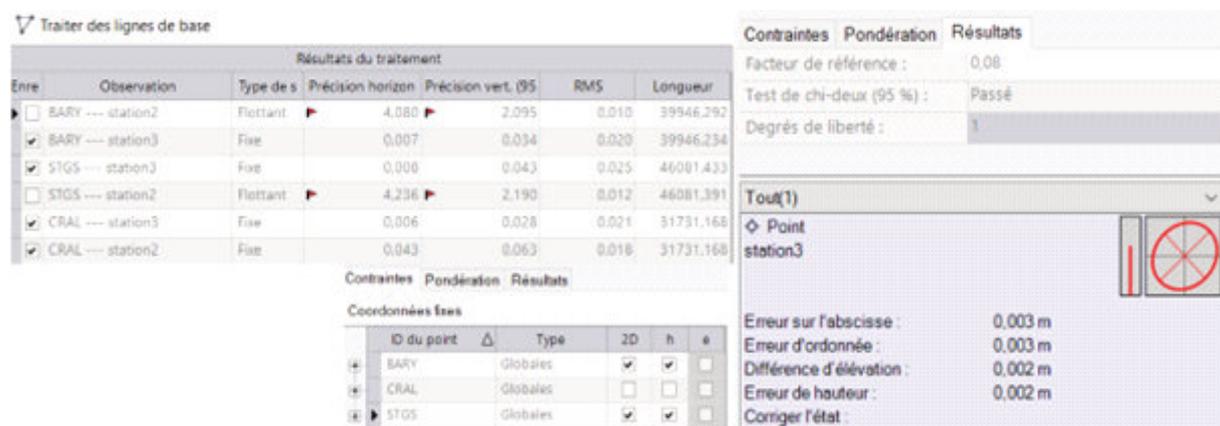


Fig. 27 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et le résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite)



▽ Traiter des lignes de base

Résultats du traitement						
Enre	Observation	Type de so	Précision horizon	Précision vert. (95	RMS	Longueur
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- test	Fixe	0,009	0,013	0,006	1,579
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- tesu	Fixe	0,010	0,015	0,006	3,990
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 1	Fixe	0,006	0,011	0,006	14,132
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 2	Fixe	0,006	0,011	0,006	30,342
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 3	Fixe	0,007	0,011	0,006	35,514
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 4	Fixe	0,007	0,011	0,006	23,490
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 5	Fixe	0,007	0,013	0,006	13,908
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 6	Fixe	0,007	0,013	0,006	30,297
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 7	Fixe	0,007	0,013	0,006	35,571
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 8	Fixe	0,007	0,013	0,006	23,507
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 137	Fixe	0,007	0,013	0,006	20,942
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 142	Fixe	0,007	0,014	0,006	24,153
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 156	Fixe	0,007	0,014	0,006	38,805
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 140	Fixe	0,007	0,014	0,006	36,698
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 145	Fixe	0,007	0,014	0,006	17,153
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 147	Fixe	0,007	0,014	0,006	27,342
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 149	Fixe	0,006	0,013	0,006	35,666
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 131	Fixe	0,006	0,013	0,006	45,400
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 150	Fixe	0,006	0,013	0,006	47,747
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 132	Fixe	0,006	0,015	0,006	8,730
<input checked="" type="checkbox"/>	station3 --- 9	Fixe	0,006	0,020	0,006	23,250

Fig. 28 - Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées). Les points entourés sont ceux des cibles utilisées pour la photogrammétrie

33 à 43 mm. Comme les données sont redondantes avec trois stations de références, un ajustement a été appliqué en prenant les deux meilleures stations, CRAL et STGS, avec des précisions finales de 8 mm en X et Y et 17 mm en Z pour les coordonnées de la Base. (Fig. 29)

Après correction des points « mobiles » c'est-à-dire les centres des cibles utilisées pour la photogrammétrie, les précisions en XY des coordonnées des cibles sont comprises entre 7

mm et 8 mm et entre 11 et 12 mm en Z pour une RMSE de 5 mm en XYZ. Les distances entre les cibles et la Base vont de 9 m à plus de 47 m pour la plus éloignée. (Fig. 30)



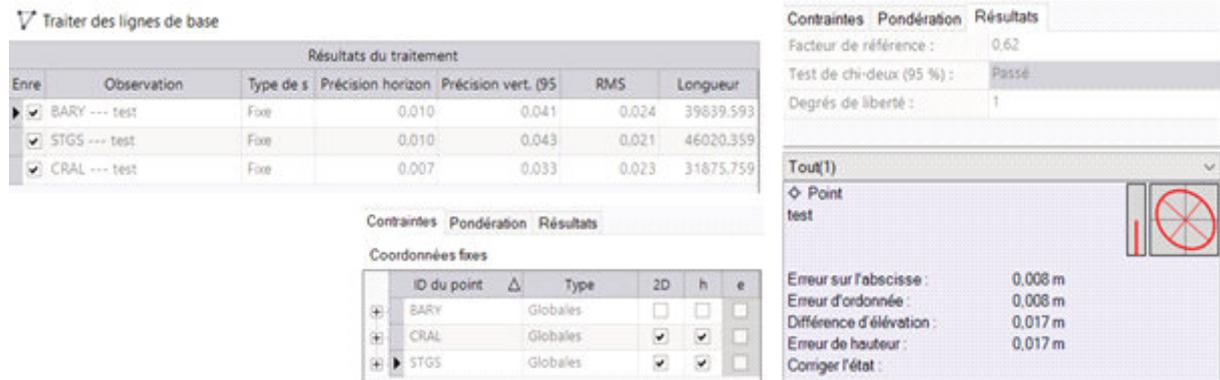


Fig. 29 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et le résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite)

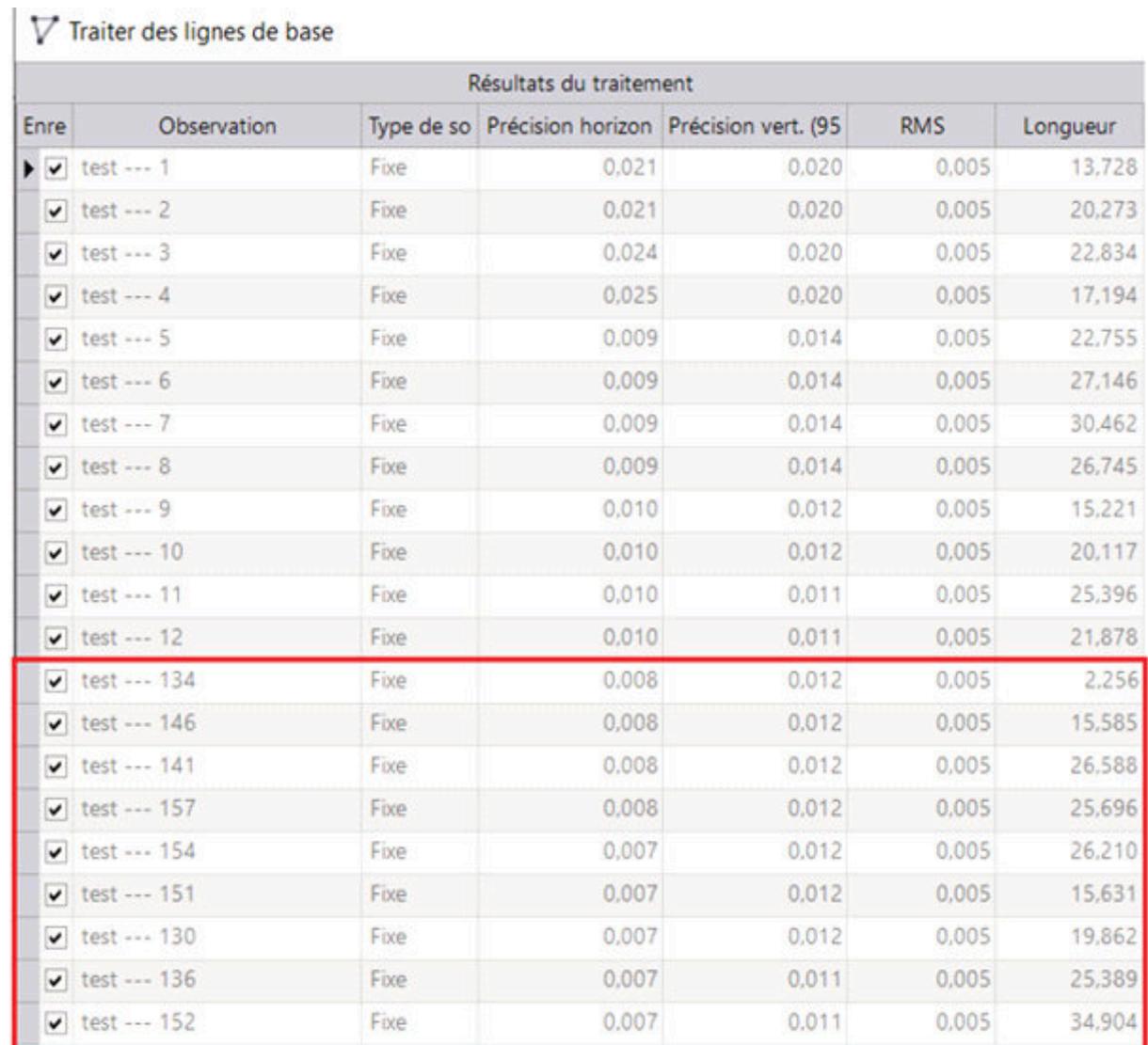


Fig. 30 - Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées). Les points entourés sont ceux des cibles utilisées pour la photogrammétrie



## Secteur de Montarrouyes

### Corrections différentielles des données GPS

La base nommée « station1 » a été positionnée sur le même emplacement pendant 2H32 en 1 seule acquisition. Les coordonnées de la base

ont été corrigées avec 3 stations RGP de l'IGN éloignées d'environ 42, 48 et 34 km, celle de Sauveterre de Comminges (BARY) qui appartient au réseau de positionnement TERIA , celle de Saint-Gaudens (STGS) qui appartient au réseau de positionnement SAT-INFO et celle de Lannemezan (CRAL) qui est un site du CNRS -

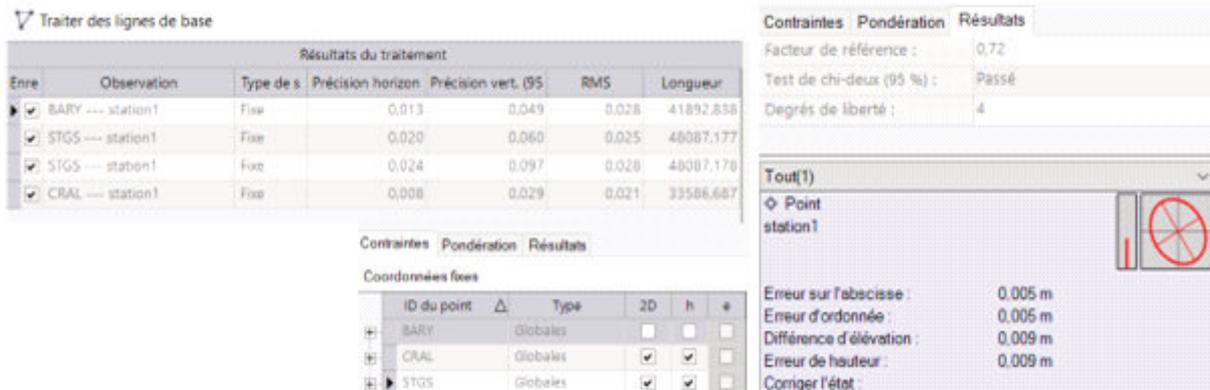


Fig. 31 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et le résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite)

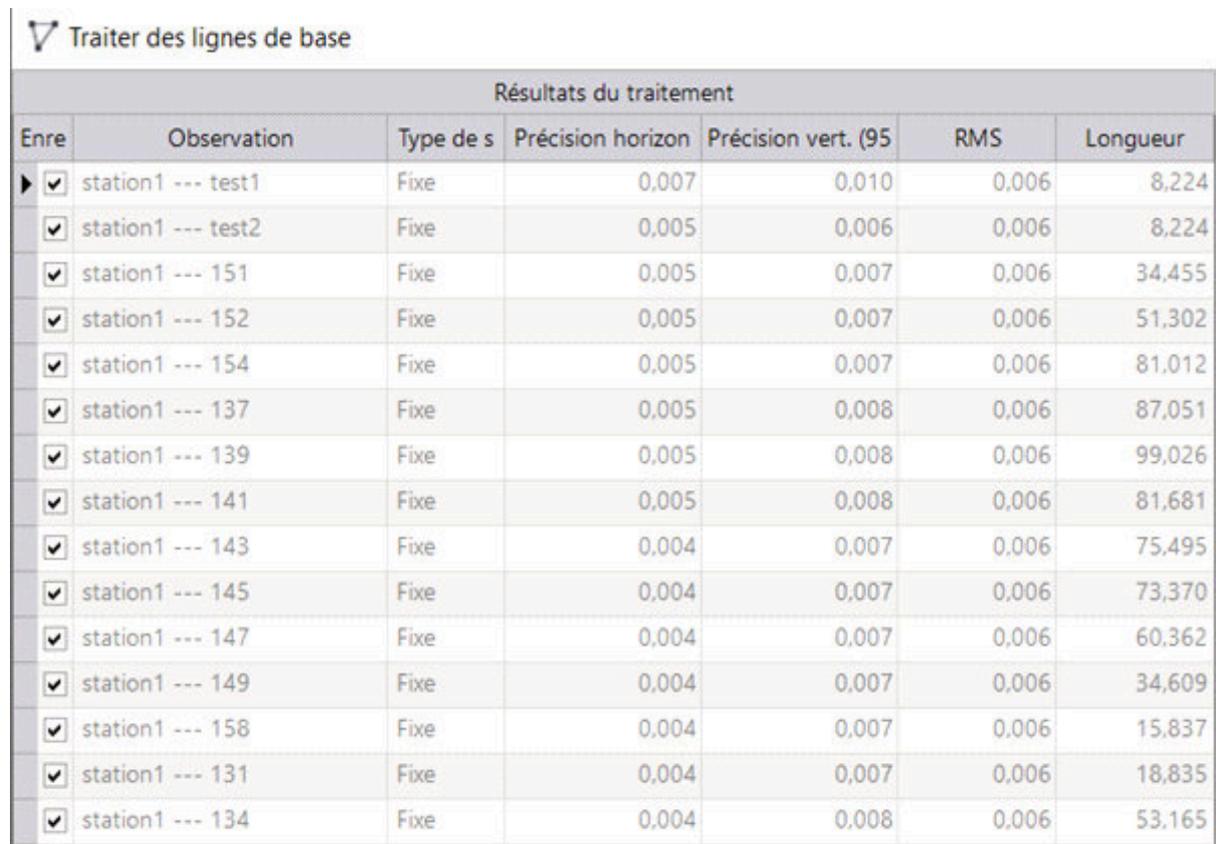


Fig. 32 - Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées).



UMR5562 « Observatoire Midi-Pyrénées » - Dynamique terrestre et planétaire. Le premier calcul des longueurs des base donne des précisions horizontales allant de 8 à 24 mm et verticales de 29 à 97 mm. Comme les données sont redondantes avec trois stations de références, un ajustement a été appliqué en prenant les deux meilleures stations, CRAL et STGS, avec des précisions finales de 5 mm en X et Y et 9 mm en Z pour les coordonnées de la Base. (Fig. 31)

Après correction des points « mobiles » c'est-à-dire les centres des cibles utilisées pour la photogrammétrie, les précisions en XY des coordonnées des cibles (points dont le nom est 1XX) sont comprises entre 4 mm et 5 mm et entre 7 et 8 mm en Z pour une RMSE de 6 mm en XYZ. Les distances entre les cibles et la Base vont de 16 m à près de 100 m pour la plus éloignée. (Fig. 32)

Les coordonnées en RGF93 – Lambert 93 de ces points seront utilisées dans le logiciel Metashape pour basculer les coordonnées depuis le système GNSS WGS84 vers le système légal.

## **Secteur de Nekexare**

Les données GPS du site de Nekexare ont été levées sur deux jours, les 21 et 22 septembre 2023. Le premier jour concerne des coordonnées de points géoradar et le deuxième des points « magnétomètre », « cibles photogrammétrie » et « carottage ».

### Corrections différentielles des données GPS

Comme les levés ont été réalisés sur deux jour, la base a été positionnée sur deux emplacements. La Base du 21/09 « station-1 » a été stationnée pendant 1H48 et celle du 22/09 « station-1 » pendant 3 heures et 2 minutes. Les coordonnées de la base du 21/09 ont été corrigées avec 3 stations RGP de l'IGN éloignées d'environ 7, 29 et 7 km, celle de Iraty (IRAF) qui appartient au CNRS - UMR5562 « Observatoire Midi-Pyrénées » - Dynamique terrestre et planétaire et celles de Mauléon-Licharre (MLLC) et Larrau (IRTY) qui appartiennent au réseau de positionnement TERIA. Les coordonnées de la base du 22/09 ont été corrigées avec les stations de référence de IRTY et MLLC seulement.

Pour la base « station-1 » du 21/09, le premier calcul des longueurs des base donne des précisions horizontales allant de 6 à 19 mm et verticales de 20 à 72 mm. Comme les données sont redondantes avec trois stations de références, un ajustement a été appliqué en prenant les deux meilleures stations, BARY et STGS, avec des précisions finales de 2 mm en X



et Y et 8 mm en Z pour les coordonnées de la Base. (Fig. 33)

Après correction des points « mobiles » du 21/09 c'est-à-dire les centres des points utilisés pour caler le levé du géoradar, les précisions en

XY des coordonnées des cibles sont comprises entre 8 mm et 10 mm et entre 9 et 15 mm en Z pour une RMSE de 8 mm en XYZ. Les distances entre les cibles et la Base vont de 18 m à plus de 43 m pour la plus éloignée. (Fig. 34)

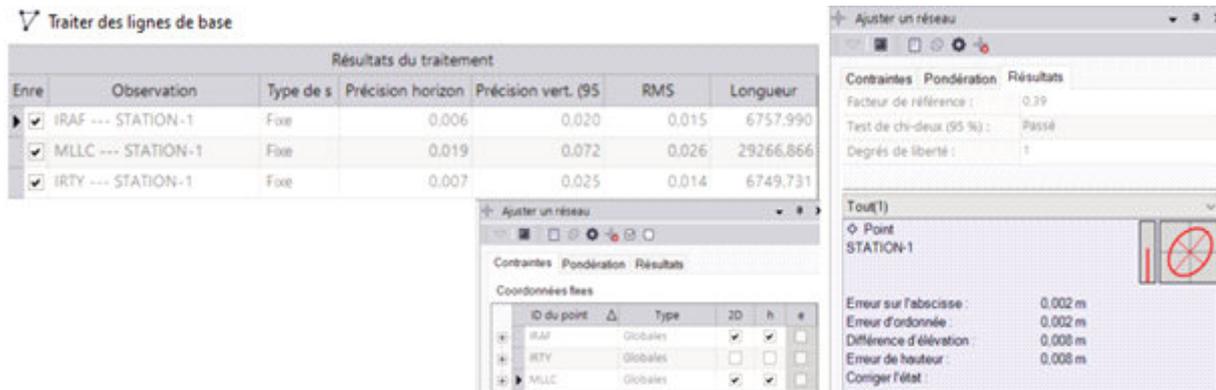


Fig. 33 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et le résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite)

Les coordonnées en RGF93 – Lambert 93 de ces points seront utilisées dans le logiciel Metashape pour basculer les coordonnées depuis le système GNSS WGS84 vers le système légal.

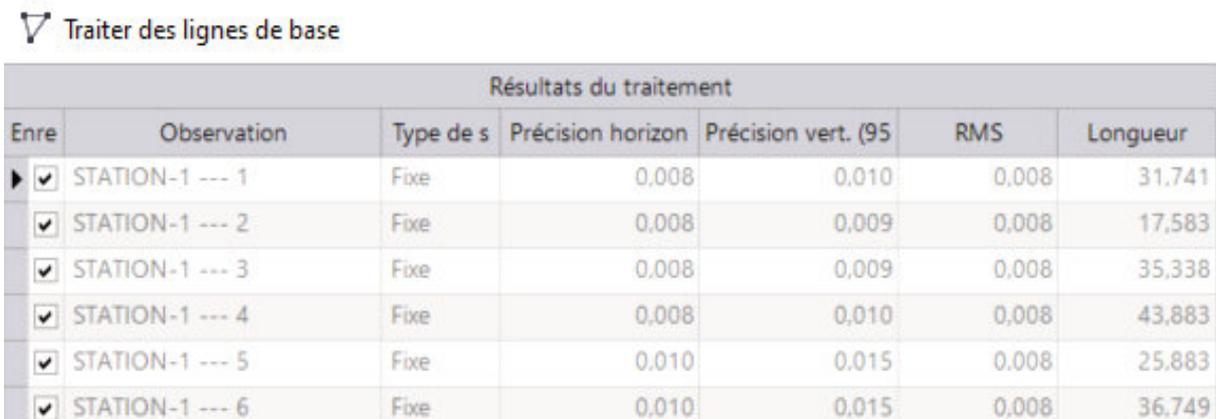


Fig. 34 - Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées).



## Traitement des données lidar HD de l'IGN

Le gouvernement français a mis en place une campagne d'acquisition lidar de l'intégralité du territoire français (métropole, DROM (Département et Région d'Outre-Mer) et des collectivités territoriales uniques (hors Guyane). L'IGN (Institut national de l'information géographique et forestier) a été choisi pour coordonner ce programme. L'objectif était de mettre à disposition gratuitement une couverture lidar à haute densité (10 points par m<sup>2</sup> en moyenne).

Les données sont téléchargeables sur le site suivant : <https://geoservices.ign.fr/lidarhd#telechargementclassifiees>

En 2023, les membres du programme TAHMM ont testé les capacités de détection archéologique de ce lidar sur des secteurs de haute et moyenne montagne. Pour ce faire, sur les secteurs d'Enveitg et d'Anéou, les résultats de l'identification des structures archéologiques réalisée à partir du lidar HD de l'IGN (données classées) ont été comparés aux résultats de prospections pédestres.

### Enveitg

Superficie de la zone d'étude : 16 km<sup>2</sup> (soit 1600 hectares).

**Prospection pédestre** : Christine Rendu  
équipe du GRHAC (1985 - 2003)

Nombre de structures inventoriées : 182

- Abris => 3
- Cabanes => 70
- Couloirs de traite => 5
- Enclos => 38
- Indéterminées => 19
- Murs => 43
- Terrasses => 2

**« Prospection » Lidar HD** : Carine Calastrenc (2023)

Nombre de structures inventoriées : 91

- Cabanes => 5
- Couloirs de traite => 5
- Enclos => 35
- Indéterminées => 36
- Murs => 22
- Terrasses => 18

(Fig. 35)

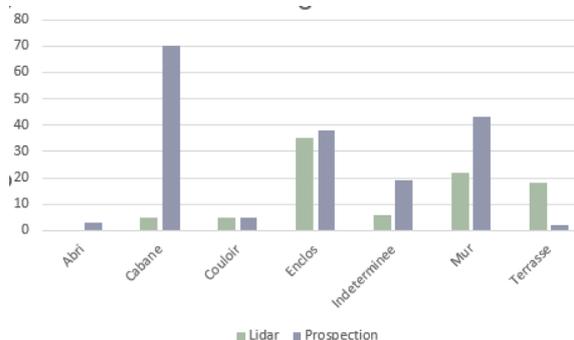


Fig. 35 - Comparaison des structures inventoriées par la prospection pédestre et le Lidar HD de l'IGN sur la montagne d'Enveitg (Pyrénées-Orientales)



## Anéou

Superficie de la zone d'étude : 21 km<sup>2</sup> (soit 2100 hectares).

**Prospection pédestre** : Carine Calastrenc, Mélanie Le Couédic, Christine Rendu (2004-2007)

Nombre de structures inventoriées : 250

- Abris => 5
- Cabanes => 49
- Couloirs de traite => 8
- Enclos => 112
- Indéterminées => 46
- Murs => 29
- Niche => 1

**« Prospection » Lidar HD** : Carine Calastrenc (2023)

Nombre de structures inventoriées : 188

- Abris => 4
- Cabanes => 53
- Couloirs de traite => 10
- Enclos => 102

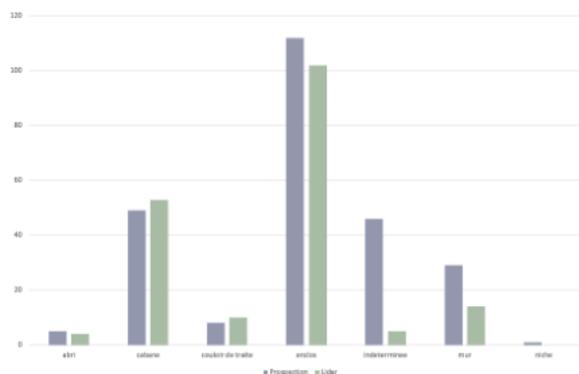


Fig. 36 - Comparaison des structures inventoriées par la prospection pédestre et le Lidar HD de l'IGN sur l'estive d'Anéou (Pyrénées-Atlantiques)

- Indéterminées => 5
- Murs => 14

(Fig. 36)

Un différentiel d'identification entre ces deux technologies semble toucher :

- les **cabanes** : à Enveitg, 70 identifications par la prospection et 5 identifications par le Lidar HD,
- les **abri sous roche** : aucun n'a été identifié avec les données lidar de l'IGN sur Enveitg,
- les **terrasses/murs** : 18 terrasses et 22 murs identifiés par la prospection pédestre sur Enveitg contre respectivement 2 et 43 perçue sur le Lidar HD de l'IGN.
- les **structures indéterminées** : 19 structures identifiées à Enveitg par les prospections pédestres et 36 par le Lidar HD de l'IGN ; 46 structures identifiées sur Anéou en prospection pédestre contre 5 sur les données du Lidar HD de l'IGN.

Aucune **structures sous rocher** n'est perceptible sur des données Lidar quelque soit le vecteur d'acquisition. En effet, pour pouvoir être documenté, il faudrait que des points soit acquis à l'intérieur des structures. Ce qui est impossible. Il est donc normal et logique que ce type de structures échappent totalement au Lidar.



Les **cabanes** sont des structures de petites tailles. Dans son travail de thèse Mélanie Le Couédic regroupe ces structures autour des critères suivants (Le Couédic, 2010, pp. 146-149) :

- Inférieur à 6 m<sup>2</sup>
- Entre 6 et 20 m<sup>2</sup>
- Intérieur rempli
- Possiblement sous rocher

Plus les structures sont de petites superficies et plus elles sont difficiles à identifier sur des Modèles Numériques de Terrain réalisés à partir de données Lidar qui ont un pixel de 25 à 50 cm de côté.

Il en va de même pour les **terrasses**. Elles ne peuvent être identifiées que par le dénivelé et la rupture de pente abrupte qu'elles créent. Toutefois, à partir des données Lidar, il est compliqué de faire la part entre rupture de pente naturelle et anthropique.

Quant aux **structures indéterminées**, elles sont par définition « atypiques », difficiles à classer ou dans des états de conservation très dégradés. Leur lisibilité est donc complexe.

Une différence importante est également observable entre les deux territoires analysés. Sur la montagne d'Enveitg, 50% des structures localisées par prospection pédestre sont visibles sur le lidar HD de l'IGN. Alors que sur l'estive d'Enveitg, 75,2% des structures sont vues par la prospection pédestre et sont identifiables sur le lidar HD de l'IGN. Pourtant, les mêmes types de structures y sont retrouvés. Elles présentent la même variété de leurs états de conservation, de leurs formes, de leurs superficies. Il faut donc chercher ailleurs la raison de cette différence.

L'environnement paraît donc également avoir un impact sur les capacités de détection archéologique. En effet, sur une estive ouverte, essentiellement herbeuse,



Fig. 37 - Paysage - Montagne d'Enveitg (Pyrénées-Orientales) (© Carine Calstrenc)





Fig. 38 - Paysage - Estive d'Anéou (Pyrénées-Atlantiques) (© Carine Calstrenc)

sans grande zone d'éboulis, sans forte densité de blocs et rochers épars (Fig. 38), la conjonction entre les deux méthodes semble plus forte que sur un territoire fortement marqué par la présence de gros blocs épars, d'émergence de la roche mère, d'éboulis (Fig. 37).

La présence plus ou moins importante d'arbres, de végétation basse en ligneuse modifie également les capacités de détection. Même si le Lidar a le formidable intérêt de pouvoir documenter les espaces forestiers, il n'en reste pas moins que la qualité du modèle numérique du terrain sous ces forêts dépend de la date d'acquisition (meilleure en hiver qu'en été), des espèces (meilleure avec des feuillus qu'avec des résineux).

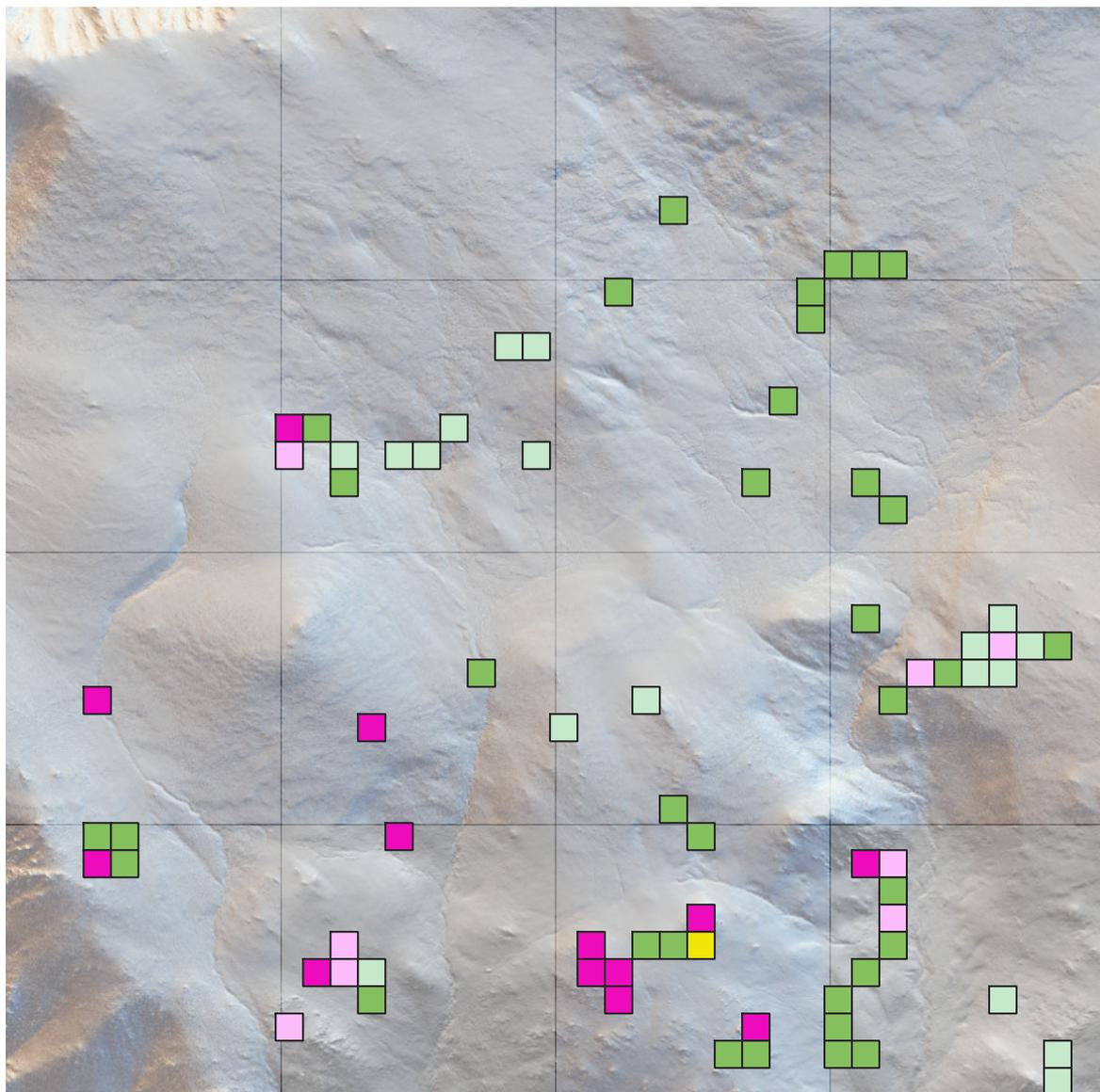
Rapprocher son regard et observer spatialement la localisation des structures identifiées par la prospection pédestre et

celles identifiées avec le Lidar HD de l'IGN permet d'affiner l'analyse.

Pour ce faire, une grille de 50 m de côté a été apposée sur chaque terrain d'étude. Le nombre de structures perçues par la prospection pédestre a été compté pour chaque élément de cette grille. Le même calcul a été effectué pour les structures identifiées sur le Lidar HD de l'IGN. La différence entre ces deux calculs a été indiquée suivant 5 classes (Fig. 39 et Fig. 40) :

- Les concordances strictes entre le Lidar HD et la prospection pédestre,
- Les cellules pour lesquelles ont été identifiées plus de structure perçues par la prospection pédestre.
- Les cellules pour lesquelles ont été identifiées plus de structure perçues par le Lidar HD de l'IGN que par la prospection pédestre.
- Les cellules où les structures ont été uniquement identifiées sur le Lidar HD de l'IGN





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

- Concordance entre le lidar HD de l'IGN et la prospection pédestre
- Plus de structures perçues par le lidar HD de l'IGN
- Plus de structures identifiées par la prospection pédestre
- Structure identifiée uniquement sur le lidar HD de l'IGN
- Structure identifiée uniquement par la prospection pédestre
- Grille (100 m x 100 m)

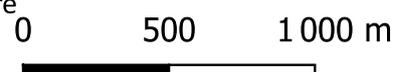
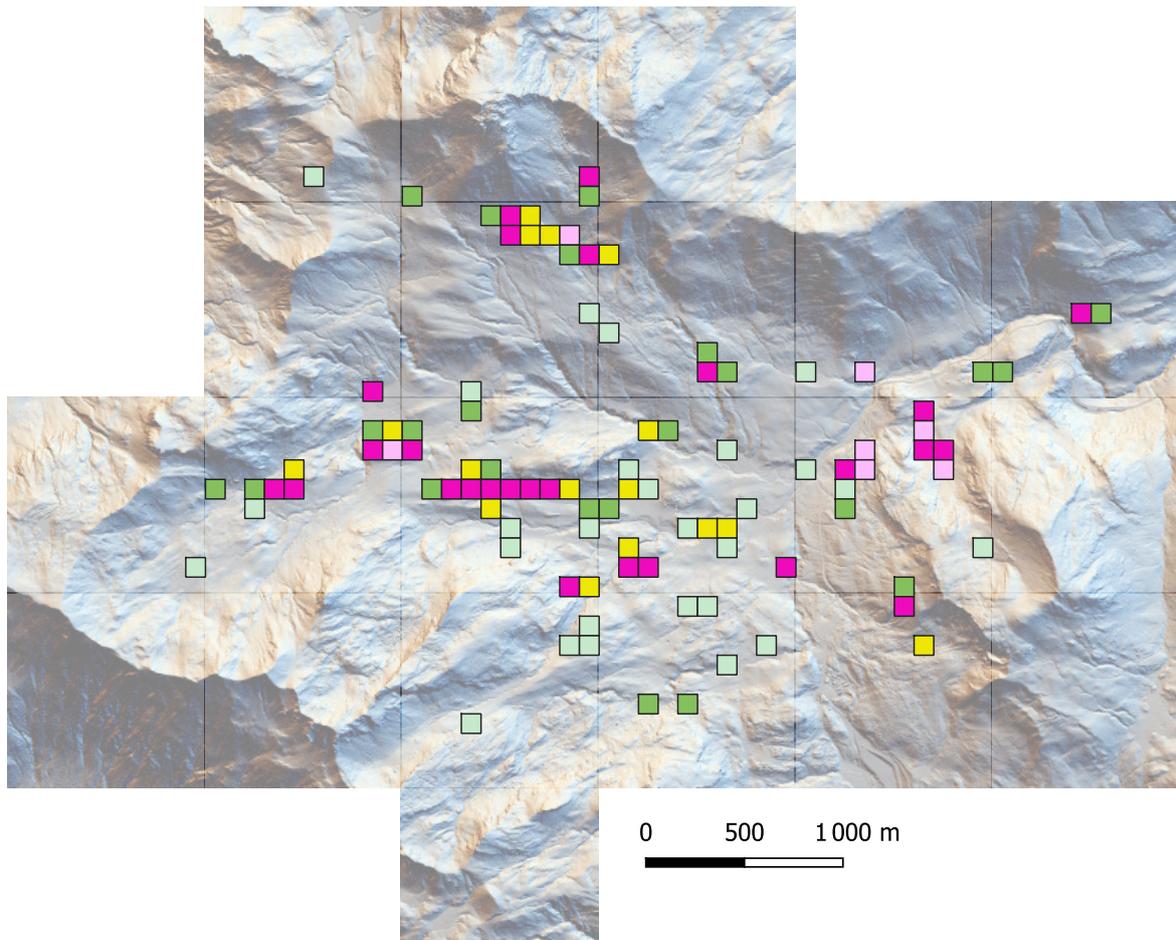


Fig. 39 - Comparaison entre la prospection pédestre et l'analyse des données lidar HD de l'IGN - Montagne d'Enveitg (Pyrénées-Orientales)





**Grille-100m\_Lidar\_HD\_Prospection**

- Concordance entre le lidar HD de l'IGN et la prospection pédestre
- Plus de structures perçues par le lidar HD de l'IGN
- Plus de structures identifiées par la prospection pédestre
- Structure identifiée uniquement sur le lidar HD de l'IGN
- Structure identifiée uniquement par la prospection pédestre

Fig. 40 - Comparaison entre la prospection pédestre et l'analyse des données lidar HD de l'IGN - Estive d'Aneou (Pyrénées-Atlantiques)

- Les cellules où les structures ont été uniquement perçues par la prospection pédestre.

du corpus). Il en va différemment sur l'estive d'Aneou où 16 cellules montrent cette égalité. Cette concordance concerne 44 structures, soit 17,6% du corpus.

Sur la montagne d'Enveitg, la concordance stricte entre les deux méthodes ne concerne qu'une cellule dans laquelle se trouve 1 grands enclos d'époque Moderne (soit 0,5%

Les structures perçues uniquement par la prospection sont de 46 sur l'estive d'Aneou



(soit 18,4% du corpus) et 71 sur la montagne d'Enveitg (soit 39% du corpus).

Les structures identifiées seulement sur le résultat du traitement des données du Lidar HD de l'IGN sont de 42 sur l'estive d'Anéou (soit 16,8% du corpus) et de 32 sur la montagne d'Enveitg (soit 17,6% du corpus).

Les cellules pour lesquelles les deux techniques permettent d'identifier des structures représentent 5,25 hectares sur la montagne d'Enveitg et 8,25 hectares sur l'estive d'Anéou.

Pour les cellules que sont « mieux » documentées par la prospection pédestre, cela concerne 48 structures sur Enveitg (soit 26,3% du corpus) et 148 structures sur l'estive d'Anéou (soit 59,2 % du corpus). Quant aux cellules qui sont « mieux » documentées par le relevé Lidar, elles concernent 31 structures sur l'estive d'Anéou (soit 12,4% du corpus) et 26 structures sur la montagne d'Enveitg (soit 14,28% du corpus).

Le Lidar HD de l'IGN ne permet donc pas d'obtenir un inventaire précis et exhaustif des structures archéologiques présentes sur ce type de territoire. Il s'agit cependant d'un outil indispensable à utiliser dans le cadre d'une première approche d'un espace de haute montagne. En effet, même si une partie ou des catégories de structures lui échappent, il permet de localiser une part non négligeable d'entre elles, Il permet

également de localiser les centres les plus anthropisés. La « qualité » de la détection va dépendre de l'environnement. Ainsi, plus il est boisé, recolonisé et/ou marqué par des rochers, des chaos et moins la détection sera complète.

Il est cependant nécessaire en préalable à tout investissement de terrain pour localiser une partie des structures et aider à la programmation des opérations de terrain.

Le relevé des structures visibles sur le Lidar HD de l'IGN a donc été entrepris pour l'ensemble des zones d'étude impliquées dans le cadre du programme TAHMM.

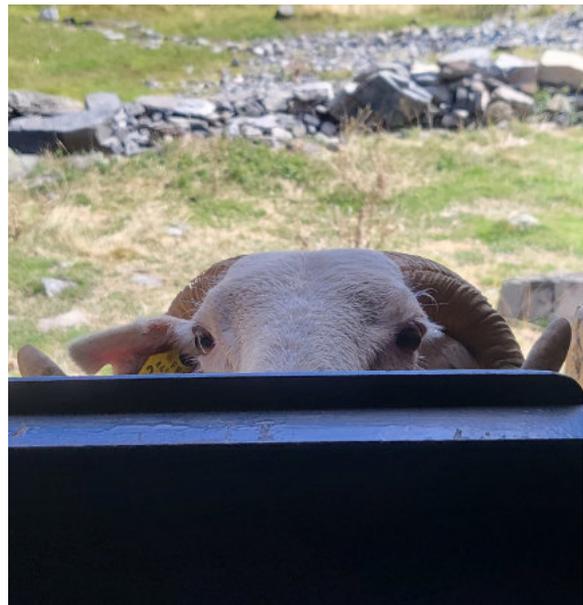


Fig. 41 - Brebis - Replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon - Hautes-Pyrénées) © Carine Calastrenc



## Traitement des images thermiques

François Baleux 2023. CNRS - Laboratoire TRACES – UMR 5608 – Plateforme ArchéoScience.

L'objectif de cette acquisition était de tester les capacités de détection de ce nouveau vecteur et du logiciel DJI thermal analysis Tools.

Le pré-traitement et la photogrammétrie des images thermiques ont été réalisées par François Baleux.

En premier lieu, il a été nécessaire de faire une transformation en .tiff de toutes les images .jpg exportées du drone avec l'application IRimage-UAV (<https://github.com/gpereyrujuo/IRimage>). Cette transformation crée de nombreuses nouvelles images, dont des .tiff dans un répertoire "TEMP". Ce sont ces images qui ont été utilisées pour réaliser la photogrammétrie et qui ont déterminées la

valeur de chaque pixel, soit la température. Ne connaissant pas exactement la formule de transformation François Baleux ne peut pas certifier que c'est bien la température réelle acquise lors du vol drone.

Ensuite, il a réalisé une photogrammétrie avec ces .tiff qui a nécessité la création de 25 chunks.

Le processus photogrammétrique peut donc largement être optimisé, tout comme la procédure d'acquisition drone.

Les modifications à apporter cherchent à résoudre le problème principal qui est la résolution des images. Avec les images thermiques, le pixel mesure 5 cm environ . Or, avec une telle résolution, il est impossible de détecter les cibles posées au sol qui servent au calage métrique. Il faudra donc, lors des prochaines acquisition imprimer de plus grandes cibles, au moins 80x80cm voire 1x1m. De plus, comme les images sont plus petites que les images visibles prises en même temps, le recouvrement n'est pas assez important pour

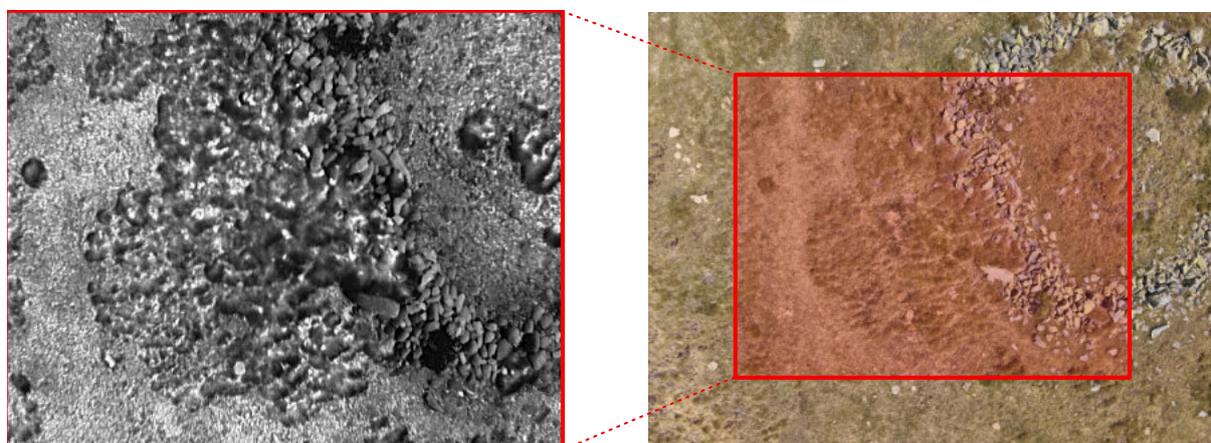


Fig. 42 - Différence entre l'image visible (à droite) et l'image thermique (à gauche). Le cadre rouge représente le cadrage de l'image thermique sur l'image visible.



réaliser une photogrammétrie de qualité. Il faut multiplier les images pour que le recouvrement soit de 80%. (Fig. 42) Ce problème devrait se solutionner avec l'utilisation du logiciel de planification et d'automatisation des acquisitions drone DJI qui gère à la fois l'espacement entre les lignes de vol, la régularité de la vitesse de vol et le séquençage des prises de vues.



## CHAPITRE 3-1

### Replat de l'Auloueilh

#### (Réserve Naturelle d'Aulon - Commune d'Aulon - Hautes-Pyrénées - Occitanie)

Le secteur du replat de l'Auloueil se trouve dans la commune d'Aulon, à l'intérieur du territoire de la Réserve Naturelle d'Aulon. Il s'agit d'un replat de 31 hectares qui s'étend de 1790 m d'altitude à 1870 m d'altitude.

Ce terrain d'étude est celui utilisé par les membres du programme TAHMM pour effectuer tous les tests d'appareillage en aveugle. C'est donc le site d'expérimentation majeur de ce projet.

La montée du matériel scientifique a été effectué par hélicoptage (Société Blugeon - Antenne d'Ancizan). La municipalité a autorisé les membres du programme TAHMM à entreposer dans la partie « cabane du berger »

communale. Celle-ci fermant à clé, cela permet la mise en sécurité des appareillages.

L'inventaire archéologique a été réalisé entre 2019 et 2021 à partir des acquisitions drones destinées à la production d'une modélisation 3D par photogrammétrie de la zone, d'une couverture avec un drone thermique, d'un relevé au magnétomètre et d'une prospection pedestre. (Calastrenc et al., 2019, 2020-2021 et 2022)

L'ensemble de ces appareillages a permis d'identifier 157 structures archéologiques dont :

- 2 abris
- 57 cabanes
- 73 enclos

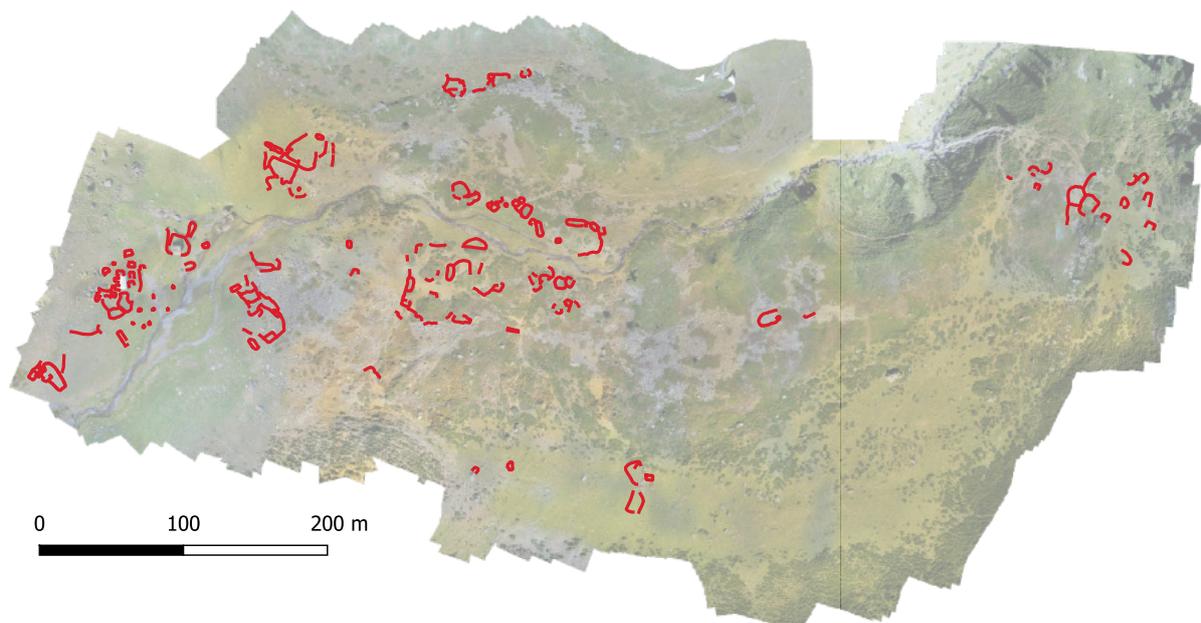


Fig. 43 - Localisation des structures archéologiques inventoriées sur le replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon)



- 41 murs
- 8 Leytés (structure pour la conservation du lait)
- 40 structures à la fonction indéterminée

(Fig. 43)

En 2023, la campagne d'acquisition s'est centrée sur 3 actions (Fig. 44) :

1. Relevé thermographique par drone
2. Acquisition au géoradar
3. Carottage de sédiment pour des analyses XRF

La suite du présent rapport présentera les résultats de ces différents relevés.

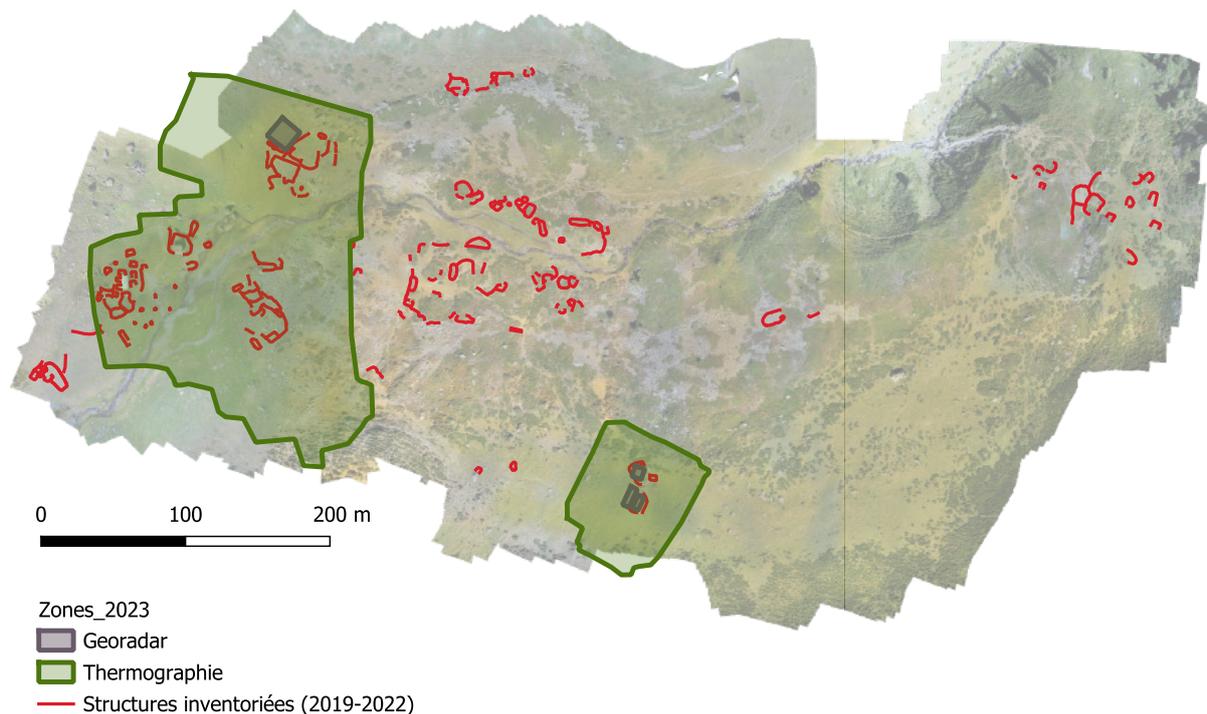


Fig. 44 - Localisation des relevés 2023 effectués sur le replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon)

### Acquisition géoradar

L'espace extérieur Nord d'un grand ensemble pastoral situé au Nord du replat de l'Auloueilh a été inspecté à l'aide du géoradar. Ce matériel fait partie du plateau technique « Télédétection, Imagerie, Géomatique, 3D » de la plateforme ArchéoScience du laboratoire TRACES(UMR 5608). Il est composé d'une unité de contrôle

GSSI SIR 4000, d'un chariot et d'une antenne 400 mHz.

Le regroupement de structures sur lequel ce matériel a été déployé comprend :

- 2 Cabanes
- 7 Enclos
- 2 Structures à la fonction indéterminée



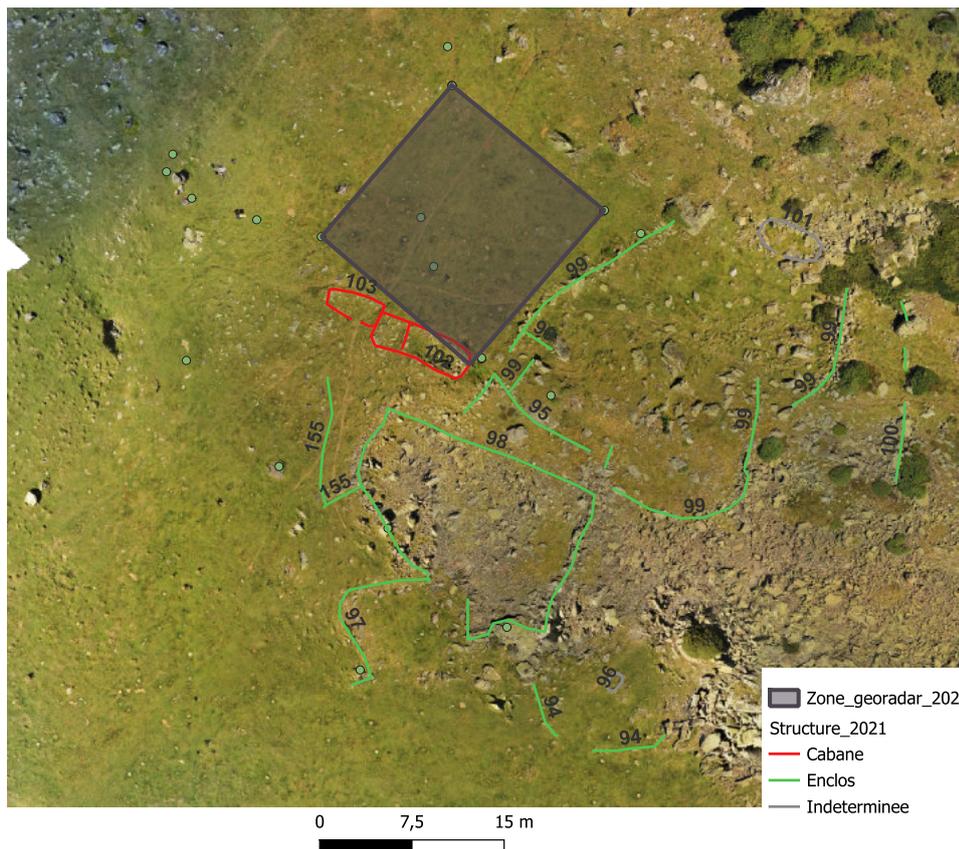


Fig. 45 - Localisation des structures et de la Zone 1 géoradar (Réserve Naturelle d'Aulon)

### Zone 1

Au Nord-Ouest de cet ensemble, une grande zone herbeuse paraît vide de structures.

L'objectif de ces acquisitions était de vérifier si l'emploi de matériel de géophysique renvoyait également à l'image d'un « vide » archéologique (Fig. 45).

L'acquisition a été réalisée sur une zone de 16,5 m de long et 16 m de large (264 m<sup>2</sup>) suivant des lignes espacées de 0,50 m (Fig. 46).

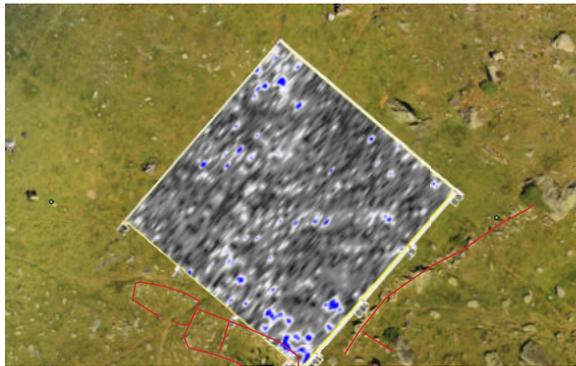
L'acquisition sur le terrain a été réalisée par C. Calastrenc, J.-P. Calastrenc et M. Gauthier. Les données ont été traitées par Nicolas Poirier. Une coupe à 9 niveaux de profondeur a été extraite : 0,10, 0,20, 0,30, 0,50, 0,80, 1, 1,20, 1,50 et 1,80

m de profondeur. Le premier mètre est plus documenté car c'est dans cette épaisseur que se

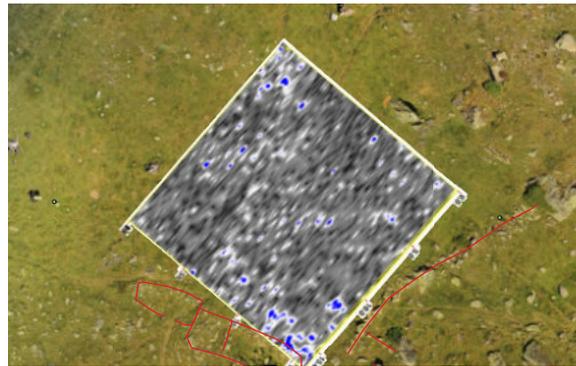


Fig. 46 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 1 (Réserve Naturelle d'Aulon)

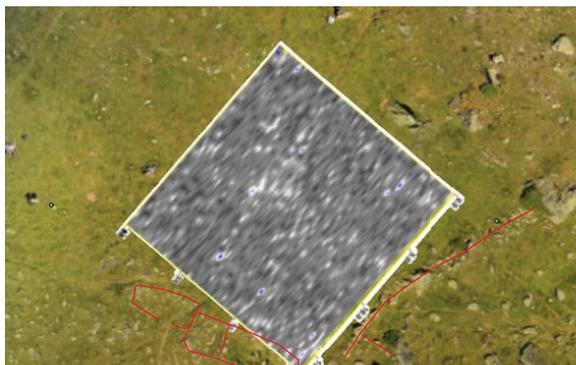




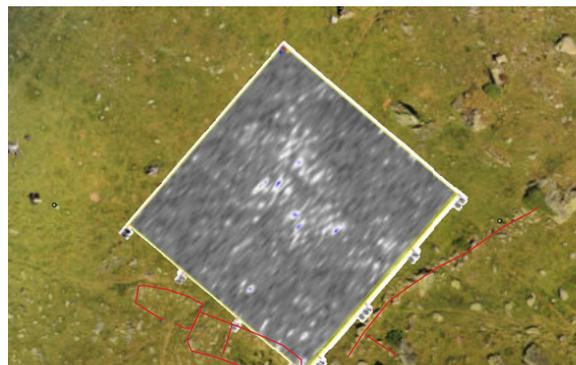
10 cm de profondeur



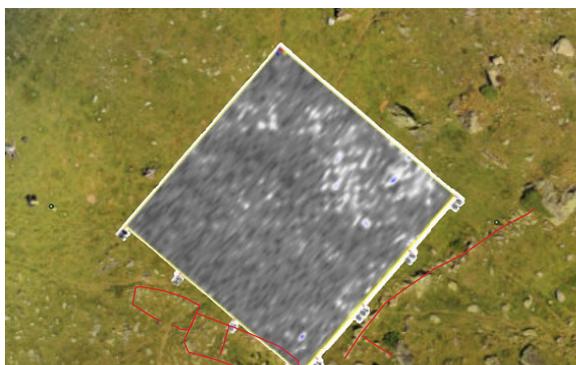
20 cm de profondeur



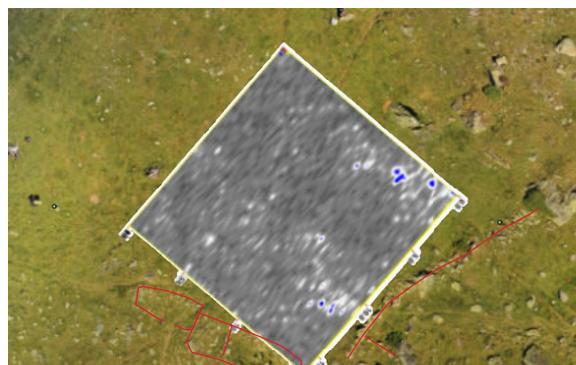
30 cm de profondeur



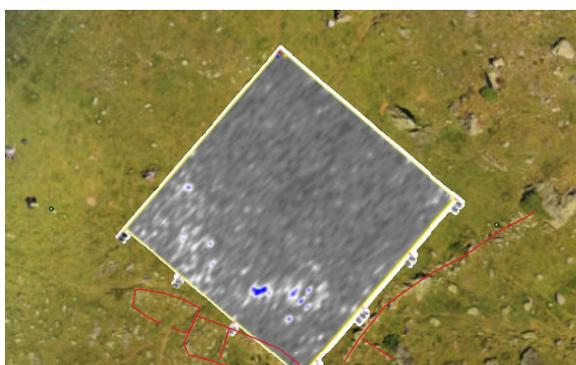
50 cm de profondeur



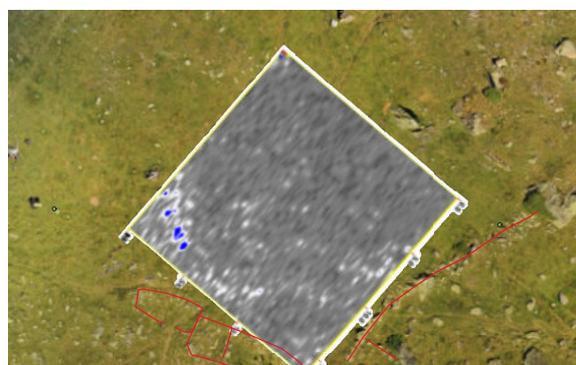
80 cm de profondeur



100 cm de profondeur



120 cm de profondeur



150 cm de profondeur



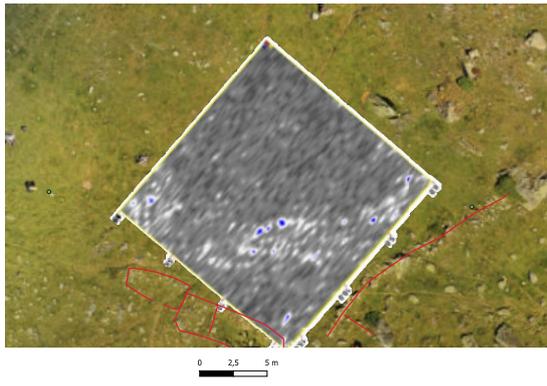


Fig. 47 - Présentation des 9 coupes géoradar - Zone 1

180 cm de profondeur

trouve la très grande majorité des vestiges archéologiques dans ce type de contexte.

Ces différentes coupes ne montrent aucun aménagement particulier, aucune structure sous-jacente (Fig.47).

### Zone 2, 3 et 4

Au Sud du replat de l'Auloueilh un petit regroupement de 4 structures a été inspecté à l'aide du géoradar. (Fig. 48)

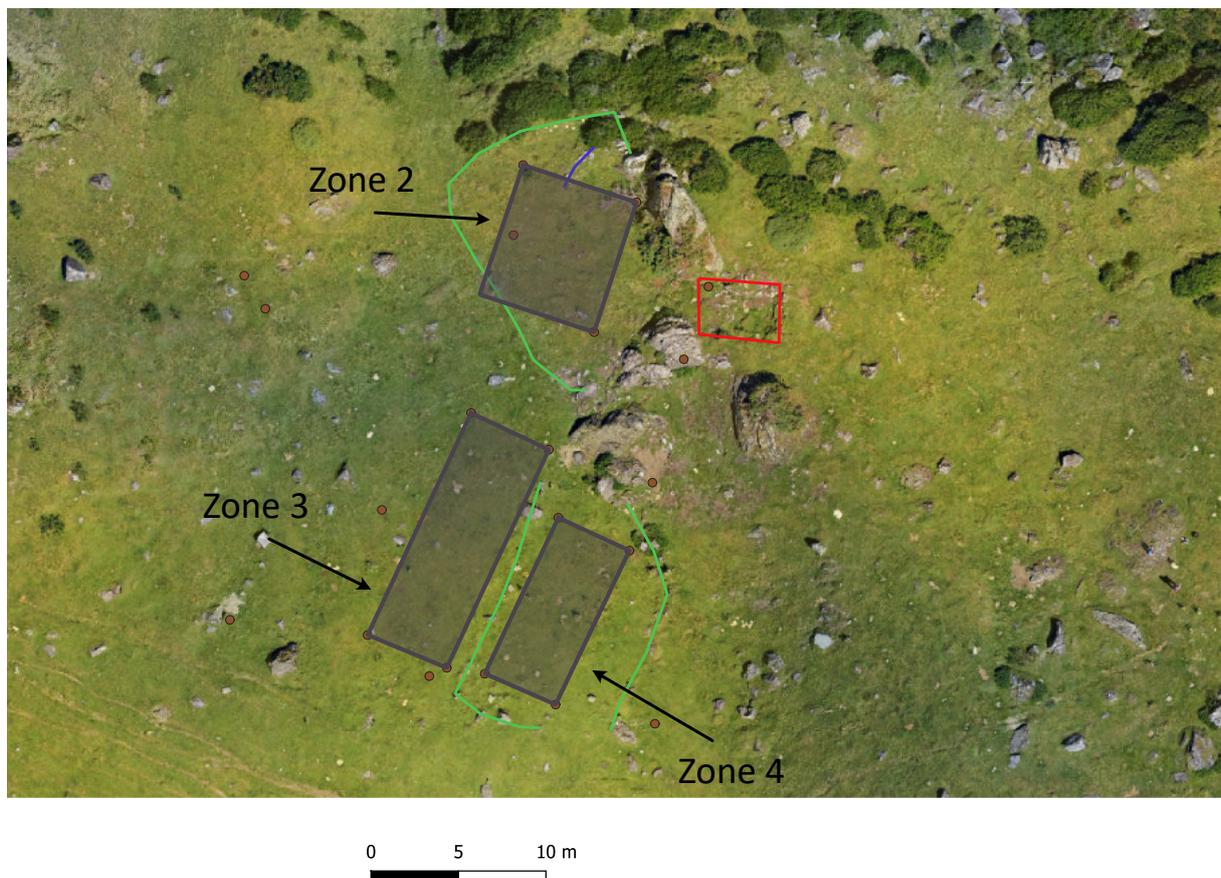


Fig.48 - Localisation des Zone 2, 3 et 4 couvertes par un relevé au georadar



Ce regroupement de structures comprend :

- 1 cabanes
- 2 enclos
- 1 mur

Le géoradar a été passé à l'intérieur de l'enclos le plus au Nord (Zone 2) ainsi qu'à l'intérieur et l'extérieur de l'enclos Sud (Zones 3 et 4).

L'objectif de ces acquisitions était double :

Pour la zone 2, il s'agissait de déterminer si l'anomalie perçue en 2022 sur le mode de visualisation SLRM (Calastrenc et al., 2022) est également identifiable avec un géoradar et si cela pourrait correspondre à un mur. Le sondage effectué sur cette anomalie en 2022 avait permis d'identifier un mur. Est-ce que le géoradar permet d'en dessiner toute l'ampleur ? (Fig. 56)

Pour les zone 3 et 4, il s'agit de savoir si des aménagements correspondant à des activités annexes à l'enclos visible en surface existent et/ou si ce site a fait l'objet d'une occupation antérieure.

L'acquisition sur le terrain a été réalisée par C. Calastrenc, J.-P. Calastrenc et M. Gauthier (Fig. 50). Le traitement des données a été réalisé par Nicolas Poirier.

## Zone 2

L'acquisition s'est faite sur une zone de 8 m de long et 7 m de large (56 m<sup>2</sup>) suivant des lignes espacées de 0,50 m (Fig. 49).

Une coupe à 7 niveaux de profondeur a été extraite : 0,10, 0,50, 0,70, 1, 1,20, 1,50 et 1,80 m de profondeur (Fig. 51). Le premier mètre est

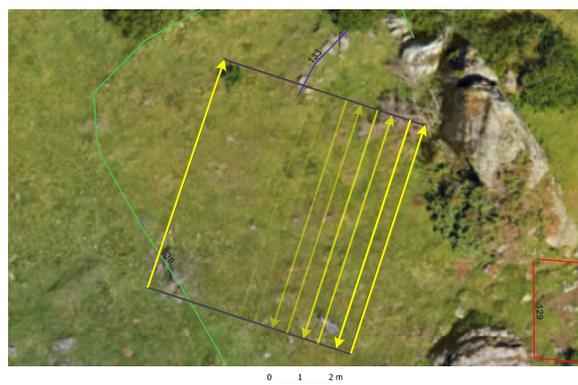
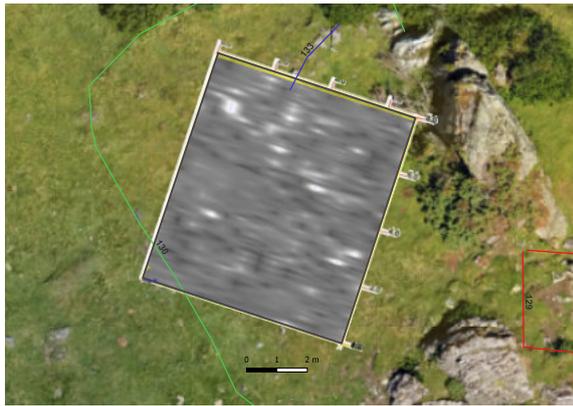


Fig. 49 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 2 (Réserve Naturelle d'Aulon)

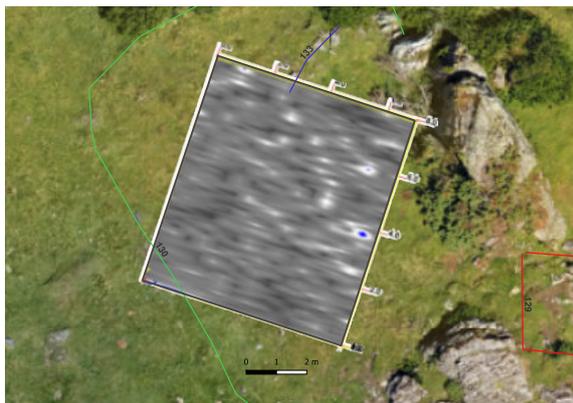
Fig. 50 - Acquisition au géoradar - Zone 3 (Réserve Naturelle d'Aulon)



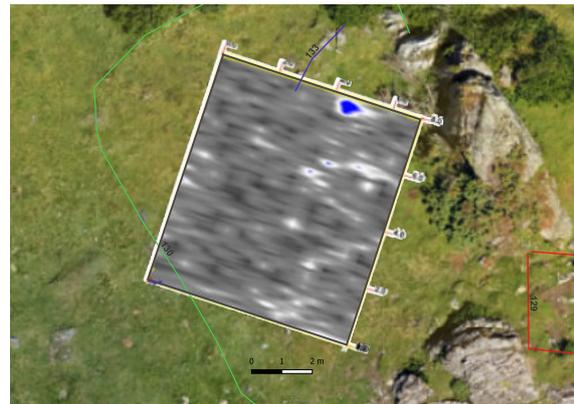


10 cm de profondeur

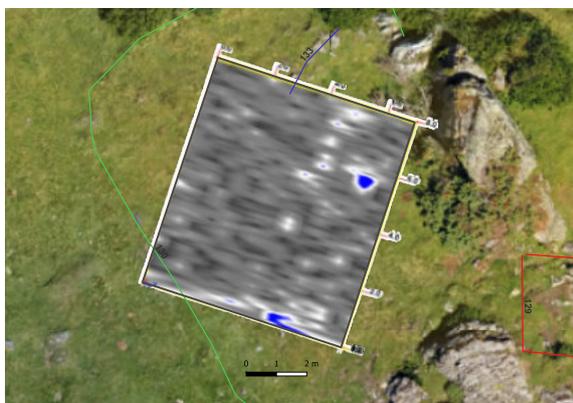
Fig.. 51 - Présentation des 7 coupes géoradar faite dans la Zone 2



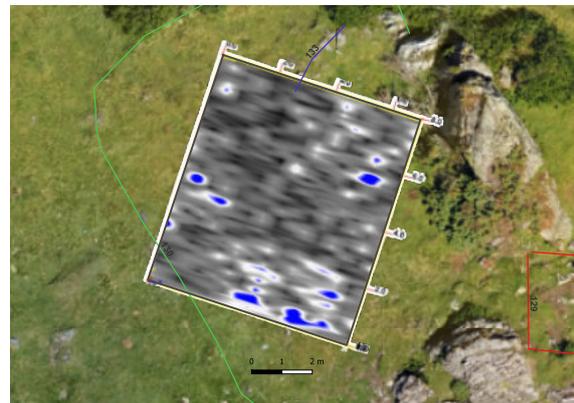
50 cm de profondeur



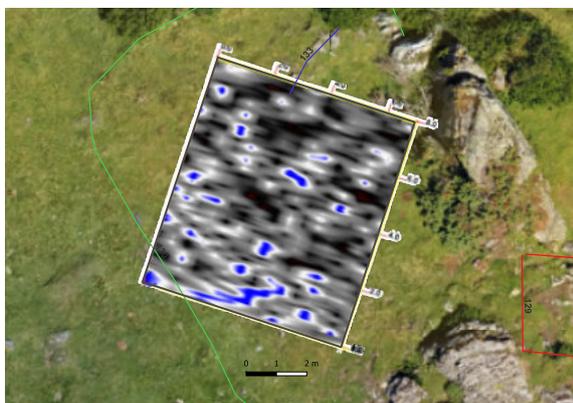
70 cm de profondeur



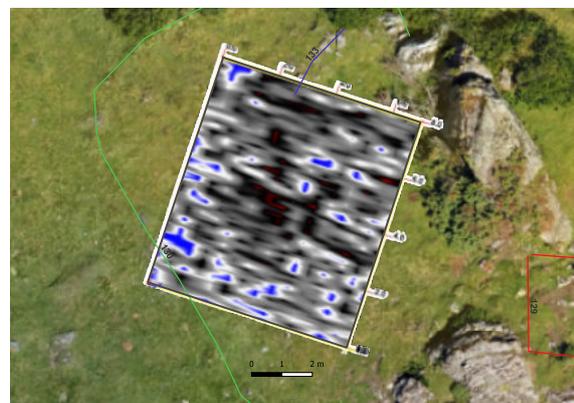
100 cm de profondeur



120 cm de profondeur



150 cm de profondeur



180 cm de profondeur



plus documenté car c'est dans cette épaisseur que se trouve la très grande majorité des vestiges archéologiques dans ce type de contexte.

Ces différentes coupes ne montrent aucun aménagement particulier, aucune structure sous-jacente .

### Zone 3

L'acquisition s'est faite sur une zone de 14 m de long et 5 m de large (70 m<sup>2</sup>) suivant des lignes espacées de 0,50 m (Fig. XXX).

Une coupe à 8 niveaux de profondeur a été extraite : 0,10, 0,20, 0,50, 0,70, 1, 1,20, 1,50 et 1,80 m de profondeur (Fig. 52). Le premier

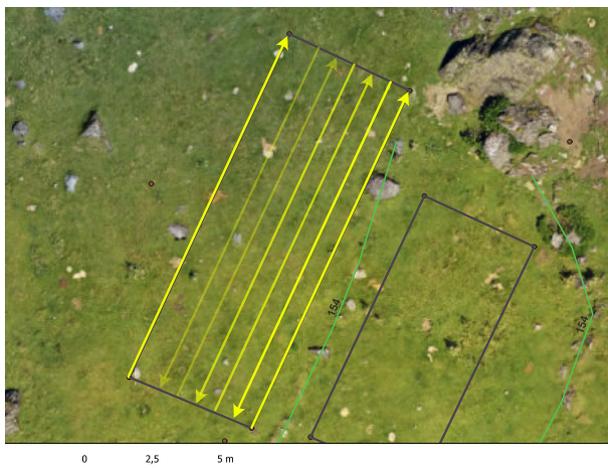


Fig. 52 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 3 (Réserve Naturelle d'Aulon)

mètre est plus documenté car c'est dans cette épaisseur que se trouve la très grande majorité des vestiges archéologiques dans ce type de contexte.

Ces différentes coupes ne montrent aucun aménagement particulier, aucune structure sous-jacente (Fig. 54).

### Zone 4

L'acquisition s'est faite sur une zone de 10 m de long et 4,5 m de large (45 m<sup>2</sup>) suivant des lignes espacées de 0,50 m (Fig. 53).

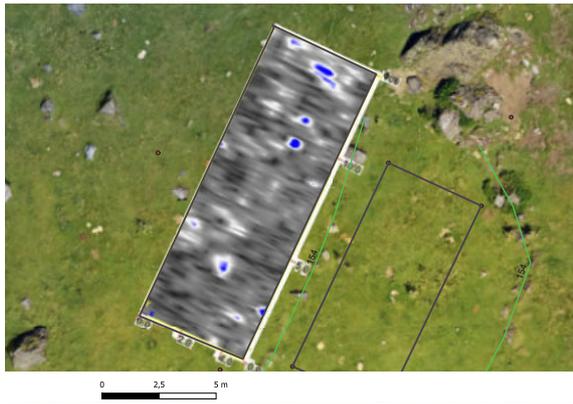
Une coupe à 7 niveaux de profondeur a été extraite : 0,10, 0,3, 0,50, 0,80, 1, 1,50 et 1,80 m de profondeur (Fig. 53). Le premier mètre est plus documenté car c'est dans cette épaisseur que se trouve la très grande majorité des vestiges archéologiques dans ce type de contexte.



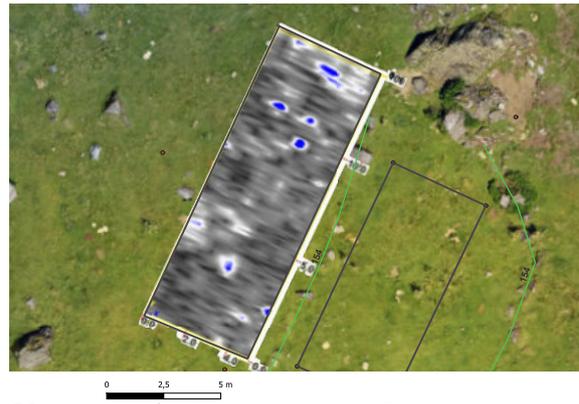
Fig. 53 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 4 (Réserve Naturelle d'Aulon)

Ces différentes coupes ne montrent aucun aménagement particulier, aucune structure sous-jacente .

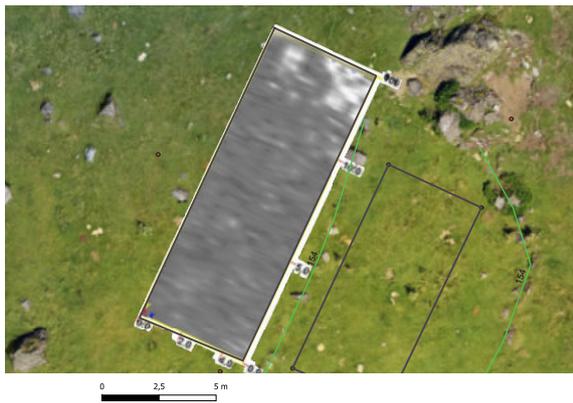




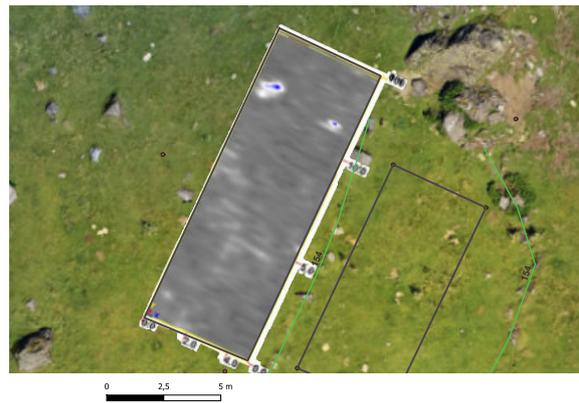
10 cm de profondeur



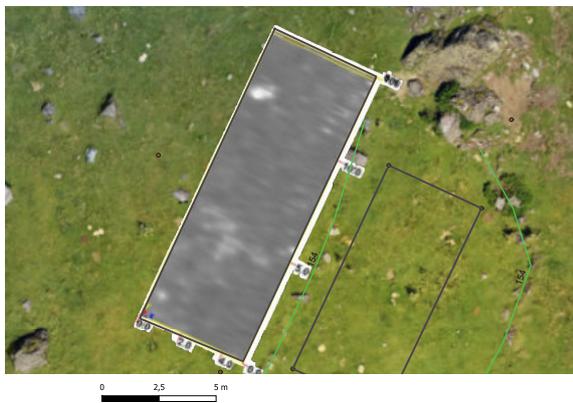
20 cm de profondeur



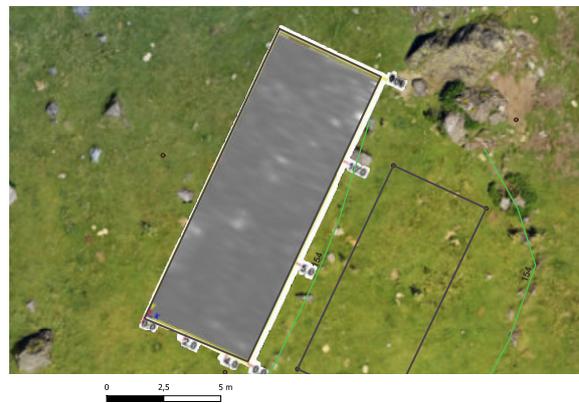
50 cm de profondeur



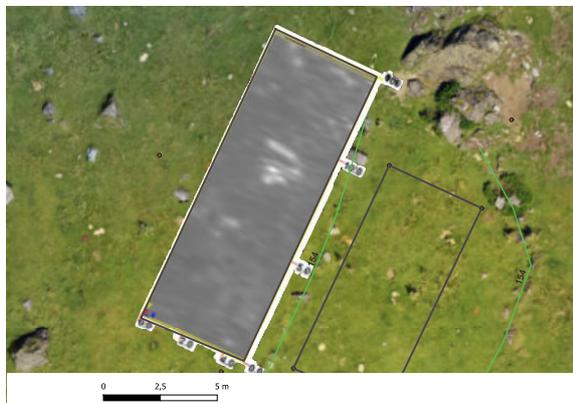
70 cm de profondeur



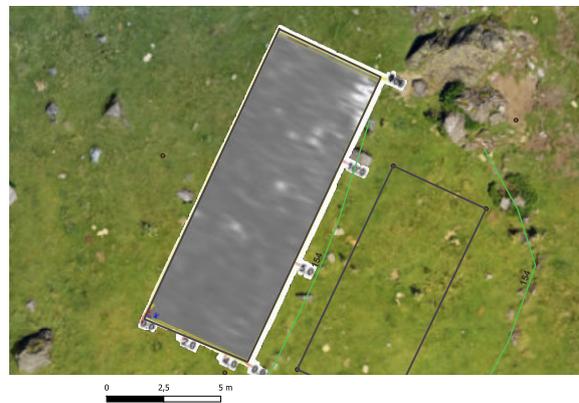
100 cm de profondeur



120 cm de profondeur



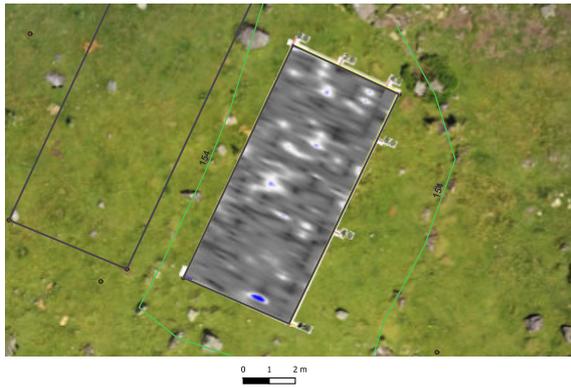
150 cm de profondeur



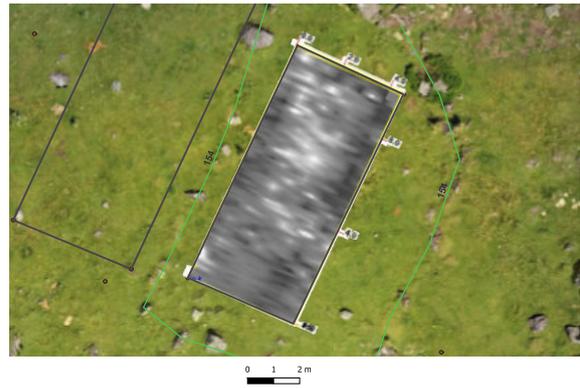
180 cm de profondeur

Fig. 54 - Présentation des 8 coupes géoradar - Zone 3 (Réserve Naturelle d'Aulon)

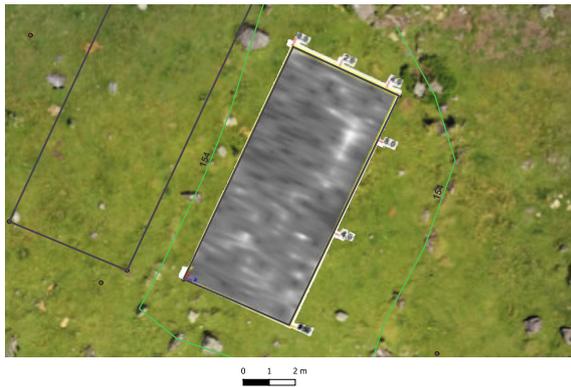




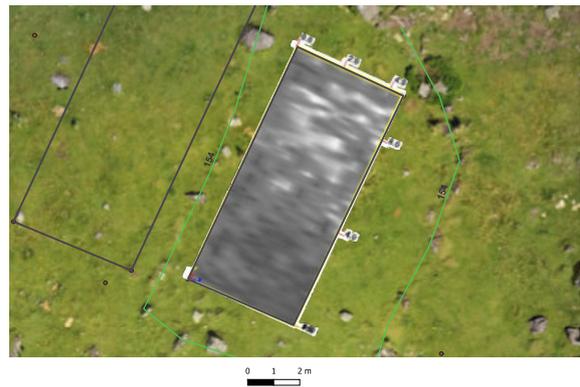
10 cm de profondeur



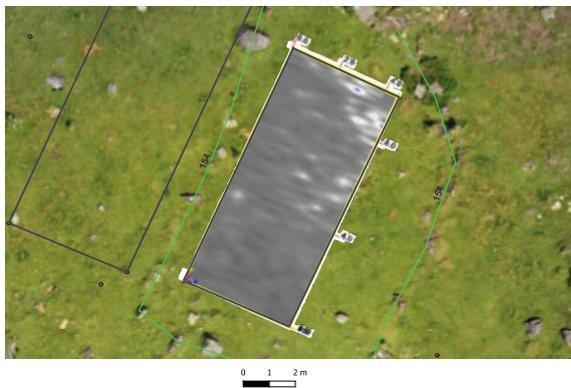
30 cm de profondeur



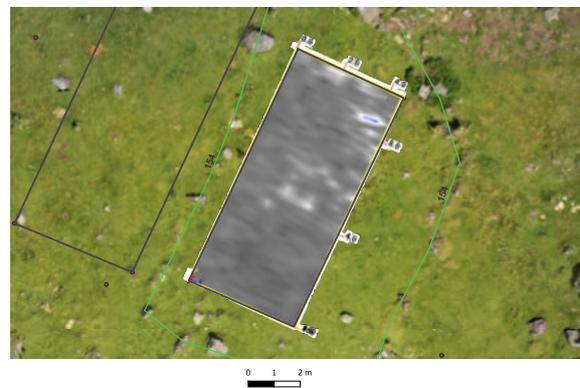
50 cm de profondeur



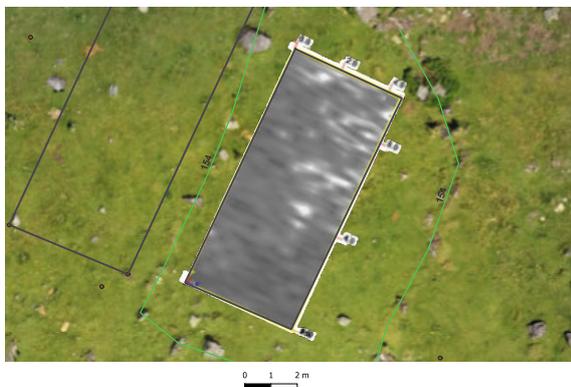
80 cm de profondeur



100 cm de profondeur



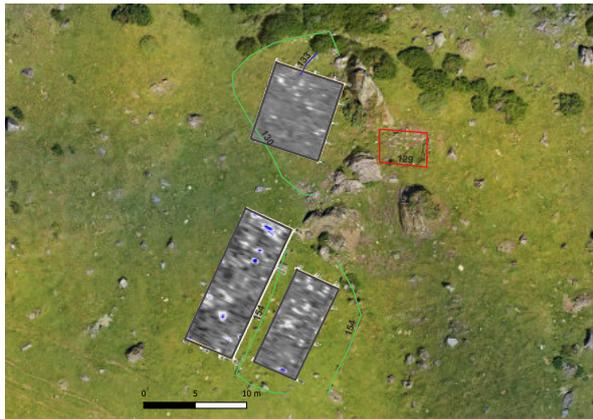
150 cm de profondeur



180 cm de profondeur

Fig. 55 - Présentation des 7 coupes géoradar - Zone 4 (Réserve Naturelle d'Aulon)





10 cm de profondeur



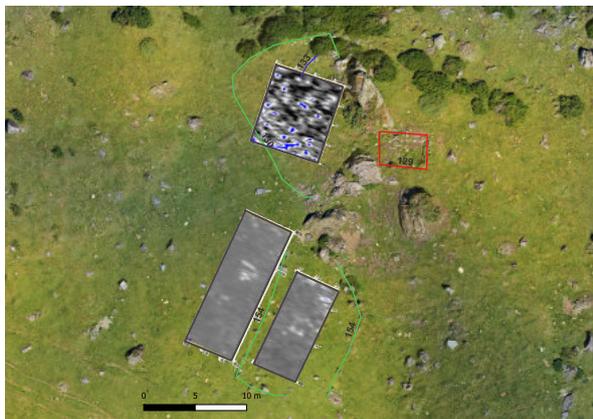
50 cm de profondeur



70 cm (Zone 2 et 4) et 80 cm (Zone 3) de profondeur



100 cm de profondeur



150 cm de profondeur



180 cm de profondeur

Fig. 56 - Présentation des coupes géoradar - Zone 2, 3 et 4 (Réserve Naturelle d'Aulon)



Mise en série ces acquisitions n'ont révélés aucune occupation sous-jacente, ni aucun aménagement autre que celui visible en surface (Fig. 55).

### Acquisition thermique par drone

Deux zones du replat de l'Auloueilh ont été inspectées à l'aide du drone DJI Mavic 3T équipé d'un capteur thermique (Fig. 57). Ce drone a été acquis sur les crédits provenant des prestations de service réalisées par le plateau technique « Télédétection, Imagerie, Géomatique, 3D » (TIG-3D) de la plateforme ArchéoScience du laboratoire TRACES (UMR 5608).

Ce drone permet une double acquisition (visible et thermique). Les images visibles sont acquises

avec un capteur grand angle de 48 millions de pixels. Quant au capteur thermique (une caméra Microbolomètre Vox non refroidi), il permet la captation d'images de 640 px x 512 px. La plage de mesure des températures est de -20° à 150° C (-4° à 302° F, mode gain élevé) et de 0° à 500° C (32° à 932° F, mode gain faible).

L'équipe du programme TAHMM est en train de mettre en place une procédure de traitement des images thermiques acquise avec le drone DJI Mavic 3 T qui permettent d'aller au-delà du simple travail de la symbologie.

De plus, la date impartie pour la remise de ce rapport (20 décembre) limite les possibilités de traitement et d'analyse des données.

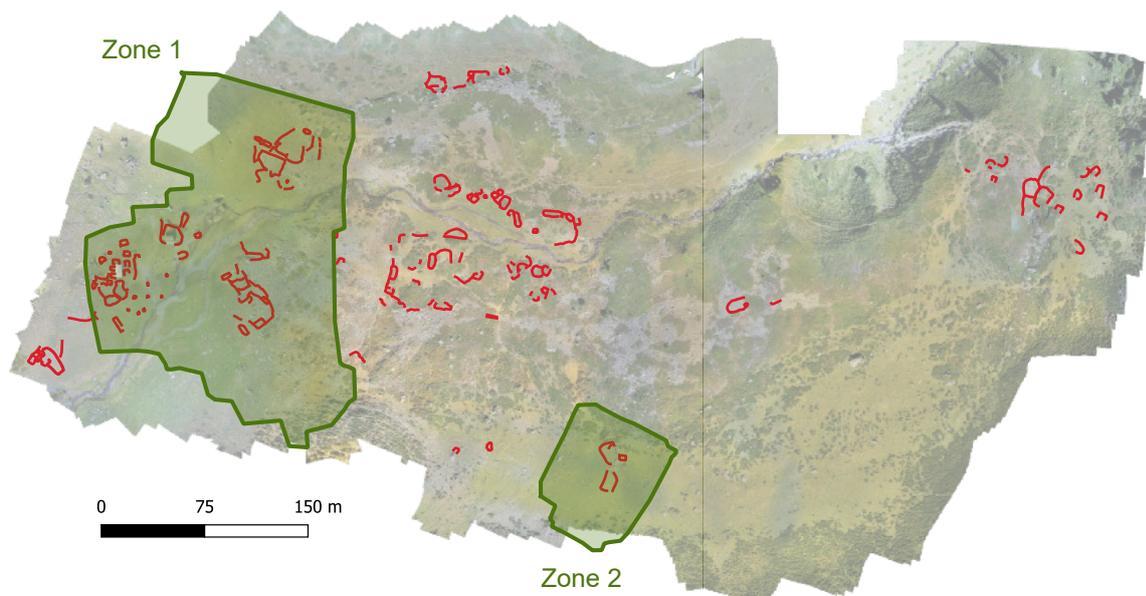


Fig. 57 - Localisation des zones 1 et 2 d'acquisition thermographique par drone (Réserve Naturelle d'Aulon)



D'autres tests doivent être réalisés pour identifier les meilleures conditions d'acquisition pour ce capteur.

- La première zone d'étude (Zone 1) se trouve au Sud et correspond aux zones 2, 3 et 4 inspectées avec le géoradar. L'acquisition thermique y a couvert une superficie de 6 626 m<sup>2</sup>.
- La deuxième zone (Zone 2) d'étude se trouve sur toute la marge Ouest du replat de l'Auloueilh. L'acquisition thermique a permis de documenter 35 444 m<sup>2</sup>.

### Zone 1

Cette acquisition est centrée sur les structures 129, 130, 133 et 154. Elle avait pour but de déterminer si le capteur du drone DJI pouvait percevoir la structure 133 qui est invisible en surface. (Fig. 58)

Cette image thermique permet de définir les limites de la butte naturelle sur laquelle la structure 133 a été installée. De plus, elle permet de distinguer une différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la structure.

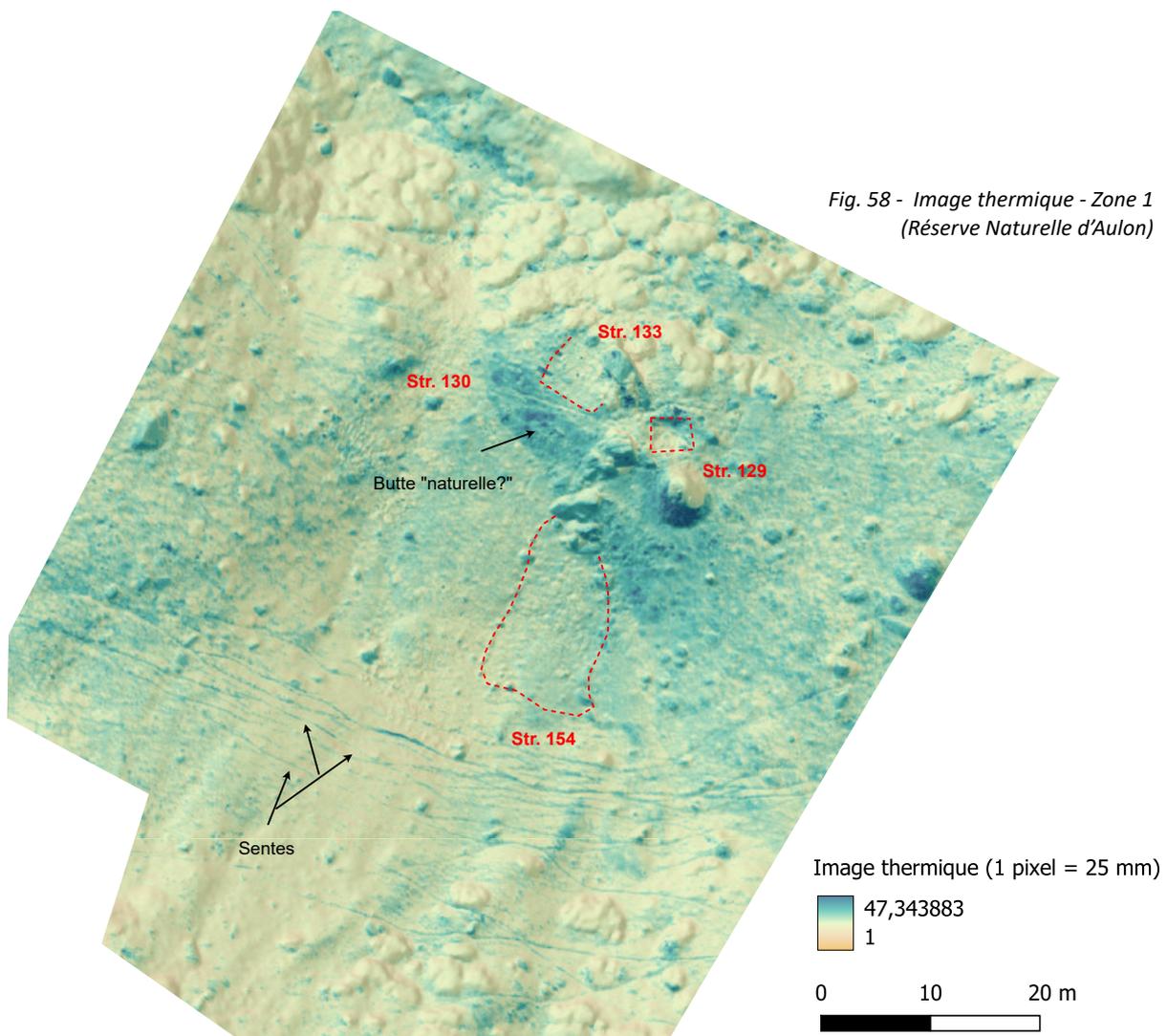


Fig. 58 - Image thermique - Zone 1 (Réserve Naturelle d'Aulon)



## Zone 2

Cette acquisition s'est focalisée sur toute la partie Ouest de la zone d'étude. Elle avait pour but de déterminer les capacités de détection du capteur du drone DJI. (Fig. 59)

Pour cette acquisition (réalisée en fin d'après-midi) certaines structures échappent à l'image thermique. Il s'agit de toutes les structures ayant une élévation comprise entre 0.10 m et 0.30 m. Celles qui présentent une élévation supérieure

sont identifiables par l'ombre que provoquent les murs (en rouge sur la Fig. 60). Les murs des structures plus arasées ne sont visibles que lorsque les blocs sont orientés face au soleil et qu'ils ont chauffé durant toute une journée (en bleu sur la Fig. 61). Elle permet d'observer différentes anomalies qui pourraient témoigner de la présence de structures sous-jacentes (Cercle rouge de la Fig. 62). Dans l'exemple ci-dessous, s'agit il d'un mur, de la marque laissé par un ancien enclos ?

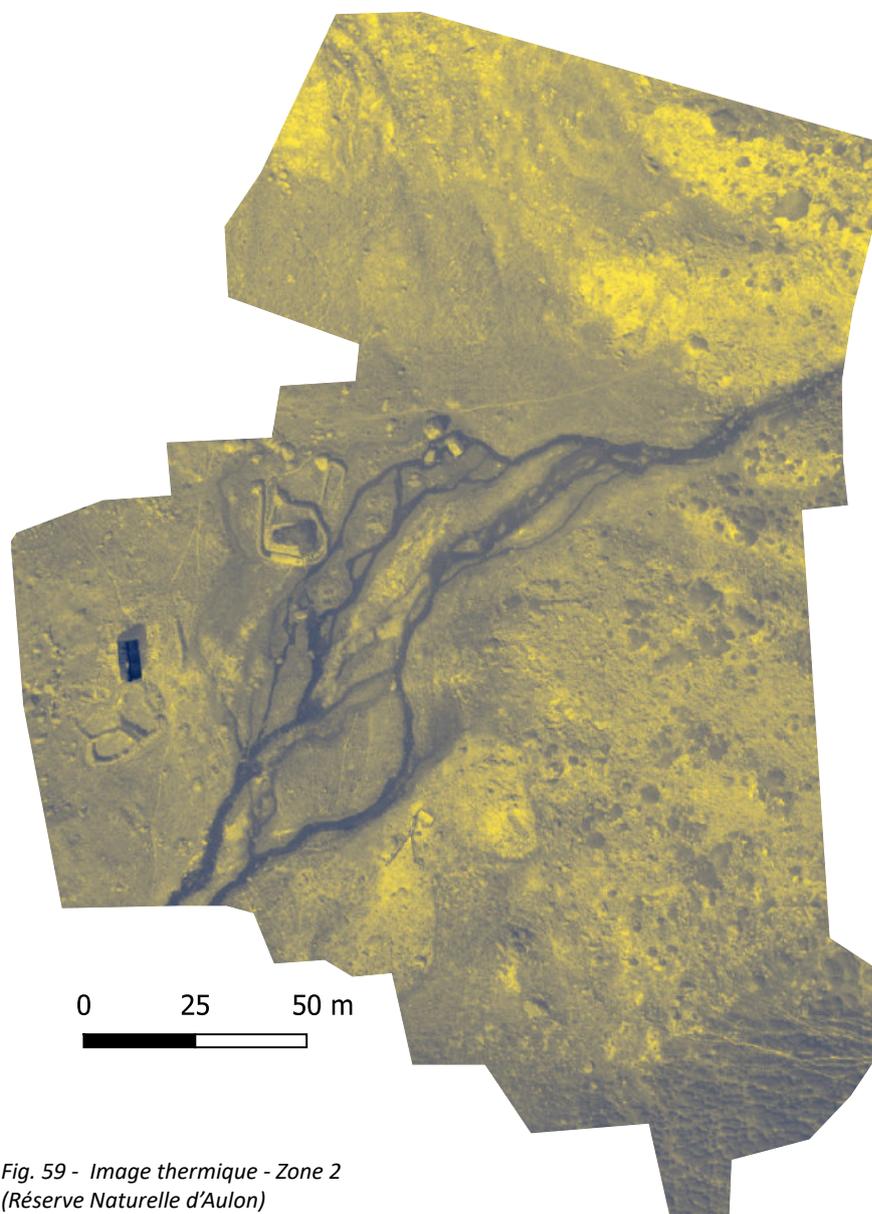


Fig. 59 - Image thermique - Zone 2  
(Réserve Naturelle d'Aulon)



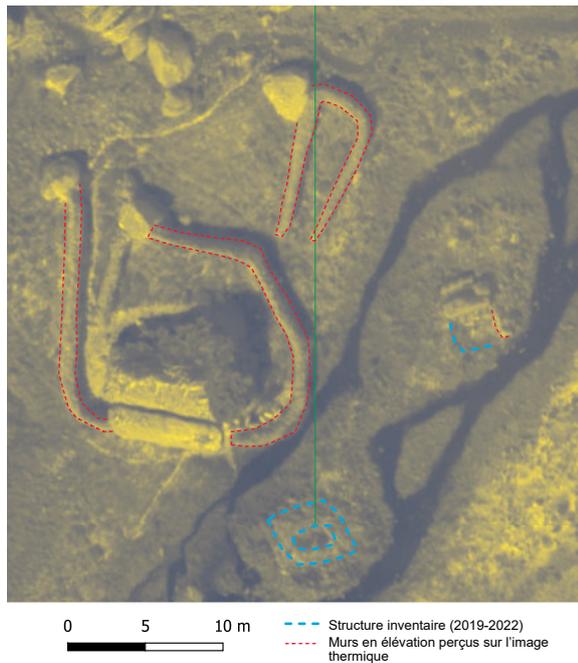


Fig. 60 - Exemple de murs en élévation sur l'image thermique - Zone2 (Réserve Naturelle d'Aulon)

### Carottage sédimentaire

Plusieurs tentatives de carottage sédimentaire ont été réalisées sans succès. La présence de nombreux blocs dans le sous-sol ont empêché de prélever plus de 10 cm de profondeur. Les sondages réalisés en 2022 (Calastrenc et al., 2022) avaient d'ailleurs montrés la très forte présence de pierres dans les différents niveaux stratigraphiques. L'environnement doit donc être pris en compte dans la démarche de prélèvement de sédiment pour des analyses chimiques des sols.

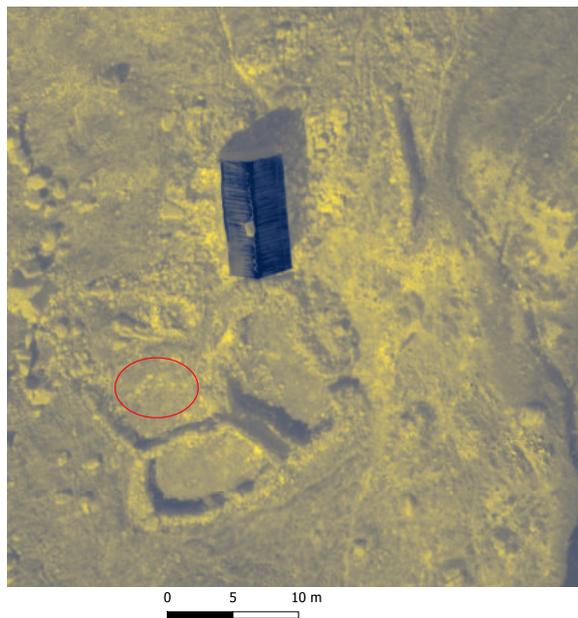


Fig. 61 - Exemple d'une anomalie thermique - Zone2 (Réserve Naturelle d'Aulon)



Fig. 62 - Tentative de carottage sédimentaire (© C. Calastrenc) (Réserve Naturelle d'Aulon)





## CHAPITRE 3-2

### Montarrouyes

#### (Commune de Vielle-Aure - Hautes-Pyrénées - Occitanie)

Le secteur de Montarrouyes se trouve sur le territoire de la commune de Vielle-Aure, à l'intérieur de la station de ski Saint-Soulan. Il s'agit d'un petit cirque qui se développe entre la crête de Graoulès Blanquès à l'Ouest, le col de Jétas et le pic de Montayourres au Nord, la Serre de Courteilles et le col du Portet à l'Est, et la crête de Cabanou au Sud. A droite du ruisseau, plusieurs structures se perçoivent à la surface. Le replat se termine par deux petites remontées de la roche mère. Le couvert végétal est constitué de plantes herbagères. Aucun arbre, aucune fougère n'est présente sur le site.

Ce terrain d'étude est celui du programme de recherche « Art rupestre du secteur de Montarrouyes » dirigé par Pascal Foucher, Olivier Jaffe et Anne Berdoy.

La montée du matériel devant se faire à dos d'homme, il n'a pas été possible de déployer tout le matériel disponible et utilisé dans le cadre du programme TAHMM.

L'inventaire archéologique a été réalisé à partir des acquisitions drones destinées à la production d'une modélisation 3D par photogrammétrie de la zone, d'une couverture avec un drone thermique, d'un relevé au magnétomètre et d'une prospection pédestre.

La numérotation de ces structures reprend celle

établie par les chercheurs du programme « Art rupestre du secteur de Montarrouyet ».

L'ensemble de ces appareillages a permis d'identifier 15 structures archéologiques dont 4 possibles cabanes, 3 enclos, 1 mur, 1 abri à agneaux et 6 structures à la fonction indéfinie. Il faut également noter que pour 4 structures (soit 27% du corpus) l'identification fonctionnelle repose sur des éléments parcellaires et ont un taux de probabilité d'effectivité réduit (Fig. 63).

Ces relevés ont permis d'identifier :

- 1 abri à agneau / niche à chien
- 4 cabanes
- 2 enclos
- 2 possibles couloir à traire
- 1 mur
- 5 structures à la fonction indéterminée

Soit 14 constructions (Fig. 63 et 64).

Ces aménagements présentent des états de conservation variés allant d'une élévation de 0,5 m (comme les structures 45, 46 et 53) à un effacement total (str. 51 ou 57).

Leurs modes constructifs sont également très variés. Douze de ces constructions sont édifiées



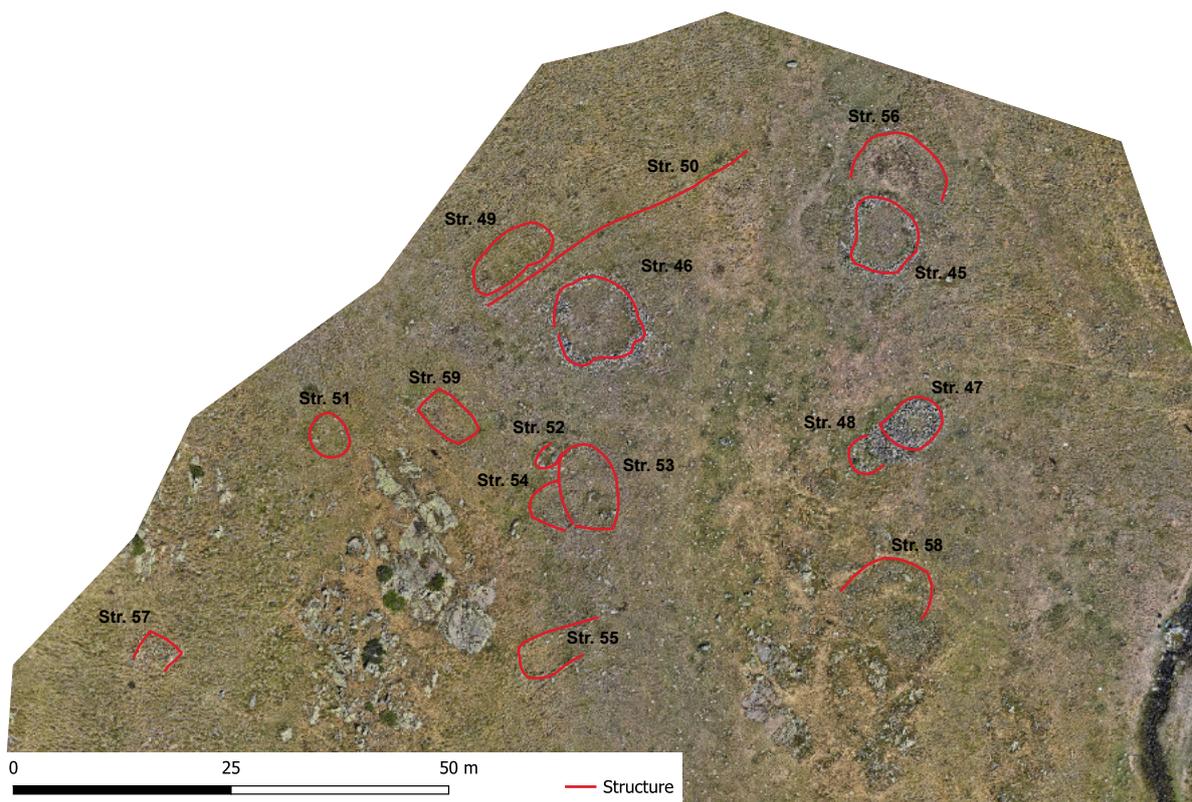
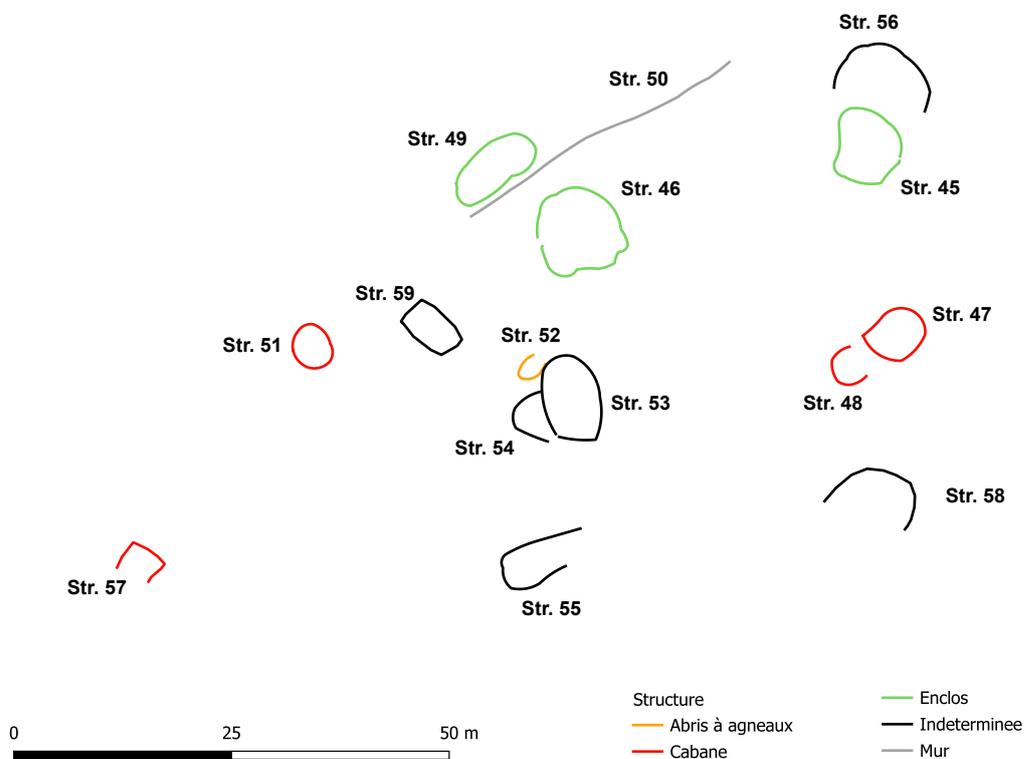


Fig. 63 - Ci-dessus, location des structures identifiées lors des prospections 2023 du secteur de Montarrouyes (Vielle-Aure - hautes-Pyrénées).

Fig. 64 location des structures classées suivant leur identification fonctionnelle



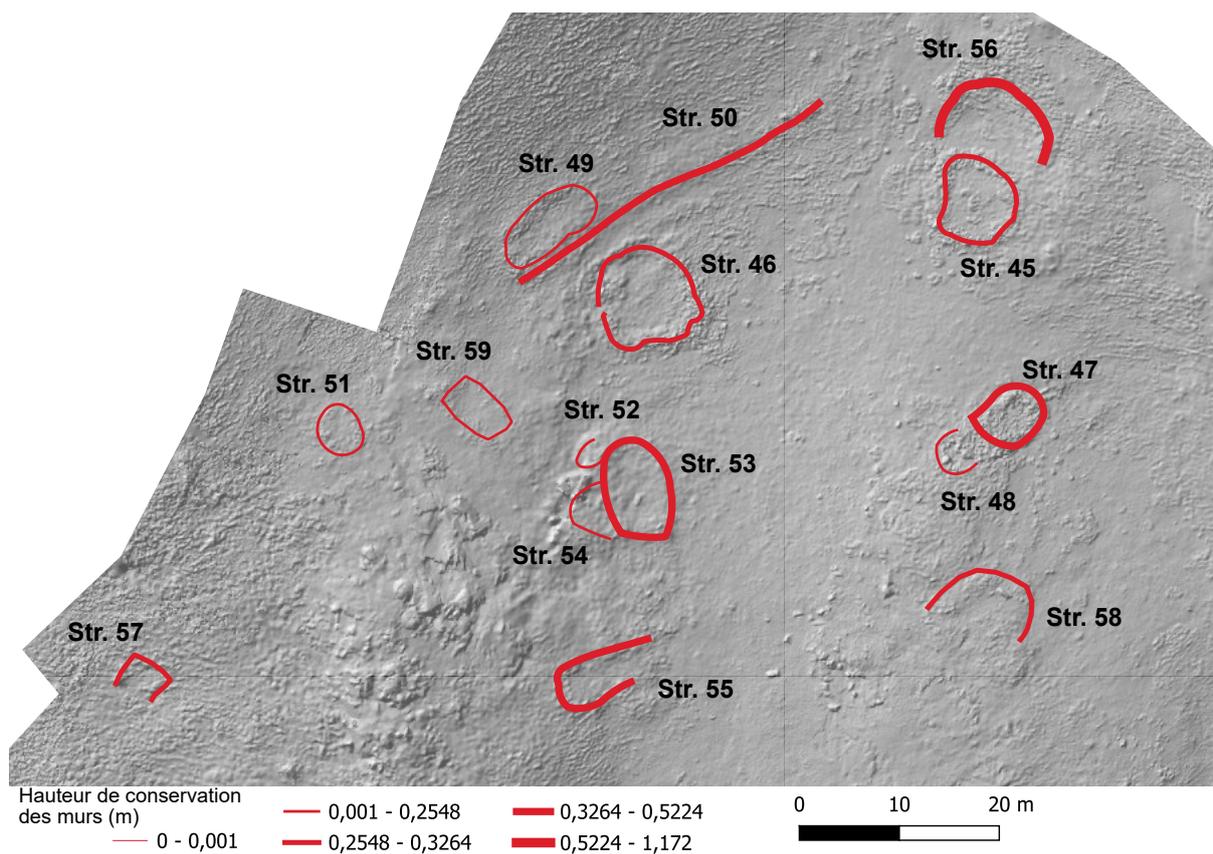


Fig. 65 - Présentation des structures inventoriées d'après leurs degrés d'arasement

en pierres sèches. Mais 2 d'entre elles (str. 49 et 56) se présentent sous la forme de décaissement/nivellement du sol.

Les structures 59, 53, 54, 55 et 58 ne sont pas perceptibles sur le terrain. Elles sont visibles sur le traitement de différentes visualisations du Modèle Numérique de Terrain (MNT). Ces constructions figurent dans l'inventaire archéologique, toutefois, une approche plus fine serait nécessaire.

En 2023, la campagne de terrain s'est centrée sur :

- Acquisition photogrammétrique par drone

(DJI Mavic 3 E)

- Acquisition thermographique par drone (DJI Mavic 3 T)
- Acquisition au magnétomètre

Seront présentés ici les résultats du traitement des données de photogrammétrie et magnétomètre. Le temps a manqué pour faire l'ensemble des pré-traitements et traitement des images thermiques.



## Photogrammétrie

Une session d'acquisition d'images RGB par drone a permis la réalisation d'une modélisation 3D de la zone d'étude par photogrammétrie. L'acquisition a été réalisée par Carine Calastrenc et le traitement des données a été effectué par François Baleux. (pour plus de précision : chap. 2, « Rapport de traitements pour la campagne de photogrammétrie par drone du programme TAHMM 2023 » - p. 54-67 du présent rapport et

Rapport photogrammétrique Metashape en Annexe). Le Modèle Numérique de terrain a ensuite été exploité dans le logiciel RVT (Relief Visualization Tools du Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts de Ljubljana en Slovénie).

## Géophysique

Une session d'acquisition au magnétomètre a

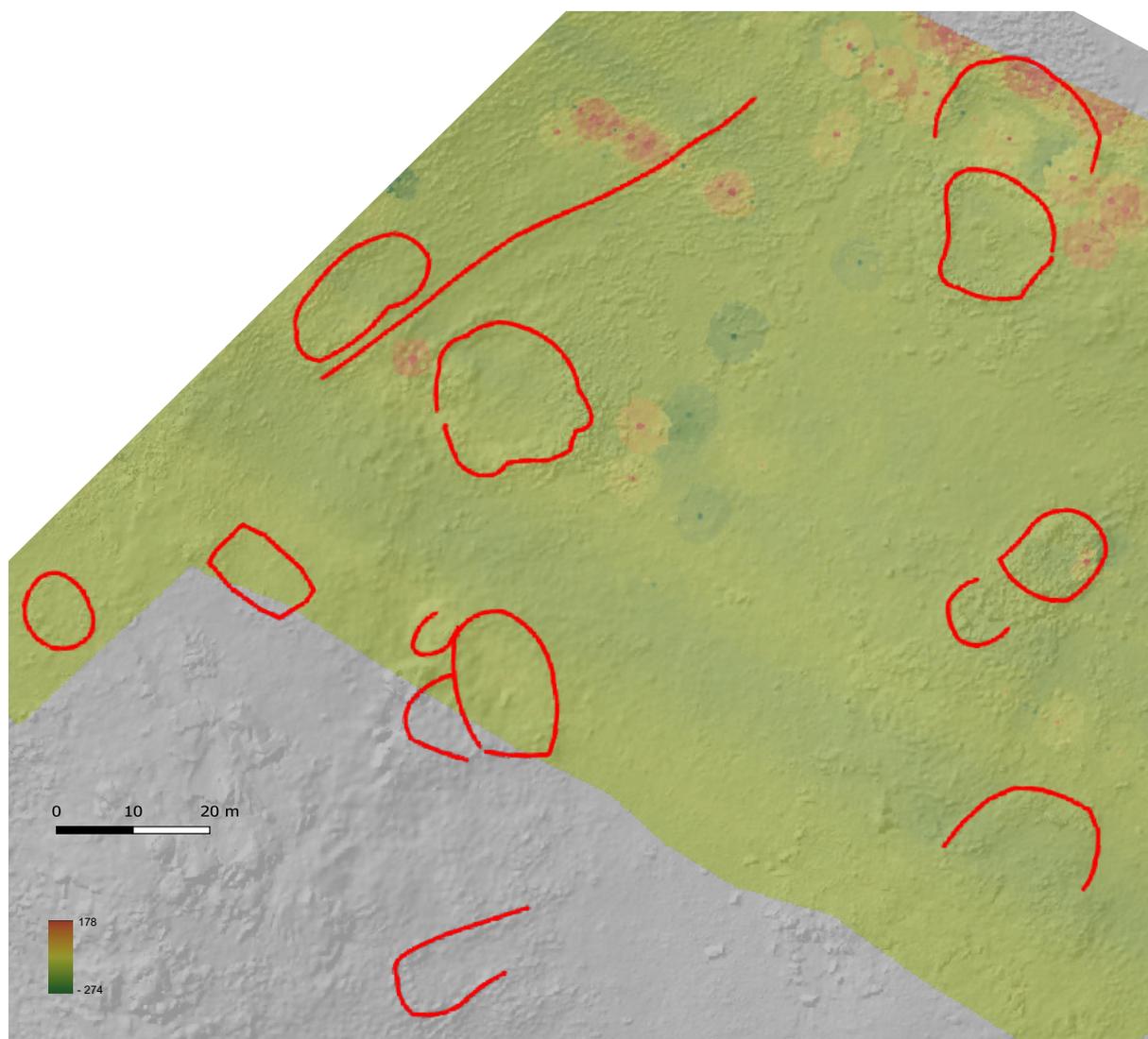
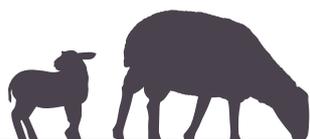


Fig. 66 - Résultat du relevé magnétométrique réalisé sur le secteur de Montarrouyes - 2023 (Le dégradé de couleur représente les mesures en nT/m -



été réalisée sur l'ensemble de la zone d'étude de Montarrouyes. Ce sont 4683 m<sup>2</sup> qui ont été inspectés. L'objectif est d'observer antérieurement à toute prospection pédestre afin d'évaluer le potentiel archéologique de la zone d'étude. Le matériel utilisé comprend le système magnétomètre-gradimètre GSM-19 de la Société Gem.

- Sensibilité : 0,015 nT/vHz
- Nombre de mesures : 1 échantillon par seconde au moins.

- Résolution : 0,01 nT.

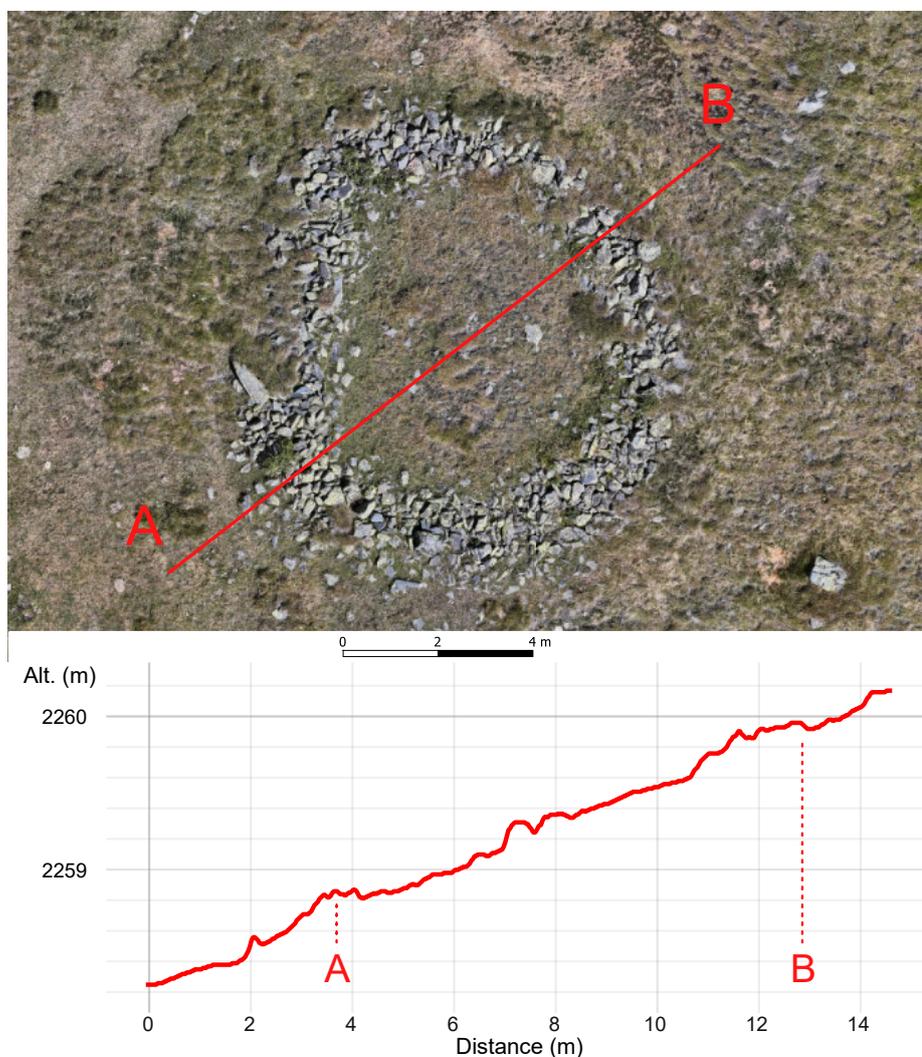
Certains dipôles qui pourraient indiquer la présence d'objets métalliques et/ou de zones ayant subi l'action du feu sans pouvoir préciser s'il est anthropique ou naturel. (Fig. 66)

### Inventaire archéologique

- **Structure 45 :**

Structure de forme circulaire installée en contre

Fig. 67 - Structure 45. Ci contre, orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape) et ci-dessous, profil établi avec le logiciel QGis



bas de la pente qui mène au pic de Montarrouyes. Un large amoncellement de pierres sèches de 1,20 m de large et 0,27 m de haut clôt un espace de 62,67 m<sup>2</sup> (9,49 m de long et 8,24 m de large). L'éboulement des murs s'étend sur, au maximum 2,13 m de large et se développe de part et d'autre du mur initial. L'entrée à l'intérieur de la structure devait se faire soit par l'Est, soit par l'Ouest. En fait, ces

faces présentent une diminution du nombre de pierres présentes en surface. Cette différence dans la concentration des blocs peut indiquer la présence d'un accès. Le volume de l'éboulis (2,359 m<sup>3</sup>) permet de porter l'hypothèse que ce mur d'enclos devait avoir une élévation de 4 à 6 assises de blocs. Aucun indice visible en surface ne permet de définir avec plus de précision la largeur originale du mur. (Fig. 67)

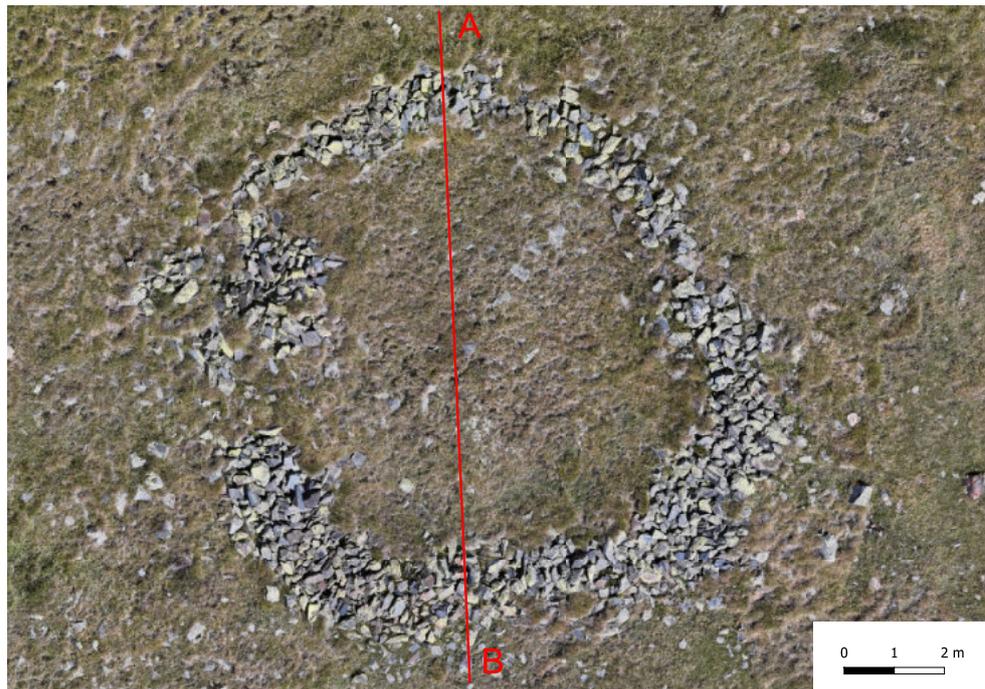
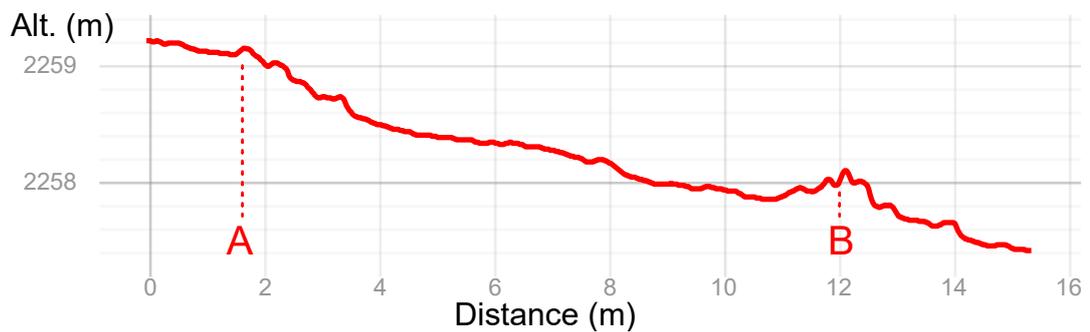


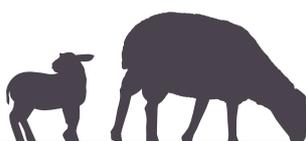
Fig. 68 - Structure 46. Ci contre, orthophotographie fait par photogrammétrie (Metashape) et ci-dessous profil établi avec le logiciel QGis



- **Structure 46**

Petit enclos ovoïde de 94,99 m<sup>2</sup> (11,58 m de long

et 10,89 m de large). Les murs, constitués en pierres sèches, mesurent 1,2 m de large et sont conservés sur une hauteur moyenne de 0,28 m.



Il a été aménagé aux pieds d'une pente. Une rupture dans la face Est du mur laisse entendre que l'accès se faisait par cet emplacement. Cette localisation pose question car elle ouvre sur la pente. Avec un volume de pierres et blocs de 3,253 m<sup>3</sup>, le mur initial de cet enclos devait avoir une élévation relativement importante. Au Nord de ce qui pourrait être l'entrée de la structure se trouve un amas de blocs. D'après les données de surface, il est impossible de faire la part entre éboulis et petite annexe accolée au mur d'enceinte. (Fig. 68)

• **Structure 47**

Petite structure quadrangulaire de 31,13 m<sup>2</sup> (5,969 m de long et 5,358 m de large) identifiée comme étant une cabane. Les murs sont totalement éboulés et aucun indice visible en surface ne permet d'identifier son appareillage original. (Fig. 69) L'analyse en 3D de cette structure permet de préciser son architecture. Ainsi, l'espace intérieur original se dessine. Il mesure 10,275 m<sup>2</sup> (3,99 m de long et 3,54 m de large). Les murs devaient avoir une épaisseur moyenne de 0,85 m. Cette adjonction de données permet également de confirmer que

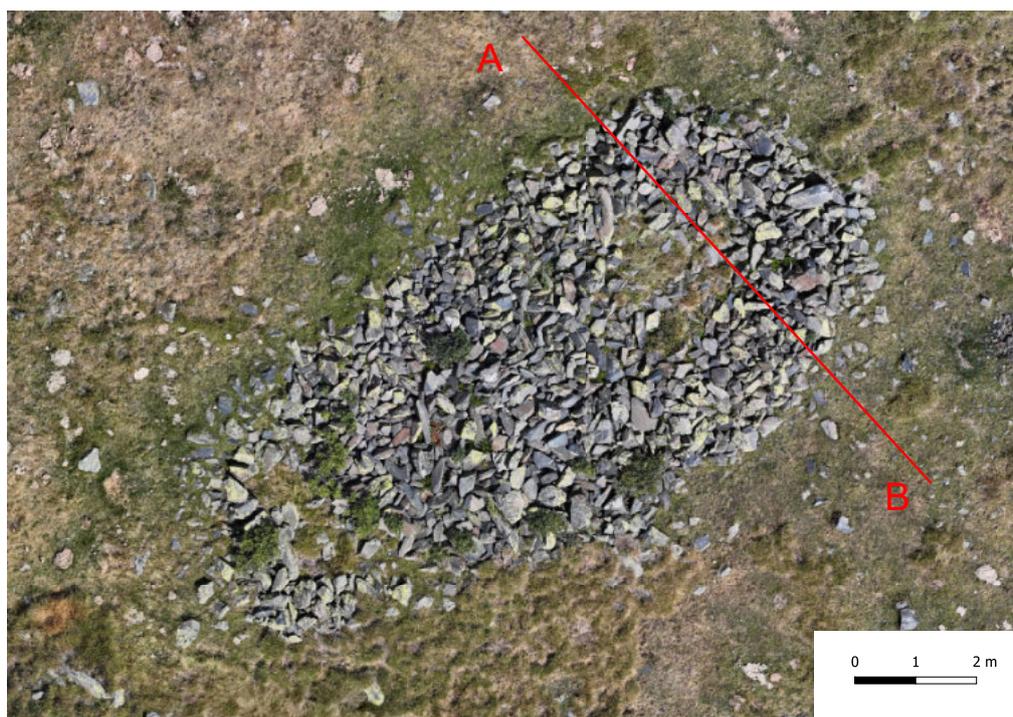
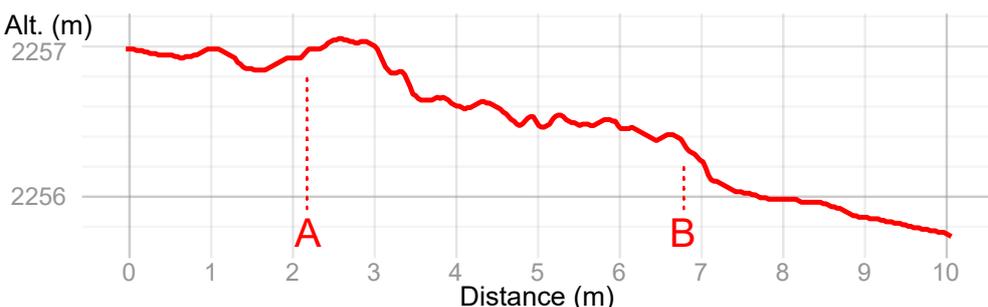


Fig. 69 - Structure 47. Ci dessus, orthophotographie faite par photogrammétrie (Metashape) et ci-contre, profil établi avec le logiciel QGis



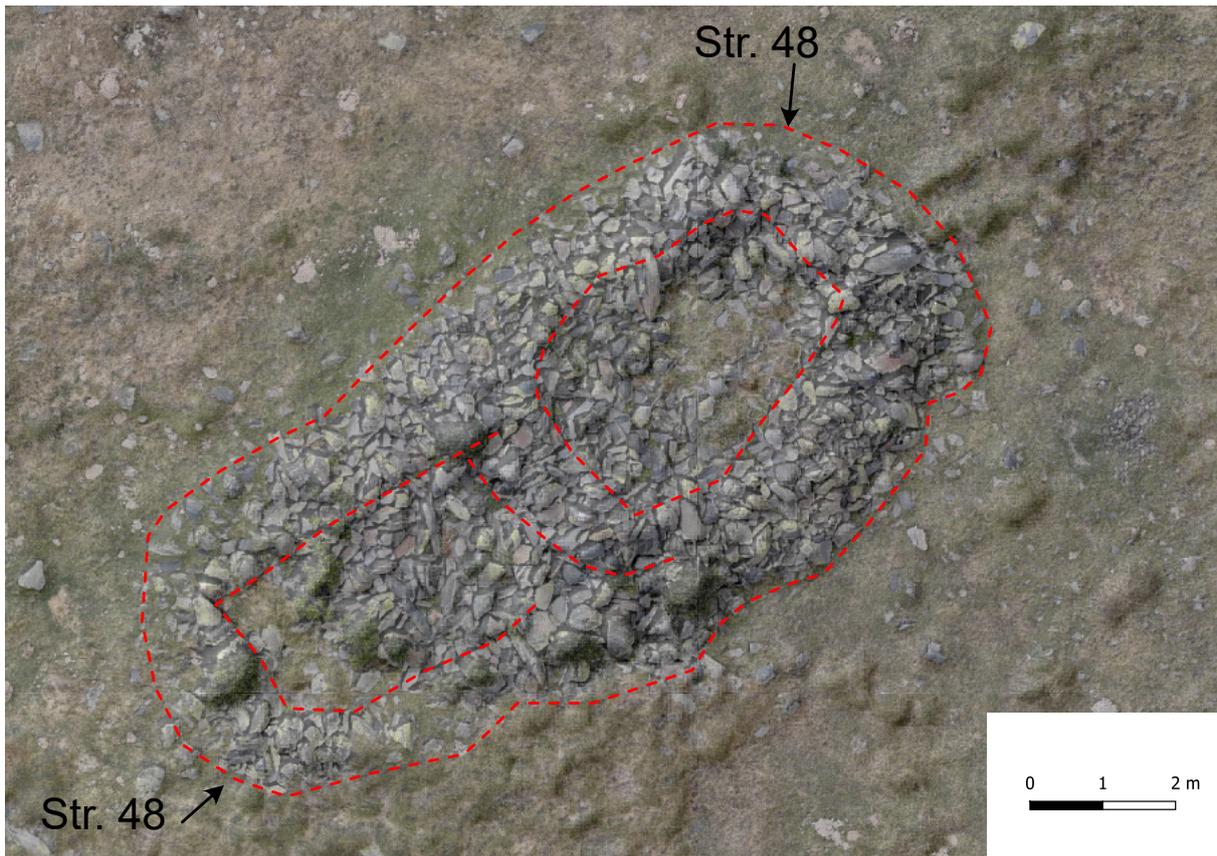


Fig. 70 - Structures 47 et 48. Association de l'orthophotographie et d'un ombrage permettant une observation en « pseudo » 3D de ces structures archéologiques

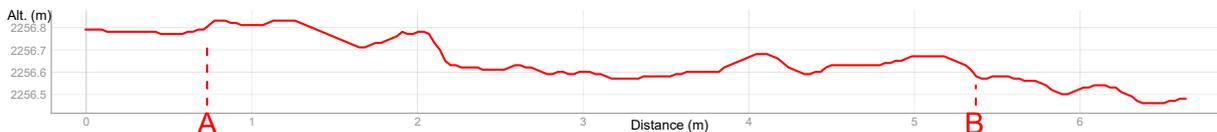


Fig. 71 - Structures 48. Profil (établi avec Qgis)

cette structure a été édiflée par dessus une construction plus ancienne (Str. 48). (Fig. 70)

- **Structure 48**

Petite construction partiellement visible car en partie recouverte par la structure 47. Elle est de forme rectangulaire (5,54 m de long et 4,61 m de large) et est perceptible sur une superficie totale de 29,042 m<sup>2</sup>. En l'état, la fonction de cette construction a été identifiée comme étant une

cabane, mais la perception partielle est un facteur limitant. Les murs sont conservés sur une hauteur de 0,21 m. L'angle Nord-Est est le mieux documenté. (Fig. 71 et 72)

La superposition des structures 47 et 48 est également bien perceptible sur la ligne de profil transversale (Fig. 74)



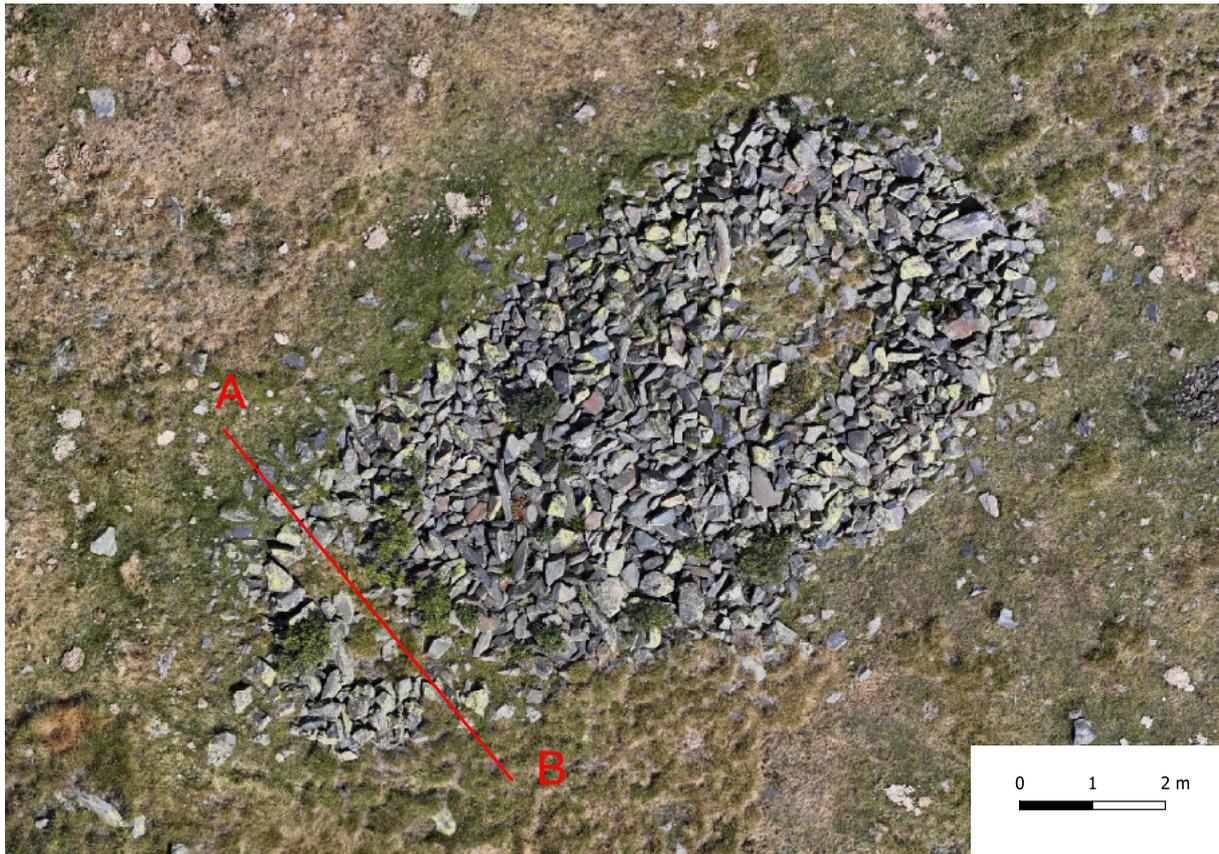
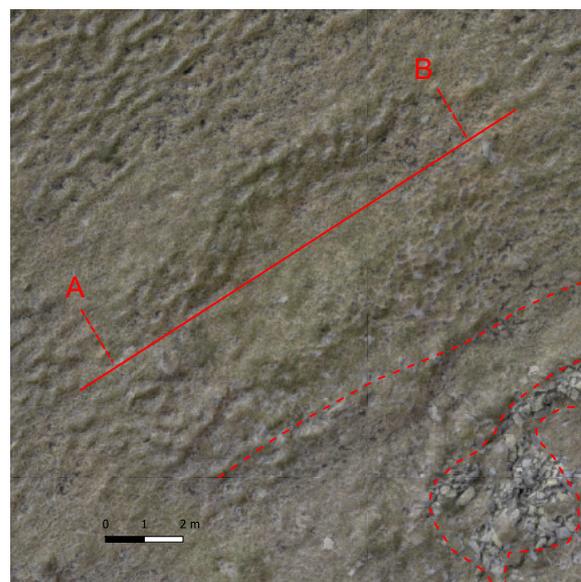


Fig. 72 - Structures 48. Orthophotographie réalisée par photogrammétrie (établie avec Metashape)

- **Structure 49**

Structure ovale de 50,017 m<sup>2</sup> (10,83 m de long et 5,15 m de large). Elle a été édifiée par nivellement de la pente dans laquelle elle est inscrite. Ce nivellement est de faible profondeur et ne se développe que sur 0,18 m de hauteur (Fig. 73 et 75). Cette construction se trouve à 4 m au Nord-Ouest de la structure 46 et jouxte la face Nord de la structure 50. De tels modes constructifs sont attestés dans d'autres territoires pyrénéens comme sur l'estive d'Anéou (commune de Laruns, Pyrénées-Atlantiques - Rendu et al, 2016) ou dans les travaux de Jean Blanc (Blanc et Rouzaud, 1994) en Ariège (Fig. 76). En Haut-Aragon (Espagne)

Fig. 73 - Structures 49. Ci-dessous, cumul de l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie et de l'ombrage



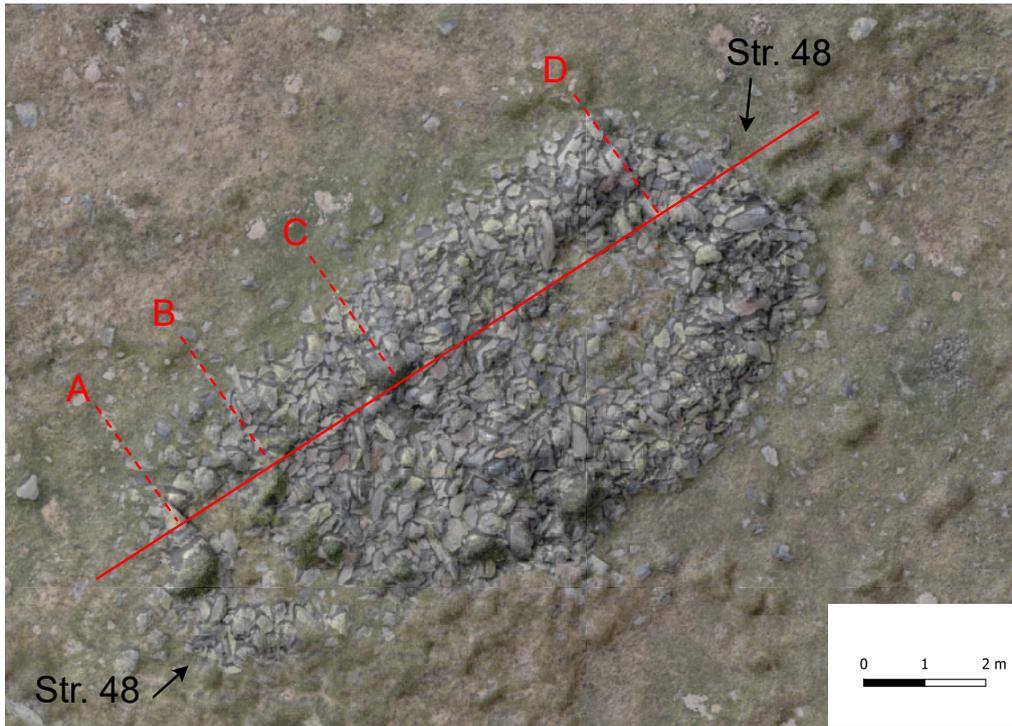


Fig. 74 - Structures 47 et 48. Ci dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape) et profil établi avec le logiciel QGis

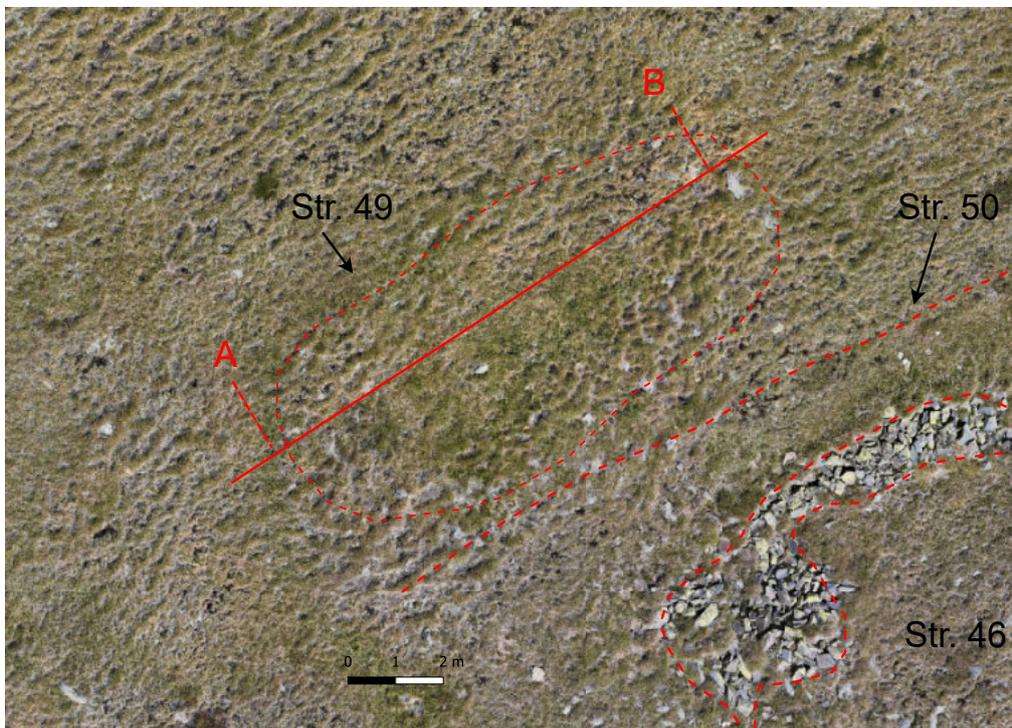
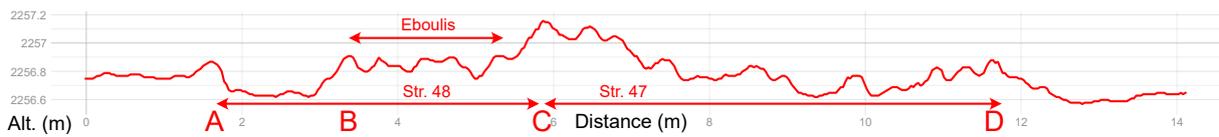


Fig. 75 - Structures 49. Ci contre; orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape) et profil établi avec le logiciel QGis



(Fig. 77) une photographie de Ricardo Compairé montre une cabane construite à partir d'une ossature constituée d'une poutre faîtière sur poteaux plantés supportant une large toiture de chevrons recouverts de mottes d'herbe, d'écorces et de branches. Les parois reposent sur un solin ou un muret de pierre. Autre exemple, cette cabane de la région de Vic (Catalogne, Espagne) entièrement en matériaux périssables, aménagée contre un talus (Fig.78). Dans cet exemple, un seul poteau, à l'aval, soutient la poutre faîtière. Les chevrons recouverts de mottes de gazon reposent directement sur le sol.

• **Structure 50**

Possible mur de 34,9 m de long. Il borde la structure 46 et longe la structure 50. Il suit un axe Nord-Est/Sud-Ouest. Aucun alignement de pierre n'est identifiable en surface. Seul un micro-relief de 0,32 m de hauteur (en moyenne). Sur les seules données de surface, il est très complexe de faire la part entre structure archéologique et micro-reliefs provoqué par le déplacement des troupeaux. (Fig. 79)



Fig. 76 - Structures 49. Schéma des « cabanes de terre » décrite par Jean Blanc (Blanc et Rouzaud, 1994 - © infographie C. Calastrenc)



Fig. 77 - Photographie de R. Compairé en Haut Aragon (Fototeca de Huesca)



Fig. 78 - Photographie de Franc Blasi Vallespiosa Arxiu Fotografic del Centre Excursionista de Catalunya



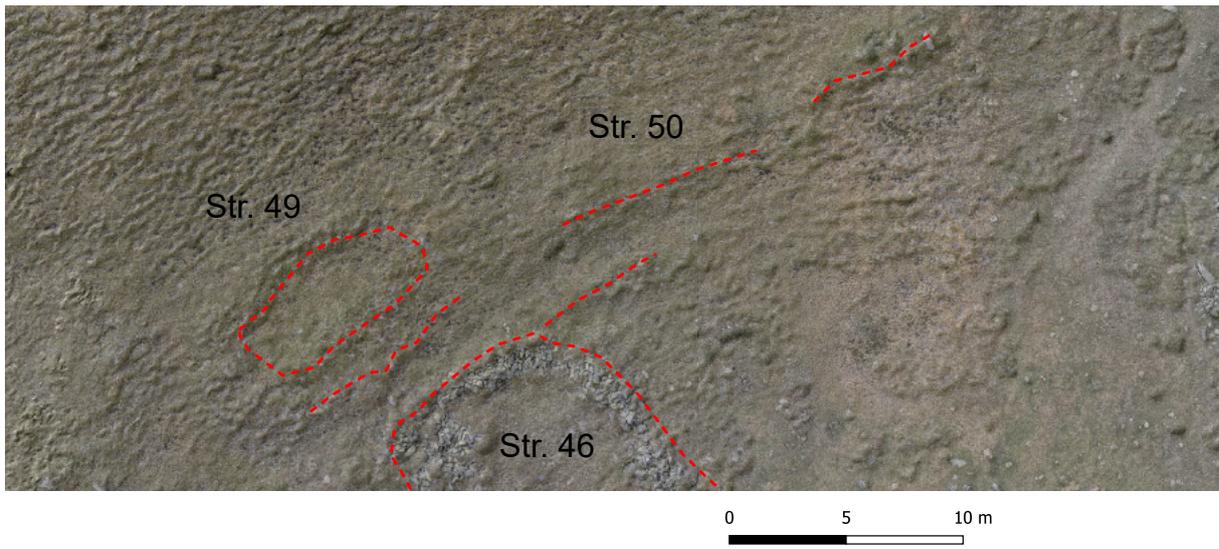


Fig. 79 - Structures 50 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie superposée à un ombrage)

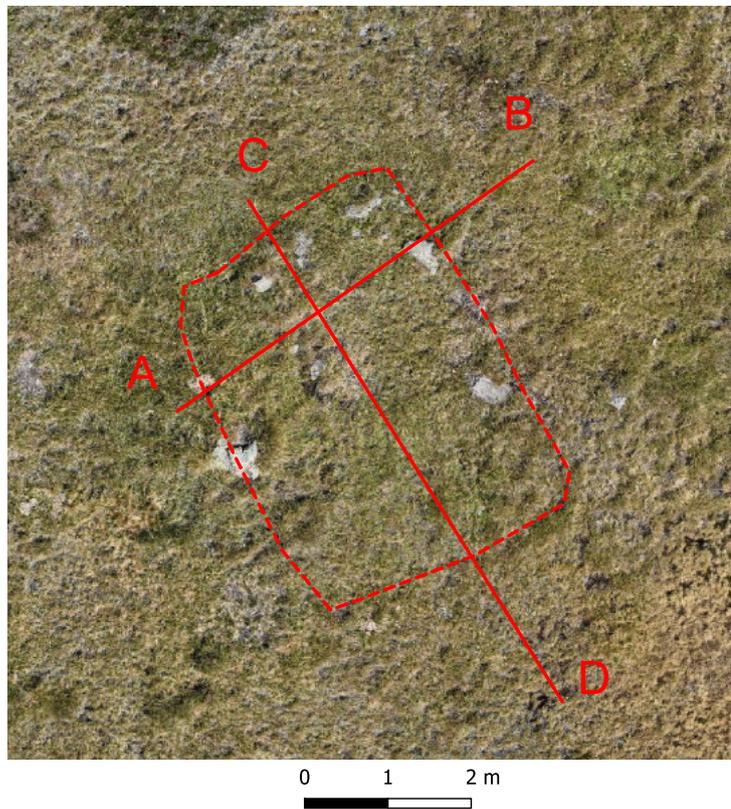
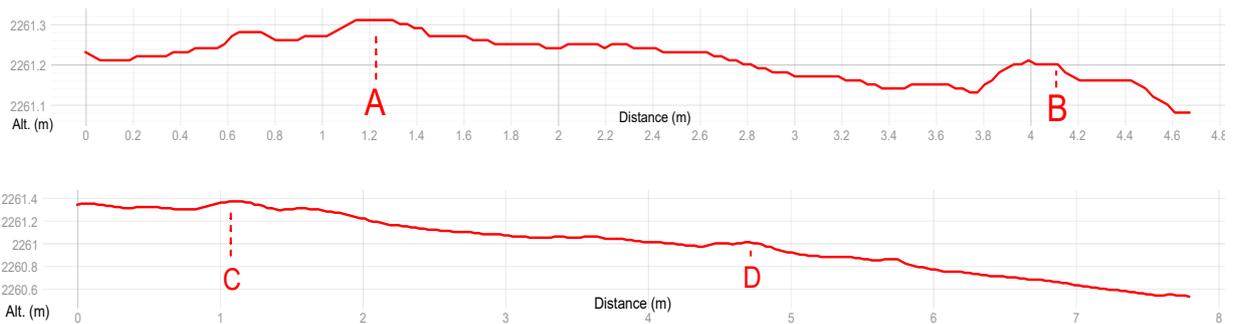


Fig. 80 - Structures 51. Ci-contre, l'orthophotographie et ci-dessous le profil



- **Structure 51**

A 8 m à l'Ouest de la structure 59, se trouve une petite structure de 18,98 m<sup>2</sup> (5,177 m de long, 4.337 m de large. Très arasée, elle n'est

perceptible que par quelques pierres affleurantes et un léger micro-relief. Ces mesures et son aspect extérieur laissent penser que cette structure est une cabane. (Fig. 80)

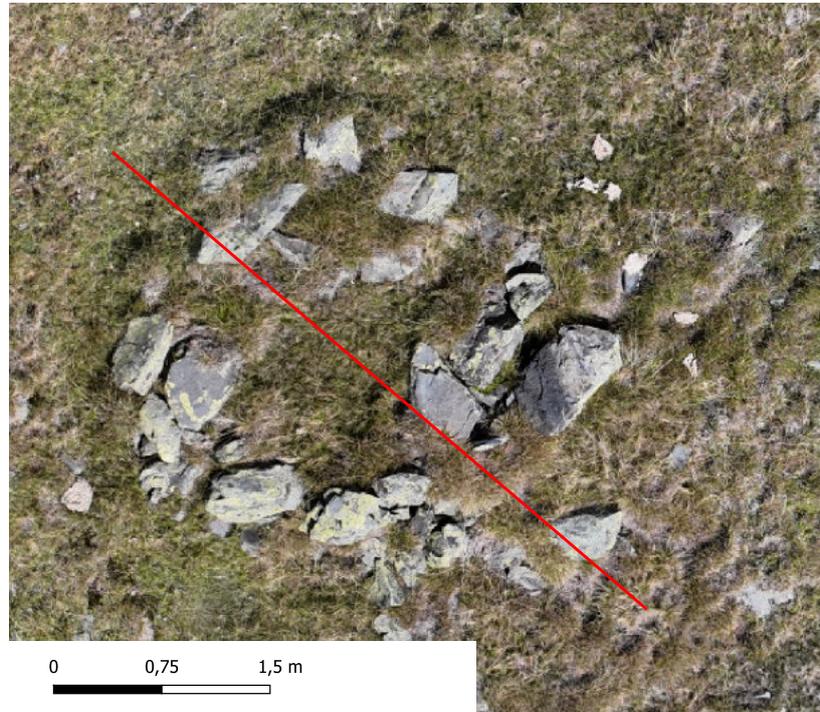
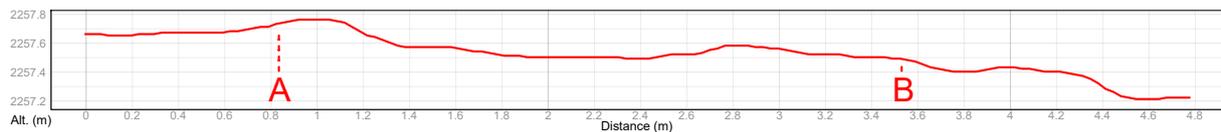


Fig. 81 - Structures 52. Ci-contre, l'orthophotographie et ci-dessous le profil



- **Structure 52**

La structure 52 n'est perceptible que par quelques pierres agencées de façon à former un petit rectangle de 8 m<sup>2</sup> (2.954 de long et 3.124 m de large). La petitesse de cette infrastructure permet d'orienter l'identification fonctionnelle vers l'abri à agneau ou la niche à chien. (Fig. 81)

- **Structure 53**

Possible enclos de 53 m<sup>2</sup> (9,98 m de long, 6,67 m de large). Elle n'est visible qu'au travers de différentes visualisations du Modèle Numérique de Terrain (MNT) : Slope, ombrage, multi-ombrage, Local Dominance). Le tracé montrant un angle droit au Sud-Est laisse penser à un aménagement. Toutefois, sur le terrain, ce qui est perceptible, c'est un léger micro-relief (de



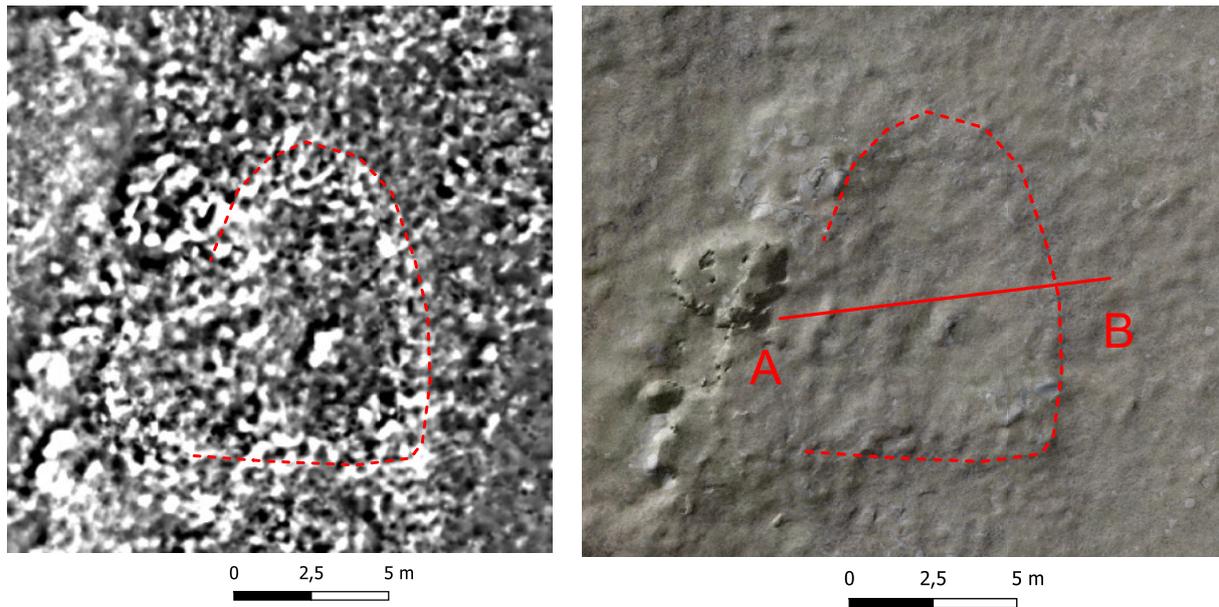
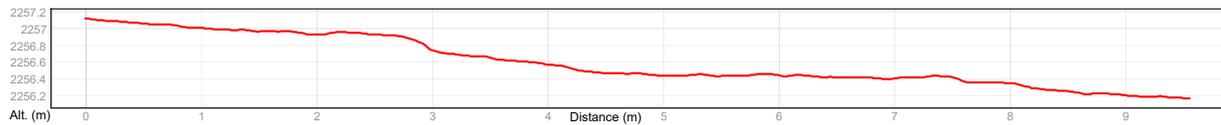


Fig. 82 - Structures 53. Ci-dessus, à gauche le calcul « Local Dominance réalisé avec le logiciel RVT ; à droite, association de l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie et d'un ombrage. Ci-dessous le profil



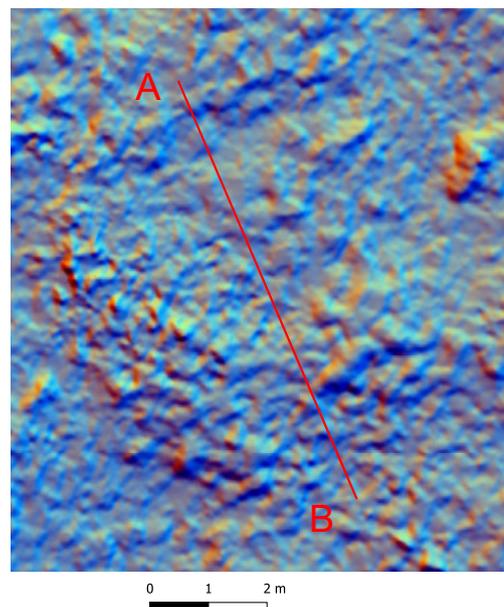
0,35 m de hauteur), une modification du couvert végétal, mais aucun blocs affleurants. C'est la raison pour laquelle il serait nécessaire de pousser les observations pour définir sa véracité ou de l'infirmier. (Fig. 82)

• **Structure 54**

Possible petite construction de 17,54 m<sup>2</sup> accolée à la face Ouest de la structure 53 et à 1,5 m au Sud de la structure 50. Cette structure n'est pas



Fig. 83 - Structures 54. A gauche, l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie. A droite, résultat du calcul de pente (Slope) réalisé avec le logiciel RVT sur le MNT réalisé par photogrammétrie.



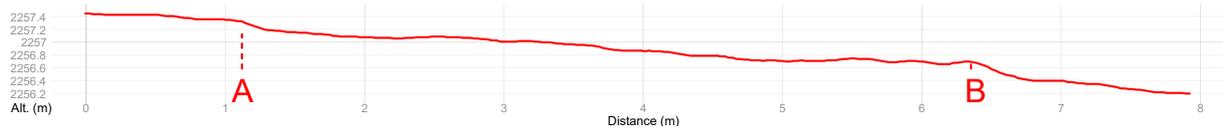


Fig. 84 - Structures 54. Ci-dessus, profil réalisé d'après le MNT

visible sur le terrain. Elle n'est perceptible que par différentes visualisations du Modèle Numérique de Terrain (MNT) : Slope, Sky View Factor, ombrage et multi-ombrage. (Fig. 83 et 84)

• **Structure 55**

Possible structure visible par quelques pierres affleurantes et un léger micro-relief. Sur le terrain, cette structure n'est pas visible. Elle est identifiable dans différentes méthodes de visualisation du Modèle Numérique de Terrain :

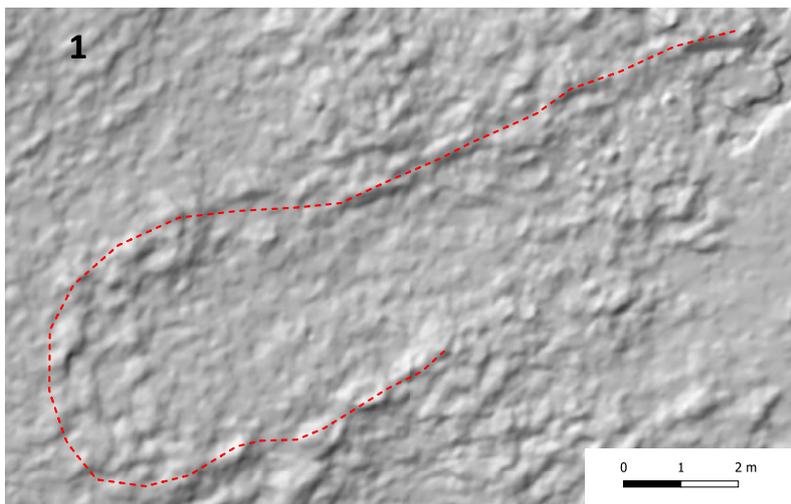
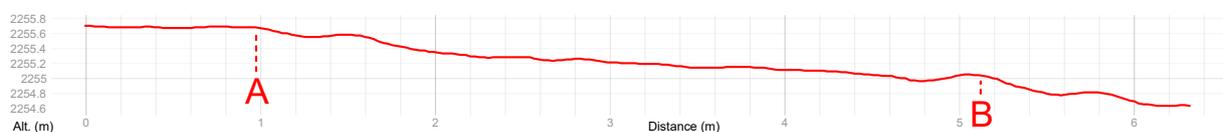


Fig. 85 - Structures 54. 1. Ombrage réalisé à partir du MNT ; 2. Orthophotographie réalisée par photogrammétrie, 3. Profil réalisé à partir du MNT



3



Slope, SkyView Factor, ombrage et multi-ombrage. Se dessine une possible structure rectangulaire de 10,39 m de long et 5 m de large (40,25 m<sup>2</sup>). La différence de niveau du sol entre l'intérieur et l'extérieur est de moins de 0,10 m de haut. (Fig. 85)

• **Structure 56**

Structure ou aménagement qui se trouve au Nord-Est de la structure 45. Tout comme la structure 49, elle a été constituée par nivellement du sol. Elle se présente sous la forme d'une excavation de 11,05 m de long et 6,75 m de large (soit 61,57 m<sup>2</sup> de superficie). La différence de niveau entre la partie supérieure

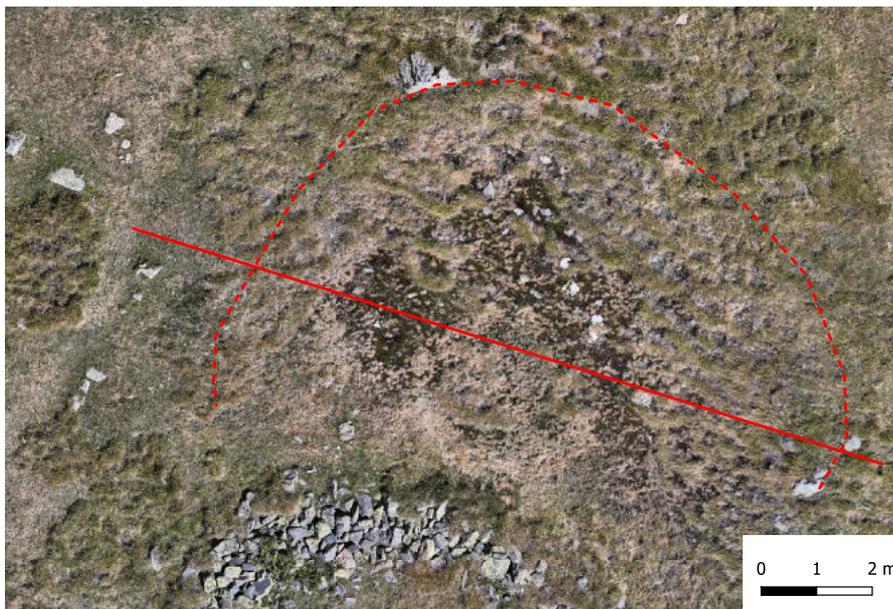


Fig. 86 - Structures 56. Ci-contre, l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie ; au-dessus, le profil.

est de 1,05 m. Sans l'observation de la présence des vestiges d'un muret sur la partie frontale, il est difficile de l'identifier comme étant une cabane ou un enclos. Peut être s'agit il des vestiges d'un autre type d'aménagement comme la libération d'un espace nécessaire à une ou des activités particulières qu'il

resteraient à définir. Toutefois, il ne faut pas écarter l'hypothèse qu'il s'agisse d'une déformation naturelle du sol. (Fig. 86)

• **Structure 57**

Petite structure installée en bordure Sud du



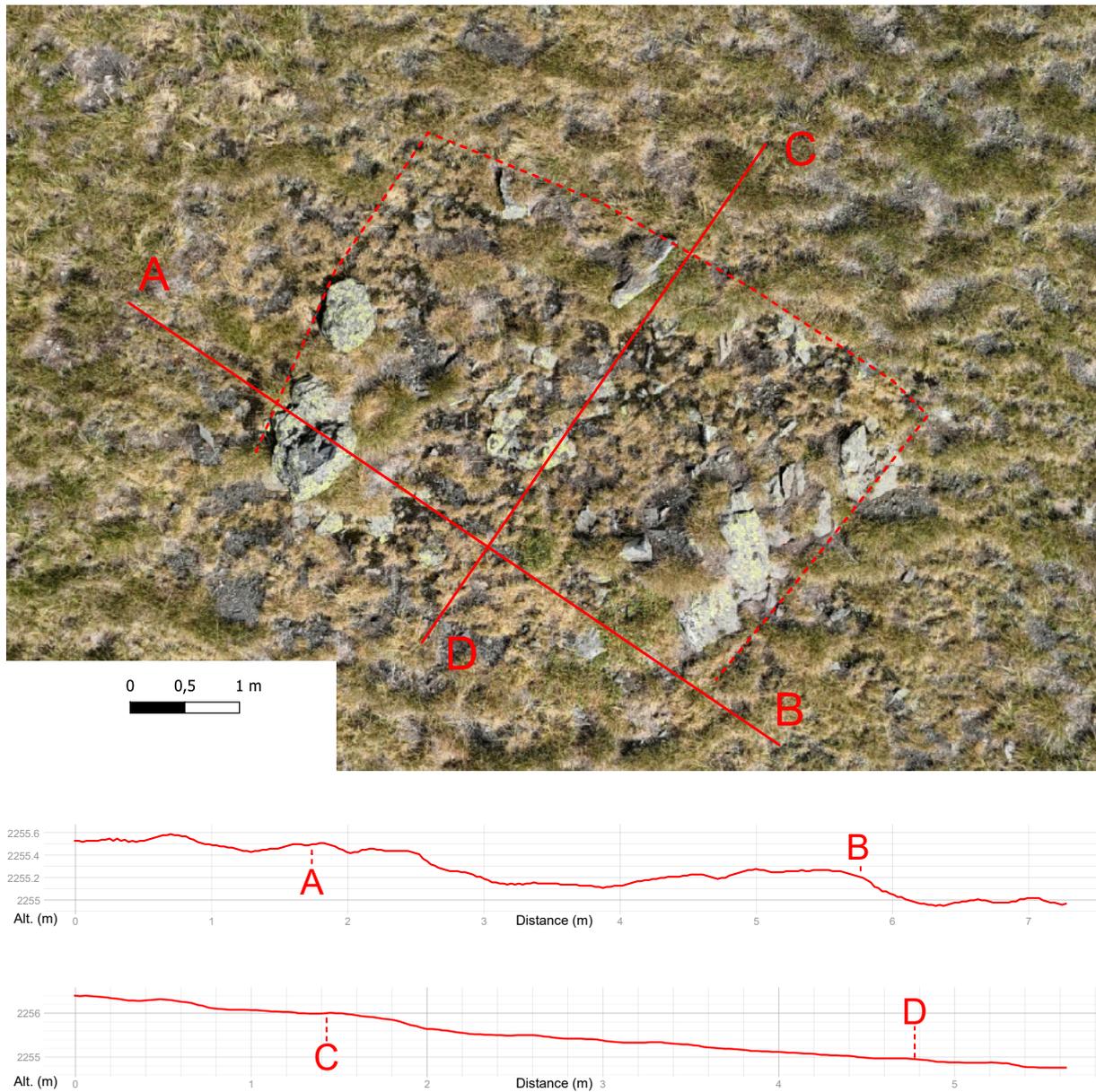


Fig. 87 - Structures 57. Ci-dessus, l'orthophotographie et les deux profils extraits de la photogrammétrie

replat. En surface elle est tracée par quelques pierres affleurantes à la surface qui dessinent un carré de 17,42 m<sup>2</sup> (3,936 m de long et 4.864 m de large). Elle est très arasée et n'est conservée que sur moins de 0,10 m de hauteur (0.08 m). (Fig. 87)

• **Structure 58**

Possible structure semi-circulaire de 30,42 m<sup>2</sup> (6,52 m de long et 4,17 m de large). Son état d'arasement est extrême (ce qui perturbe les observations de surface) avec un micro-relief inférieur à 0,10 m de haut. En surface, il est difficile d'identifier cette concentration de blocs



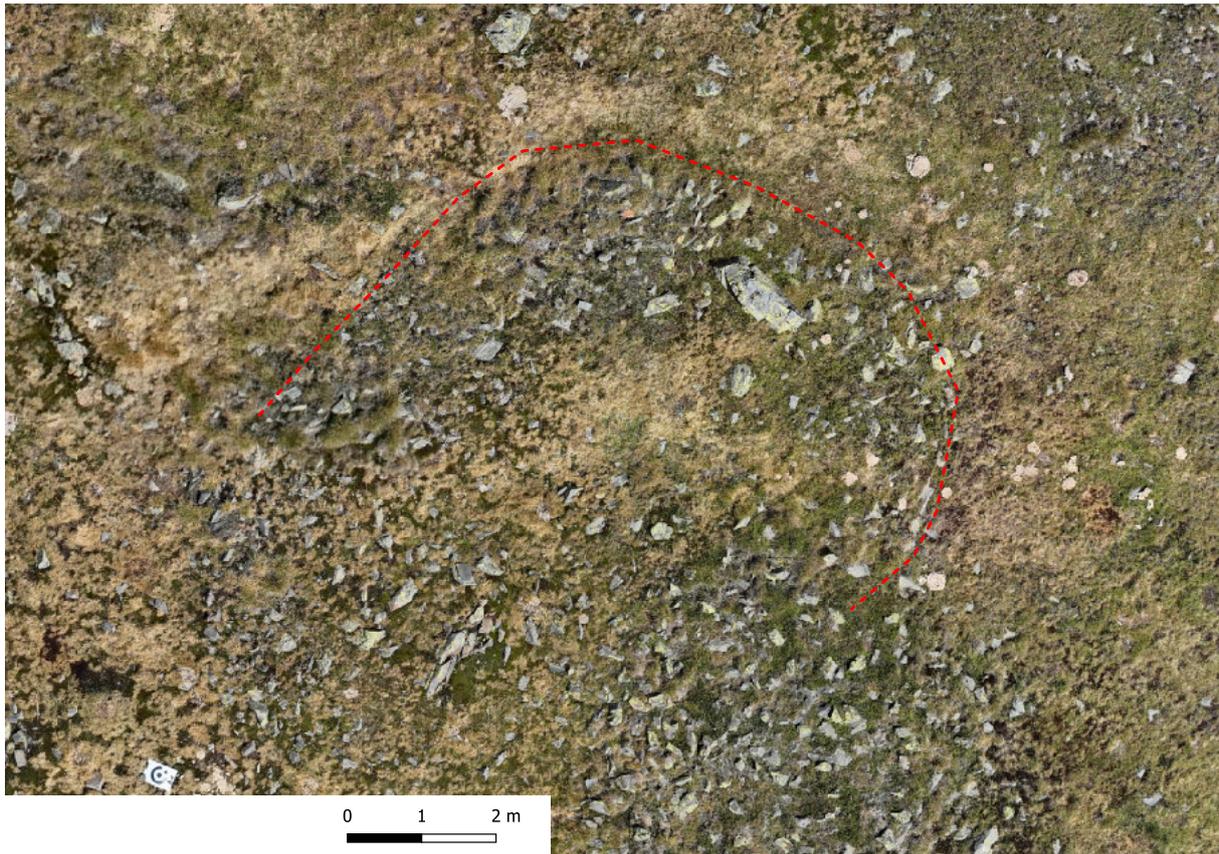


Fig. 88 - Structures 58. Ci-dessus, l'orthophotographie issue de photogrammétrie

et pierres de petits modules. La vision aérienne (orthophotographie) ajoutée aux observations effectuées sur les différentes méthodes de visualisation du Modèle Numérique de Terrain (Slope, ombrage, multi-ombrage, Local Dominance) permet de l'identifier comme étant une possible structure archéologique. Toutes les réserves sont également posées. (Fig. 88)

• **Structure 59**

Possible structure rectangulaire de 30,42 m<sup>2</sup> (6,52 m de long et 4,17 m de large). (Fig. 89 et 90) Elle n'a pas été perçue sur le terrain. Elle figure dans cet inventaire car elle apparaît avec différentes méthodes de visualisations du MNT produit par photogrammétrie : Slope, ombrage et mutli-ombrage. Ces visualisations ainsi que les profils édités montrent que la face Nord-Est paraît ne pas indiquer la présence de blocs et



Fig. 89 - Structures 59. Profil établi à partir du MNT produit par photogrammétrie



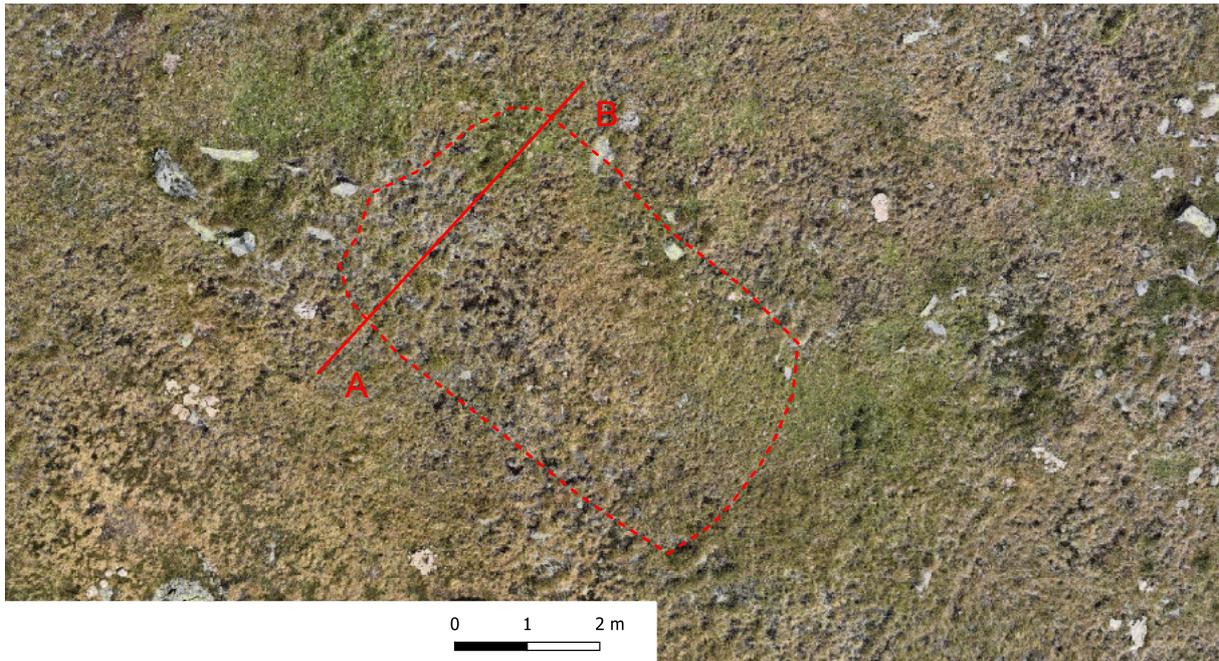


Fig. 90 - Structures 59. Localisation de la structure sur l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie.

pierres sous-jacents. Cette structure figure dans cet inventaire, mais avec toute la prudence et les réserves nécessaires.

### **Thermographie par drone**

Toute la zone d'étude a été couverte à l'aide du drone DJI Mavic 3T équipé d'un capteur thermique. Ce drone a été acquis sur les crédits provenant des prestations de service réalisées par le plateau technique « Télédétection, Imagerie, Géomatique, 3D » (TIG-3D) de la plateforme ArchéoScience du laboratoire TRACES (UMR 5608).

La prise de 608 images a été nécessaire pour couvrir la zone d'étude. Un extrait de quelques images thermiques sont visibles en annexe du présent rapport.

La durée des pré-traitements et la date impartie pour la remise de ce rapport (20 décembre) limite les possibilités de traitement et d'analyse des données.





## CHAPITRE 3-3

### L'Artigue

#### (Commune de Castillon-de-Larboust - Haute-Garonne - Occitanie)

Le secteur de l'Artigue se trouve à l'extrémité Sud de la commune de Castillon-de-Larboust. Il s'agit d'une clairière dans une grande sapinière d'environ 6 hectares qui s'étend de 1396 m d'altitude à 1528 m d'altitude. (Fig. 91)

L'ensemble de la clairière est marqué par une forte pente de 29% en moyenne (et 69% pour le pendage le plus important) allant vers le Nord.

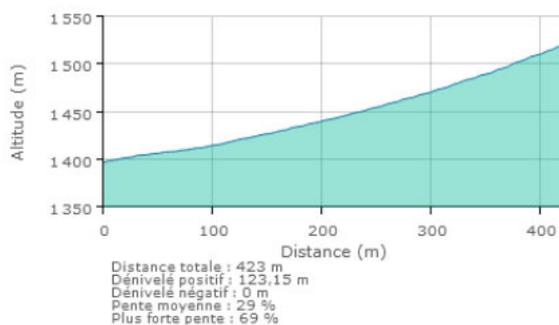


Fig. 91 - Profil altimétrique du secteur de L'Artigue (Castillon-de-Larboust - Haute-Garonne)

La montée du matériel scientifique s'est faite par hélicoptage (Société Blugeon - Antenne d'Ancizan). Ne pouvant stocker le matériel de façon sûre, il a été décidé de réaliser une campagne d'acquisition d'une journée.

Une première inspection de la clairière a été réalisée par l'équipe du programme de recherche Paacte (Dir. Marie-Claude Bal). Elle a identifié, à cet emplacement, la présence d'une cabane et d'un enclos. Aucun relevé, aucun schéma,

ni aucune mesure n'a été prise lors de ce repérage. L'intervention des membres du programme TAHMM s'inscrit dans ce cadre. Notre objectif était de réaliser un inventaire le plus précis possible de la clairière.

La suite du rapport présentera les résultats des relevés réalisés en 2023, soit :

- Une couverture photogrammétrique par drone
- Une couverture thermographique par drone
- Une acquisition avec un magnétomètre

(Fig. 92)

Il nous a été impossible de traiter les images thermiques dans le temps imparti. Cette partie sera incluse dans le rapport 2024.

Cette campagne de prospection a permis d'inventorier (Fig. 93S)

- 1 cabane
- 2 enclos
- 1 mur
- 2 possibles structures à la fonction indéterminée



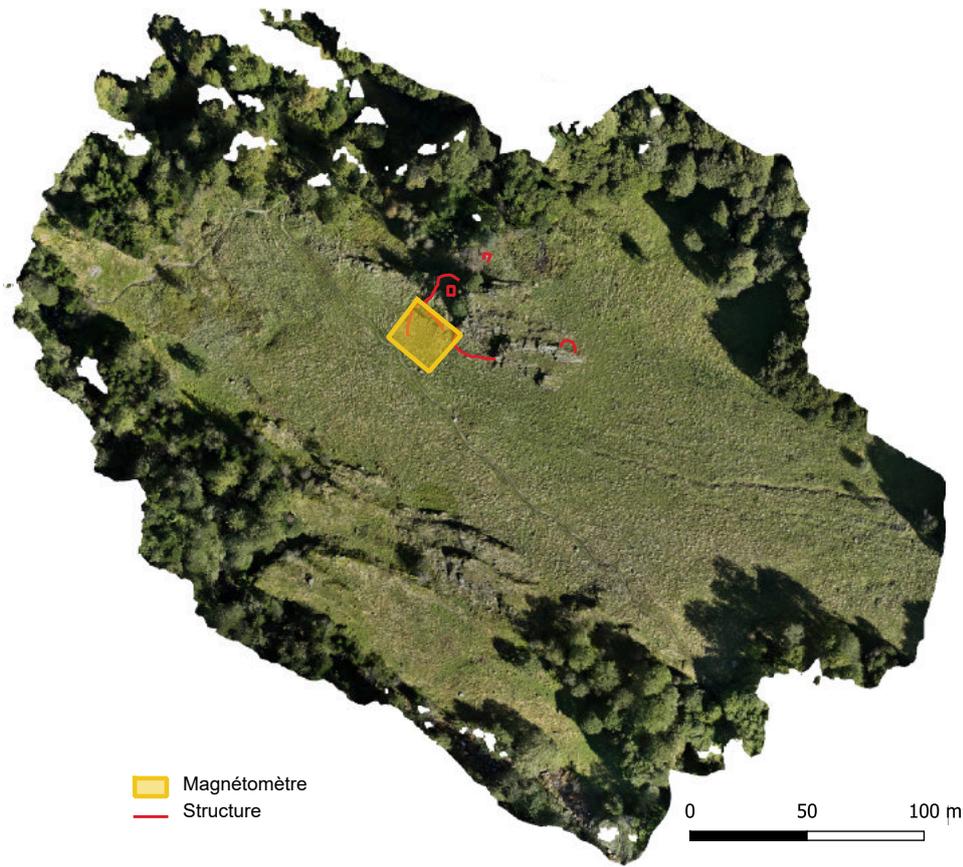


Fig. 92 - Localisation des structures et de la zone couverte au magnétomètre en 2023 sur le secteur de l'Artigue (Castillon-de-LarboustHaute-Garonne)

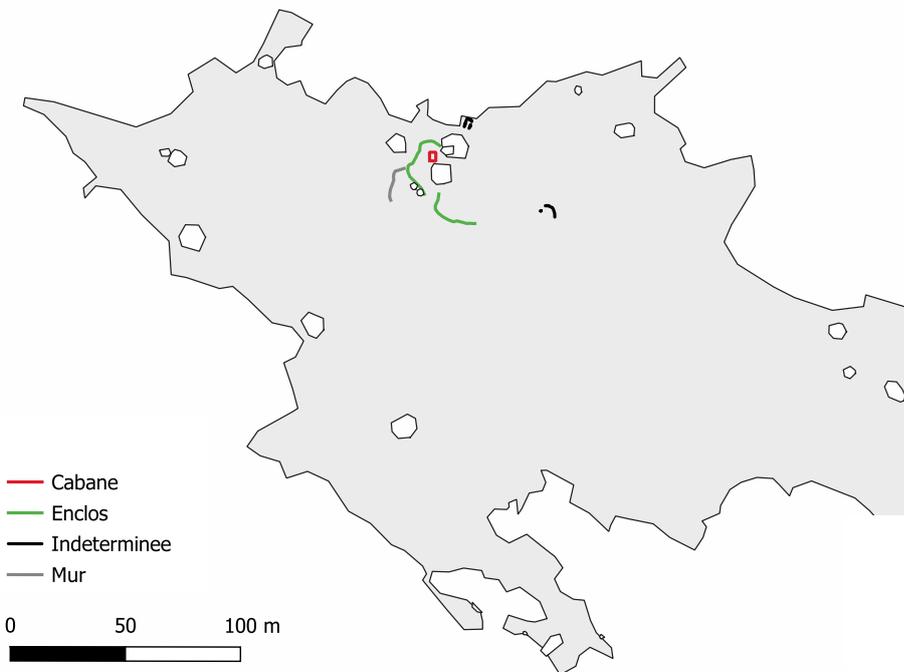


Fig. 93- Localisation des structures classées par catégorie fonctionnelle (Castillon-de-LarboustHaute-Garonne)



## Photogrammétrie

Une session d'acquisition d'images RGB par drone a permis la réalisation d'une modélisation 3D de la zone d'étude par photogrammétrie. L'acquisition a été réalisée par Carine Calastrenc et le traitement des données a été effectué par François Baleux. (pour plus de précision : chap. 2, « Rapport de traitements pour la campagne de photogrammétrie par drone du programme TAHMM 2023 » - p. 50 à 63 du présent rapport et Rapport photogrammétrique Metashape en Annexe)

Le Modèle Numérique de terrain a ensuite été exploité dans le logiciel RVT (Relief Visualization Tools du Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts de Ljubljana en Slovénie).

## Géophysique

Une session d'acquisition au magnétomètre a été réalisée sur la partie Nord-Ouest de la zone d'étude de L'Artigue. Ce sont 488 m<sup>2</sup> qui ont été inspectés. Le matériel utilisé (le système magnétomètre-gradimètre GSM-19 de la Société Gem) a les caractéristiques suivantes :

Sensibilité : 0,015 nT/vHz

Nombre de mesure : 1 échantillon par seconde au moins.

Résolution : 0,01 nT.

Malheureusement, un problème avec l'antenne satellite a perturbé l'enregistrement de la position du magnétomètre. Les données ne sont pas exploitables.

## Inventaire archéologique

- **Structure 60 :**

Cabane rectangulaire de 12,359 m<sup>2</sup> de superficie (3,89 m de long x 2,947 m de large). Les murs sont conservés sur 1,574 m de hauteur (max.). Ils ont une largeur d'environ 0,737 m. Elle a été construite contre la face Ouest d'un

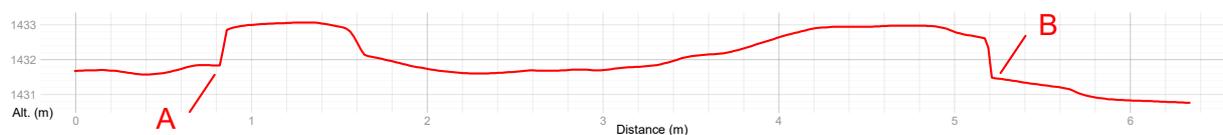
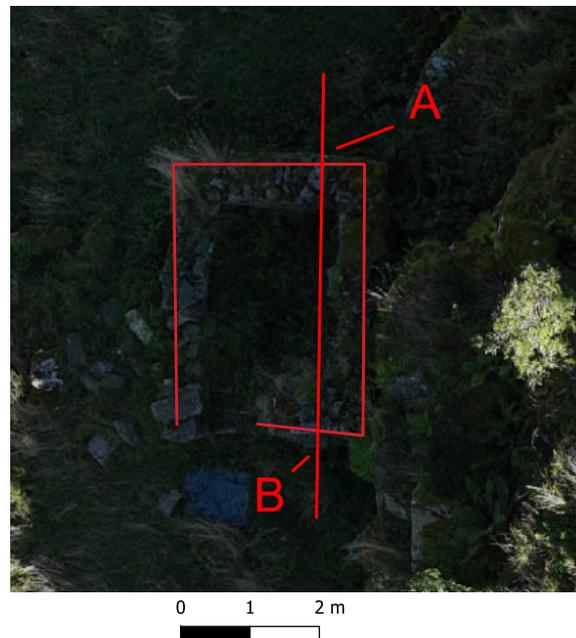


Fig. 94 - Structure n° 60 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : orthophotographie et profil



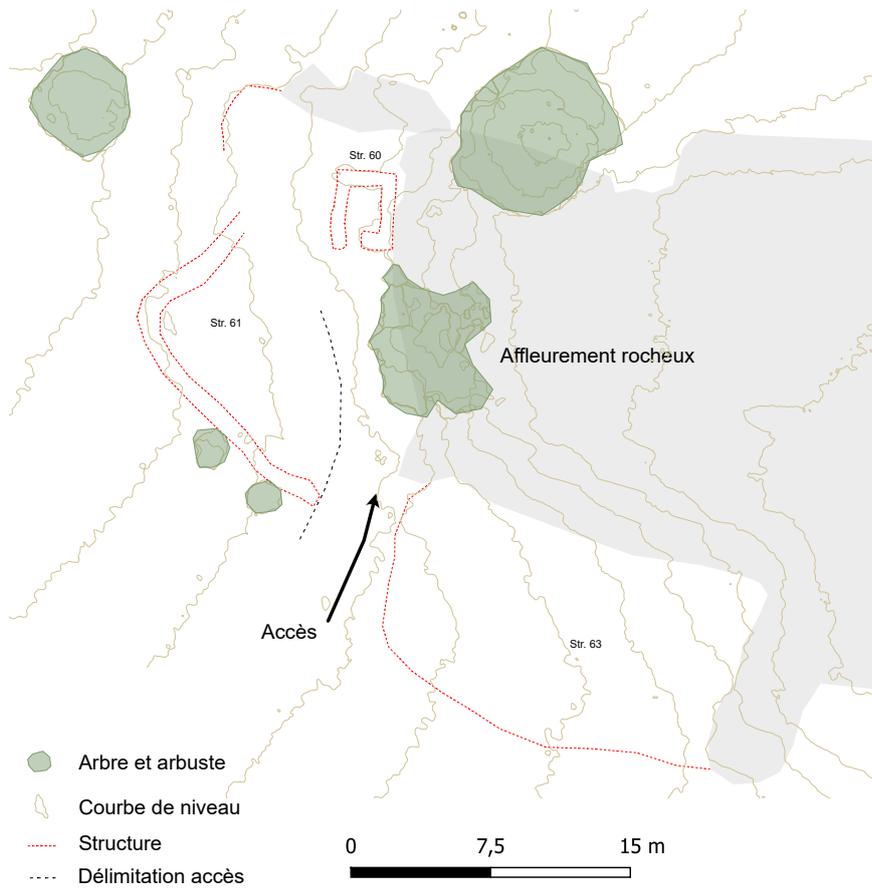


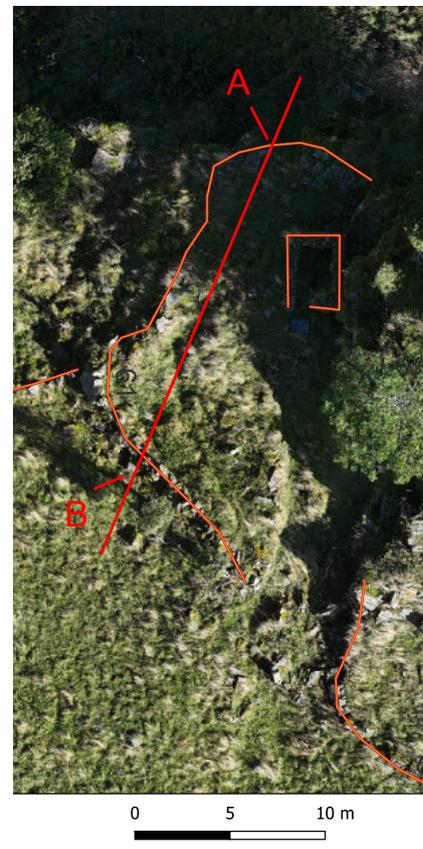
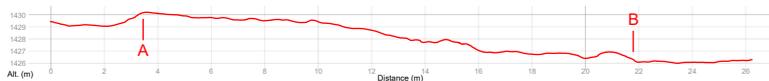
Fig. 95 - Localisation de l'accès à la structure n° 60 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne)

affleurement rocheux. L'entrée, de 1 m de large, se trouve sur la face Sud (Fig. 94). Le linteau de cette porte est tombé au sol. Pour accéder à cette cabane, un « chemin » a été aménagé. Large de 2.5 m et long de 19 m, il passe entre les enclos n° 61 et 62. (Fig. 95)

• **Structure 61 :**

Enclos de 169.06 m<sup>2</sup> (22,769 m de long et 9,808

Fig. 96 - Structure n° 61 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : Ci-contre, orthophotographie faite par photogrammétrie ; ci-dessous profil



m de large), il a été aménagé à l'Ouest de l'affleurement rocheux. Il prend appui contre ce dernier au Nord et trace une sorte d'arc de cercle de l'Ouest au Sud. Il ouvre dans son angle Sud-Est. Le mur est fait de blocs de différents modules entassés les uns au-dessus des autres. (Fig. 96)

sont constituées par le rocher ; les faces Ouest et Sud sont délimitées par des murs fait par empilement de blocs en petits et moyens modules entre des rocher de plus gros volumes. Aucun accès n'est visible. Sa face Ouest long le chemin d'accès à la cabane (structure n° 60). (Fig. 97)

• **Structure 62 :**

Enclos de 134.374m<sup>2</sup> (18,975 m de long et 9.789 m de large), il a été édifié sur la face Sud de l'affleurement rocheux. Les faces Est et Nord

• **Structure 63 :**

Mur de 18,015 m de long et 0.87 m d'épaisseur. Il n'est perceptible que sur une hauteur de 0.13 m. En dehors de quelques blocs affleurant, il est

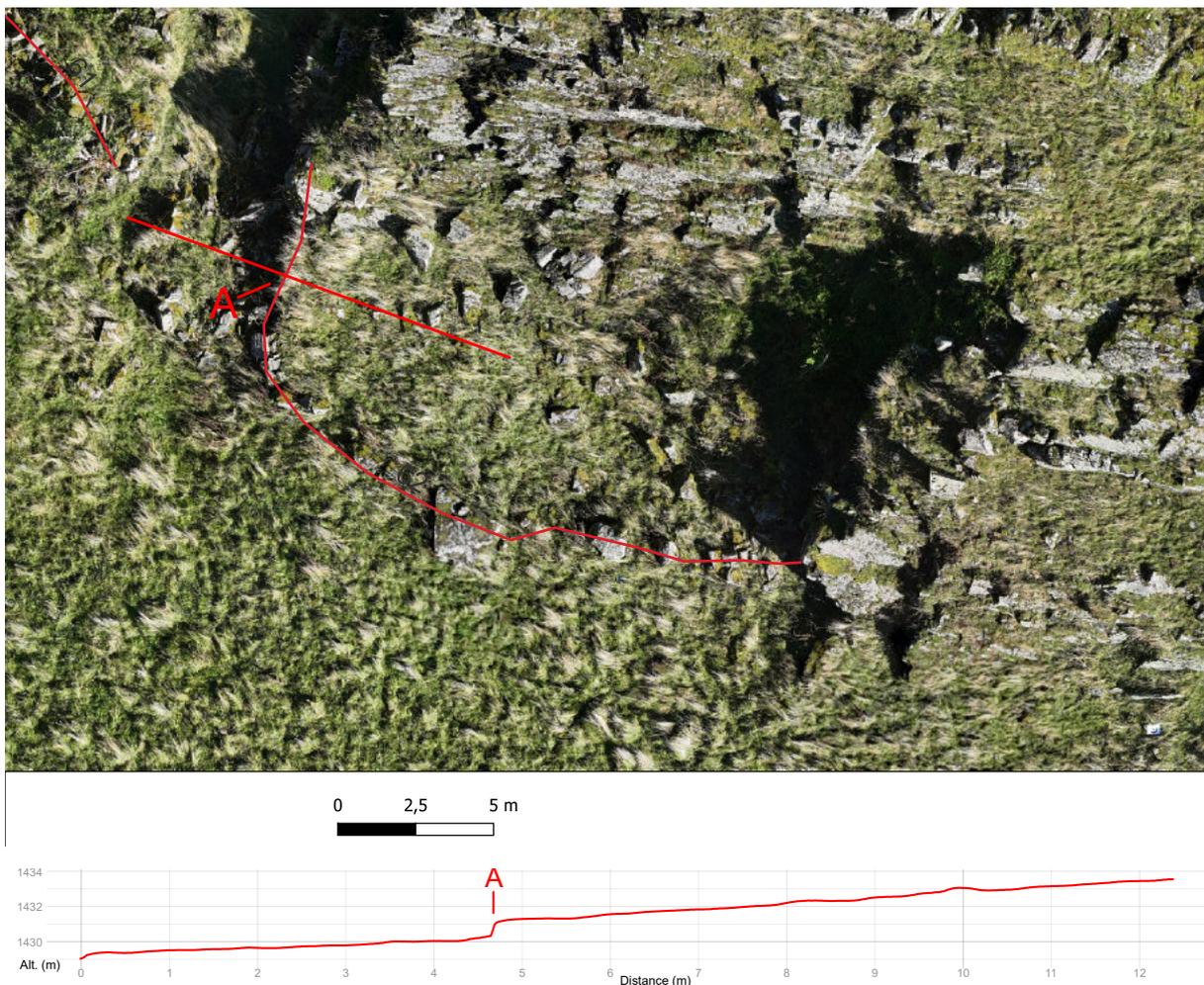


Fig. 97 - Structure n° 62 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : orthophotographie faite par photogrammétrie et profil



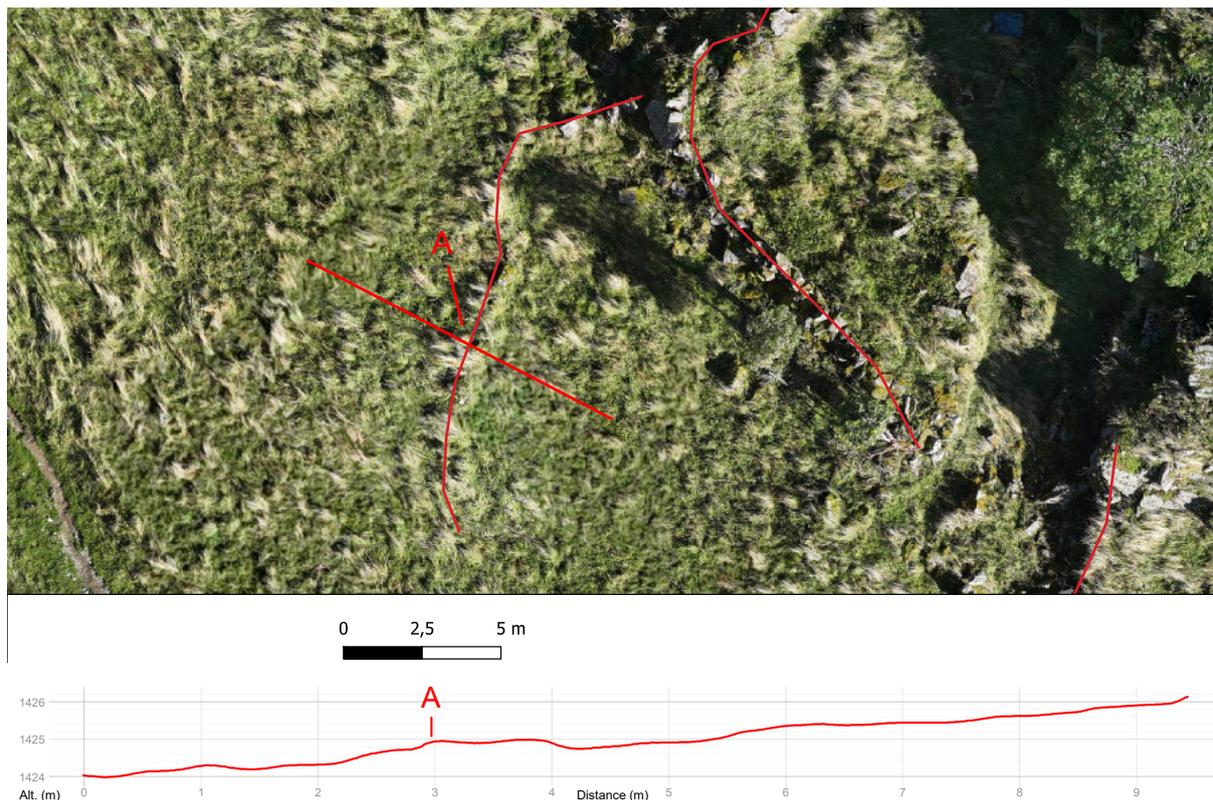


Fig. 98 - Structure n° 63 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : orthophotographie faite par photogrammétrie et profil

quasi-totalement recouvert par la végétation. Le couvert végétal était tellement dense lors de la prospection qu'il est même difficile d'affirmer qu'il s'agisse bien d'une structure. (Fig. 98)

- **Structure 64 :**

Structure constituée d'une pierre sur laquelle deux rainures (de 2.30 m de long, 0.60 m de large et 0.20 m de profondeur maximale) paraissent avoir été faites. Il peut s'agir d'un aménagement lié à la captation/dérivation

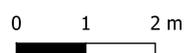
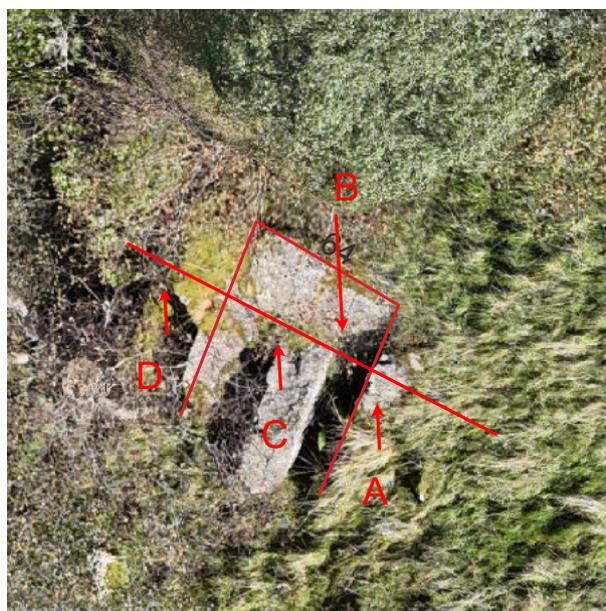


Fig. 99 - Structure n° 64 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : orthophotographie faite par photogrammétrie et profil



d'eau. (Fig. 99)

- **Structure 65 :**

Petite structure de 22.214 m<sup>2</sup> (7.041 m de long et 3.666 m de large). Elle ne se perçoit que par l'affleurement de quelques pierres sur sa face Est et un léger micro-relief au Nord et à l'Ouest. Elle a une forme semi-circulaire et a été aménagée contre un affleurement rocheux (qui constitue sa face Sud). (Fig. 100)

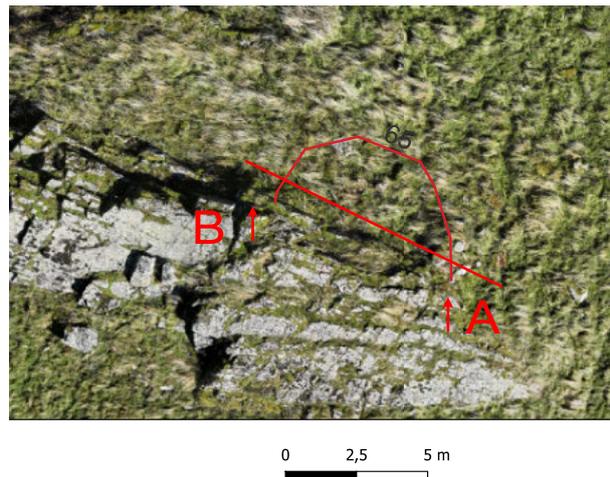
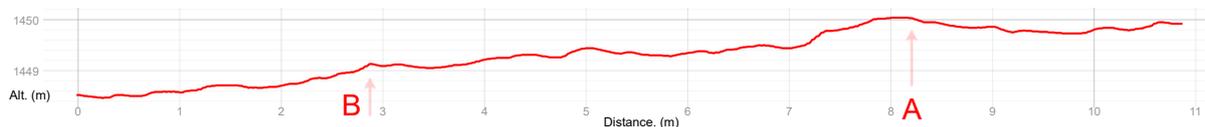


Fig. 100 - Structure n° 65 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : orthophotographie faite par photogrammétrie et profil



### **Thermographie par drone**

L'équipe du programme TAHMM est en train de mettre en place une procédure de traitement des images thermiques provenant du drone DJI Mavic 3 T (nouvellement acquis par le plateau « Télédétection, Imagerie, Géomatique-3D » de la plateforme ArchéoScience du laboratoire TRACES (UMR 5608). Pour l'instant, un verrou à dépasser est de pouvoir sortir du format .jpg pour obtenir des images où la valeur de chaque pixel équivaut strictement à la température de surface mesurée lors de l'acquisition.

Le temps court entre la fin de la campagne de terrain (28 septembre) et la date impartie pour la remise de ce rapport (20 décembre) a

empêché le développement méthodologique. Les données seront traitées dans le courant de l'année 2024 et les résultats seront présentés dans le rapport 2024.





## CHAPITRE 3-4

### Collet de la Mula

#### (Commune d'Enveitg - Pyrénées-Orientales - Occitanie)

Le secteur du Collet de la Mula se trouve dans la commune d'Enveitg, à l'Ouest du replat de l'orri. Il s'agit d'un versant orienté plein Sud qui ouvre sur la plaine cerdane. Le site archéologique se trouve aux pieds d'une petite barre rocheuse. Ce versant est relativement pentu avec un pendage moyen de 31% (de 65% pour la partie la plus forte).

La montée du matériel scientifique et de la base vie a été effectuée par hélicoptage (Société Helittoral - Antenne de Perpignan).

La campagne d'acquisition s'est déroulée du 25 au 28 septembre 2023.

Une première inspection de ce versant a été réalisée par Christine Rendu et l'équipe du GRHAC entre 1985 et 2003. Ils avaient identifié à cet emplacement la présence de (Fig. 100) :

- 2 cabanes
- 1 couloir de traite
- 5 enclos
- 6 murs
- 2 terrasses
- 1 structure à la fonction indéterminée

Soit 17 structures

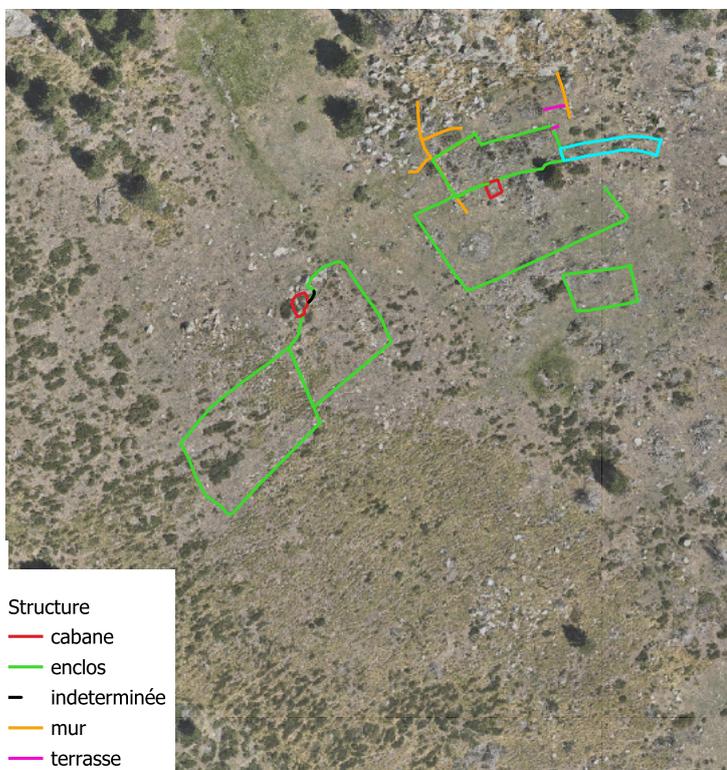


Fig. 100 - Inventaire archéologique réalisé par Christine Rendu et l'équipe du GRHAC entre 1985 et 2003 (Enveitg, Pyrénées-Orientales) : orthophotographie faite par photogrammétrie

0 25 50 m



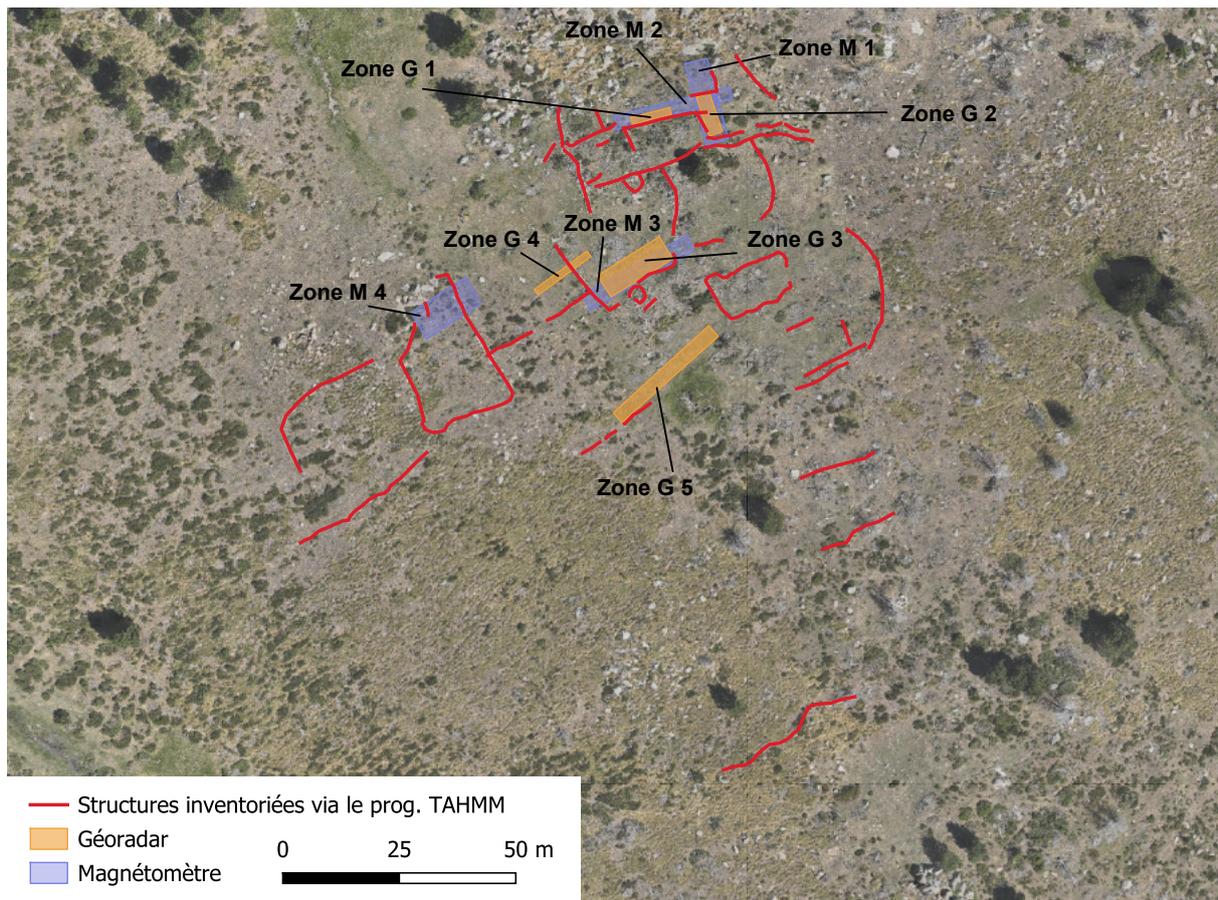


Fig. 102 - Localisation des zones d'acquisition géophysique (Enveitg, Pyrénées-Orientales)

La suite de la suite du rapport présentera les résultats des relevés réalisés en 2023 (Fig. 102), soit :

- Une couverture photogrammétrique par drone
- Une couverture thermographique par drone
- Une acquisition avec un drone équipé d'une caméra multispectrale
- des acquisitions avec un magnétomètre
- des acquisitions avec un géoradar

Il a été impossible de traiter les images thermiques et multispectrales dans le temps imparti (20 décembre). Le choix a été fait

d'inclure l'analyse de ces données dans le rapport 2024.

Cette campagne de prospection a permis d'inventorier (Fig. 103)

- 3 cabanes
- 10 enclos
- 1 couloir de traite
- 5 murs
- 7 terrasses
- 1 structure à la fonction indéterminée

Soit 27 structures



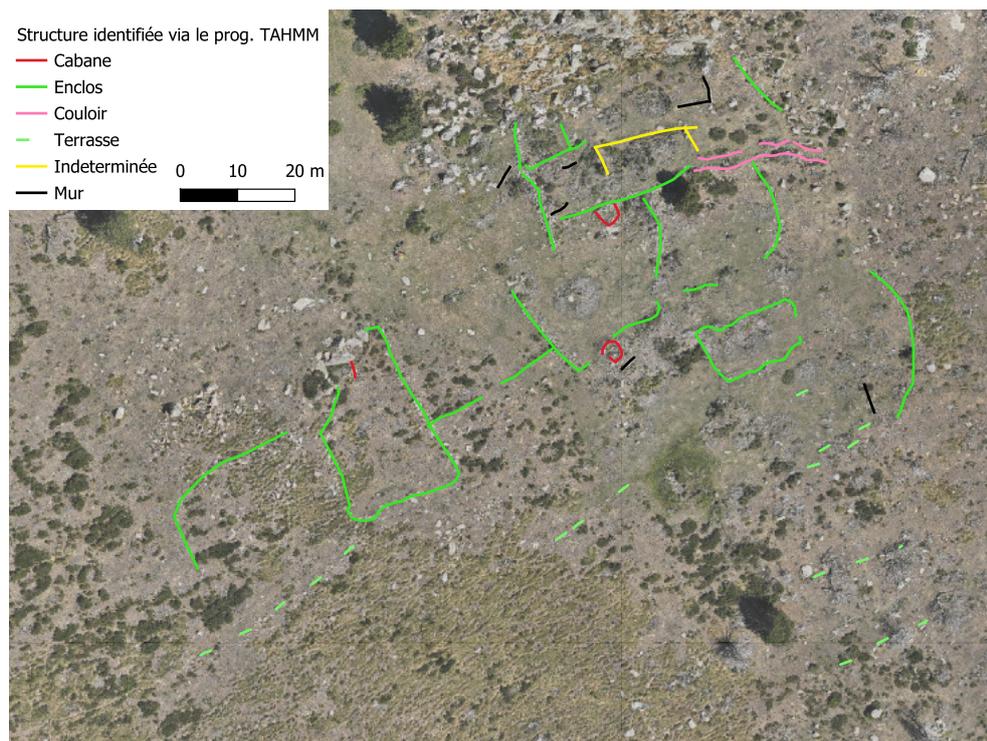


Fig. 103 - Inventaire archéologique réalisé en 2023 dans le cadre du programme TAHMM (Enveitg, Pyrénées-Orientales) : orthophotographie faite par photogrammétrie

## Photogrammétrie

Une session d'acquisition d'images RGB par drone a permis la réalisation d'une modélisation 3D par photogrammétrie des 9,53 hectares de la zone d'étude. L'acquisition a été réalisée par Carine Calastrenc et le traitement des données a été effectué par François Baleux. . (pour plus de précision : chap. 2, « Rapport de traitements pour la campagne de photogrammétrie par drone du programme TAHMM 2023 » - p. 50 à 63 du présent rapport et Rapport photogramétrique Metashape en Annexe).

Le Modèle Numérique de terrain a ensuite été exploité dans le logiciel RVT (Relief Visualization Tools du Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts de Ljubljana en Slovénie).

## Géophysique

La localisation des zones d'acquisition a été fortement contraint/conditionné par l'environnement. Ainsi, tous les endroits présentant une forte densité de blocs et/ou de végétation n'ont pu être inspecté. Il a fallu se focaliser sur les secteurs, non pas plats, mais libres d'accès. L'étréitesse des fenêtres d'observation est également un facteur limitant.

Cinq zones ont fait l'objet d'une inspection au géoradar. Le matériel utilisé est composé d'une unité de contrôle GSSI SIR 4000, d'un chariot et d'une antenne 400 mHz.

Quatre sessions d'acquisition au magnétomètre ont été réalisées sur l'ensemble de la zone d'étude de Collet de la Mula. Se sont 350,279 m<sup>2</sup> qui ont été inspectés. Le matériel utilisé



comprend le système magnétomètre-gradiomètre GSM-19 de la Société Gem.

- Sensibilité : 0,015 nT/vHz
- Nombre de mesures : 1 échantillon par seconde au moins.
- Résolution : 0,01 nT.

L'objectif est d'observer le sous-sol de ces secteurs afin de déterminer si ces appareillages permettraient d'obtenir des informations complémentaires aux observations de surface et ainsi d'affiner l'évaluation du potentiel archéologique de la zone d'étude.

Une coupe à 6 niveaux de profondeur a été extraite : 0,10, 0,50, 0,80, 1,20, 1,50 et 1,80 m de profondeur (Fig.105). Le premier mètre est plus finement documenté car c'est dans cette épaisseur que se trouve la très grande majorité des vestiges archéologiques dans ce type de contexte.

Ces différentes coupes ne montrent aucun aménagement particulier, aucune structure sous-jacente. Seul élément notable : le remplissage sédimentaire est d'environ 1,50 m.

### Géoradar

#### Zone « G » 1 :

Cette zone se trouve sur une petite plateforme délimitée par un mur (Str. 18). Elle mesure 8,5 m de long et 1,5 m de large (soit 12,75 m<sup>2</sup>). L'acquisition s'est faite suivant des lignes espacées de 0,50 m (Fig. 104).

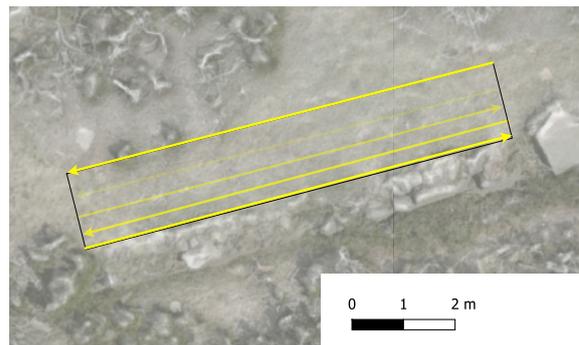


Fig. 104 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone « G » 1 (Enveitg)



10 cm de profondeur



50 cm de profondeur



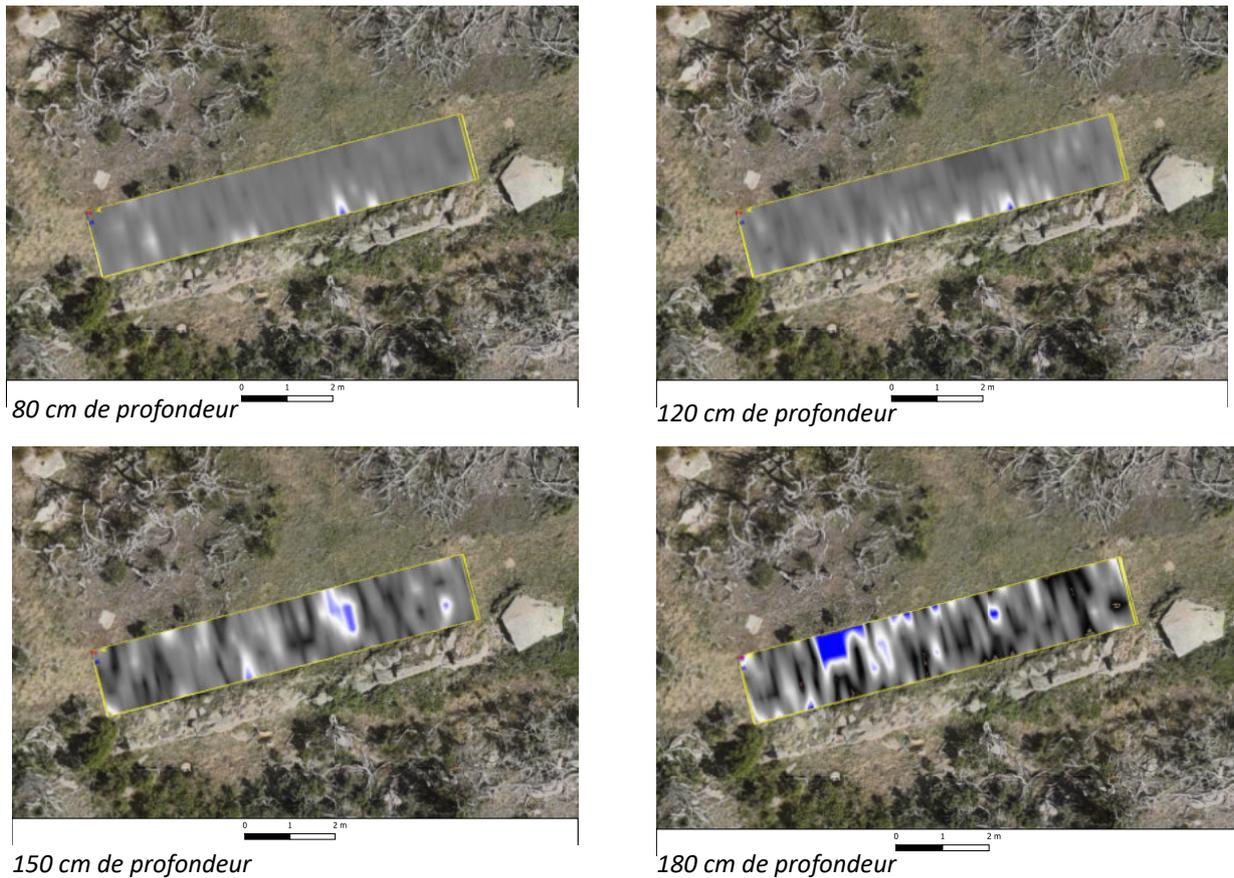


Fig. 105 - Présentation des 6 coupes géoradar - Zone « G » 1 (Enveitg)

Zone « G » 2 :

Cette zone se trouve sur une pente relativement forte qui se situe à l’aval de la structure n° 23 et qui longe la structure n° 29. Elle mesure 9 m de long et 3 m de large (soit 27 m<sup>2</sup>). L’acquisition s’est faite suivant des lignes espacées de 0,50 m (Fig. 106).

Une coupe à 7 niveaux de profondeur a été extraite : 0,10, 0,30, 0,50, 0,80, 1, 1,20, 1,50 et 1,80 m de profondeur (Fig. 107). Le premier mètre est plus finement documenté car c’est dans cette épaisseur que se trouve la très grande majorité des vestiges archéologiques dans ce type de contexte.

Ces différentes coupes ne montrent aucun aménagement particulier, aucune structure sous-jacente. A 50 cm de profondeur se trouve un niveau sédimentaire qui ne semble pas comporter des blocs.

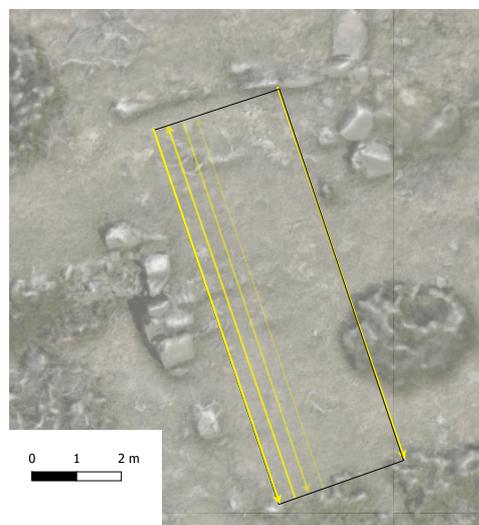


Fig. 106 - Sens d’acquisition du relevé au géoradar - Zone « G » v2 (Enveitg)





10 cm de profondeur



30 cm de profondeur



50 cm de profondeur



100 cm de profondeur



120 cm de profondeur



150 cm de profondeur



180 cm de profondeur

Fig. 107 - Présentation des 6 coupes géoradar - Zone 2 (Enveitg)



Zone « G » 3 :

Cette zone se trouve à l'intérieur d'un enclos (angle Sud-Ouest). Elle mesure 15,5 m de long et 5,5 m de large (soit 85,25 m<sup>2</sup>). L'acquisition s'est faite suivant des lignes espacées de 0,50 m (Fig. 108).

Une coupe à 9 niveaux de profondeur a été extraite : 0,10, 0,20, 0,30, 0,50, 0,80, 1, 1,30, 1,50 et 1,80 m de profondeur (Fig. 110). Le premier mètre est plus finement documenté car

c'est dans cette épaisseur que se trouve la très grande majorité des vestiges archéologiques dans ce type de contexte.

De 10 cm à 30 cm de profondeur se perçoit, dans l'angle Sud-Est, un amas de blocs invisible en surface qui pourrait correspondre soit à une structure invisible en surface, soit à un piège naturel (Fig. 109). A 50 cm de profondeur, plus aucun blocs n'est visible au géoradar.

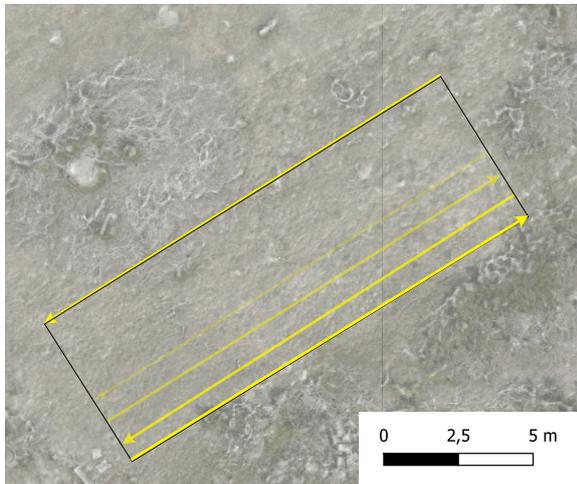


Fig. 108 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 3 (Enveitg)

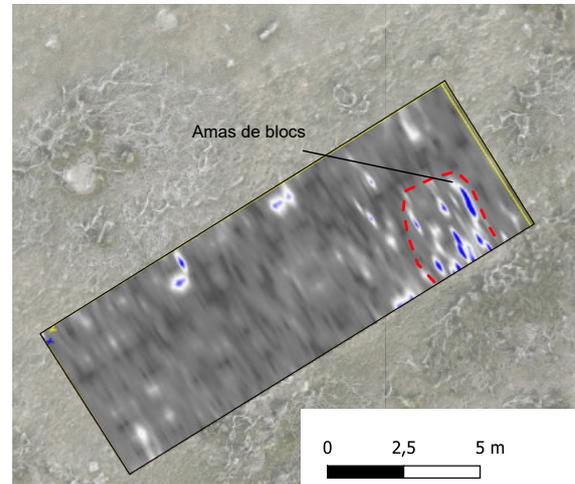
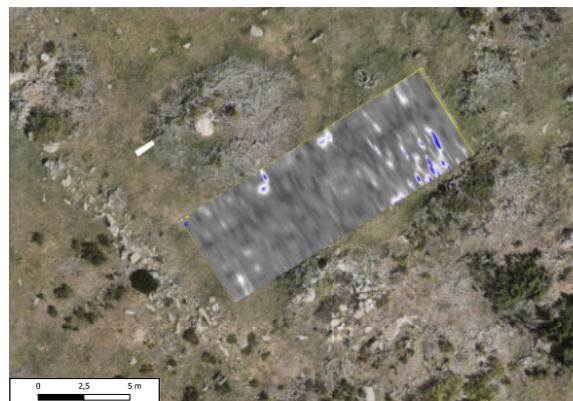


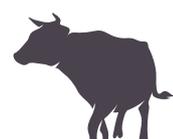
Fig. 109 - « Anomalie » entre 10 et 30 cm de profondeur - Zone 3 (Enveitg)

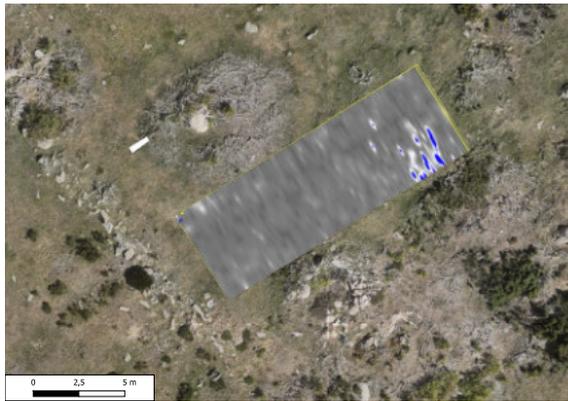


10 cm de profondeur

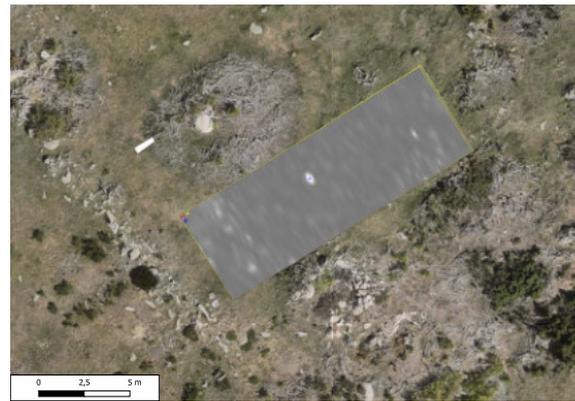


20 cm de profondeur

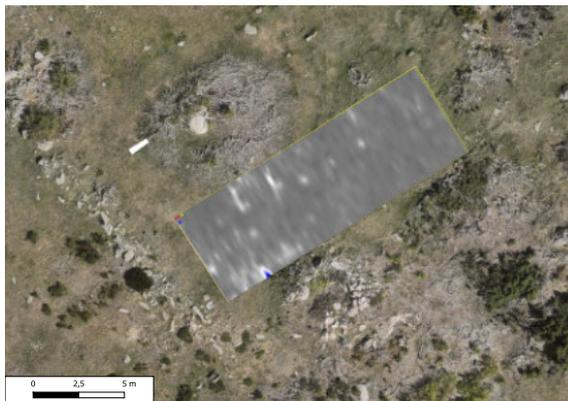




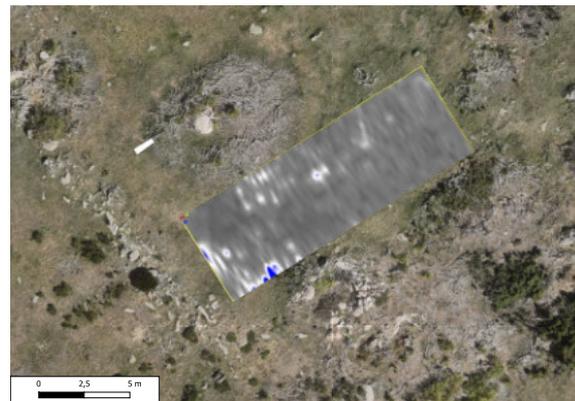
30 cm de profondeur



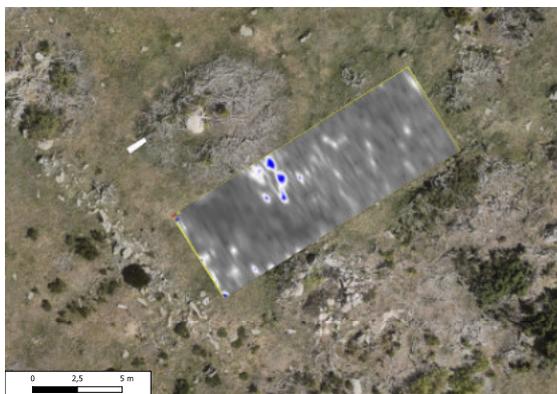
50 cm de profondeur



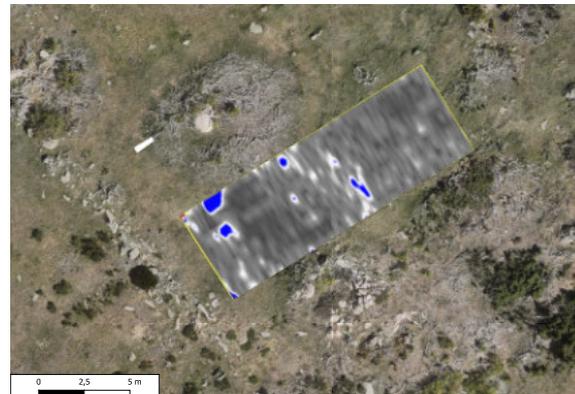
80 cm de profondeur



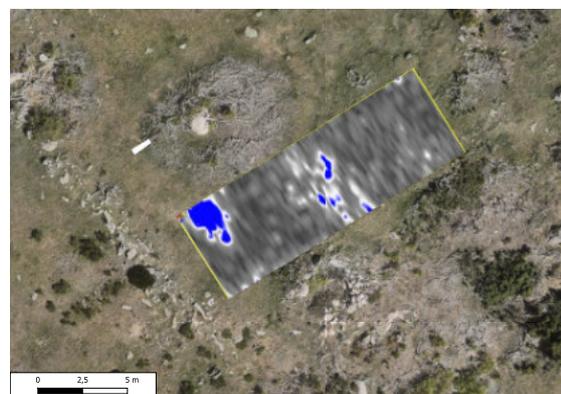
100 cm de profondeur



130 cm de profondeur



150 cm de profondeur



180 cm de profondeur

Fig. 110 - Présentation des 6 coupes géoradar - Zone 3 (Enveitg)



Zone « G » 4 :

Cette zone se trouve à cheval sur le mur (str. 10). Elle mesure 14 m de long et 1,5 m de large (soit 21 m<sup>2</sup>). L'acquisition s'est faite suivant des lignes espacées de 0,50 m (Fig. 111). Elle permet de documenter deux enclos.

Une coupe à 7 niveaux de profondeur a été extraite : 0,10, 0,30, 0,50, 1, 1,30, 1,50 et 1,90 m de profondeur (Fig. 112). Le premier mètre est plus finement documenté car c'est dans cette épaisseur que se trouve la très grande majorité des vestiges archéologiques dans ce type de contexte.

Le mur (str. 10) que l'on perçoit en surface s'enfonce dans le sol jusqu'à 30 cm de

profondeur. Il repose sur un niveau sédimentaire que ne présente aucun blocs ni pierre. Cette atonie sédimentaire se poursuit jusqu'à 1,90 m de profondeur.

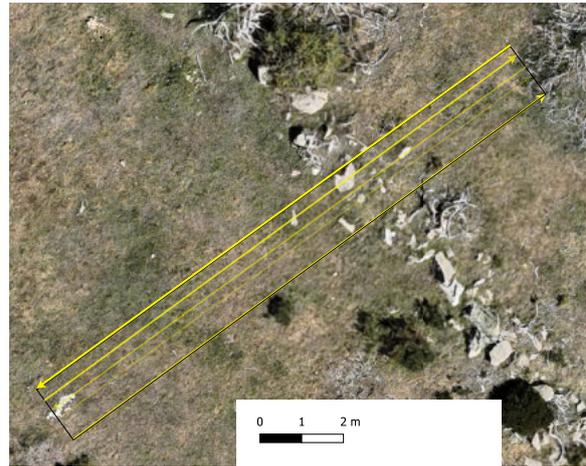
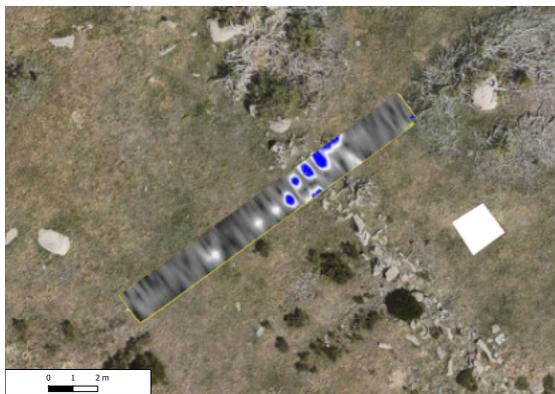


Fig. 111 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 4 (Enveitg)



10 cm de profondeur



30 cm de profondeur



50 cm de profondeur



100 cm de profondeur





130 cm de profondeur



150 cm de profondeur



190 cm de profondeur

Fig. 112 - Présentation des 6 coupes géoradar - Zone 4 (Enveitg)

Zone « G » 5 :

Cette zone se trouve en bordure de ce qui est apparu sur le terrain comme pouvant correspondre à une terrasse soutenue par un mur visible par trois tronçons (str. 4, 5 et 6). Elle



Fig. 113 - Acquisition du relevé au géoradar - Zone « G » 2 (Enveitg) (© Jean Pierre Calastrenc)

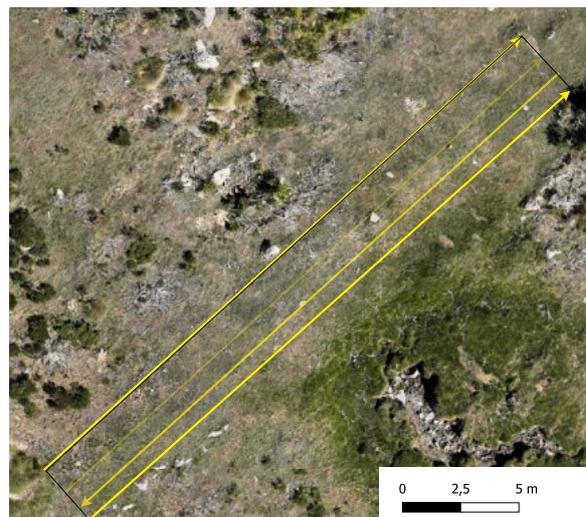


Fig. 114 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 5 (Enveitg)





10 cm de profondeur



30 cm de profondeur



50 cm de profondeur



80 cm de profondeur



100 cm de profondeur



125 cm de profondeur



180 cm de profondeur

Fig.. 115 - Présentation des 6 coupes géoradar - Zone 5 (Enveitg)



mesure 28 m de long et 3 m de large (soit 84 m<sup>2</sup>). L'acquisition s'est faite suivant des lignes espacées de 0,50 m (Fig. 114).

Une coupe à 7 niveaux de profondeur a été extraite : 0,10, 0,30, 0,50, 0,80, 100, 1,25 et 1,80 m de profondeur (Fig. 115). Le premier mètre est plus finement documenté car c'est dans cette épaisseur que se trouve la très grande majorité des vestiges archéologiques dans ce type de contexte.

Les blocs qui constitue le mur pourrait se percevoir dans les anomalies bleues de la coupe à 10 cm de profondeur. En dessous, aucun aménagement, aucune structure n'est visible.

L'enchaînement stratigraphique est marqué par une atonie.

### Magnétomètre

#### Zone « M » 1 et « M » 2 :

Cette zone se trouve au Nord de la zone d'étude. Elle a été placée en forme de croix sur le replat formé juste en contre bas de la paroi rocheuse. L'objectif était de documenter ce replat et déterminer s'il avait pu accueillir des activités annexes.

Ce relevé montre deux anomalies, deux pics qui pourraient correspondre soit à un objet

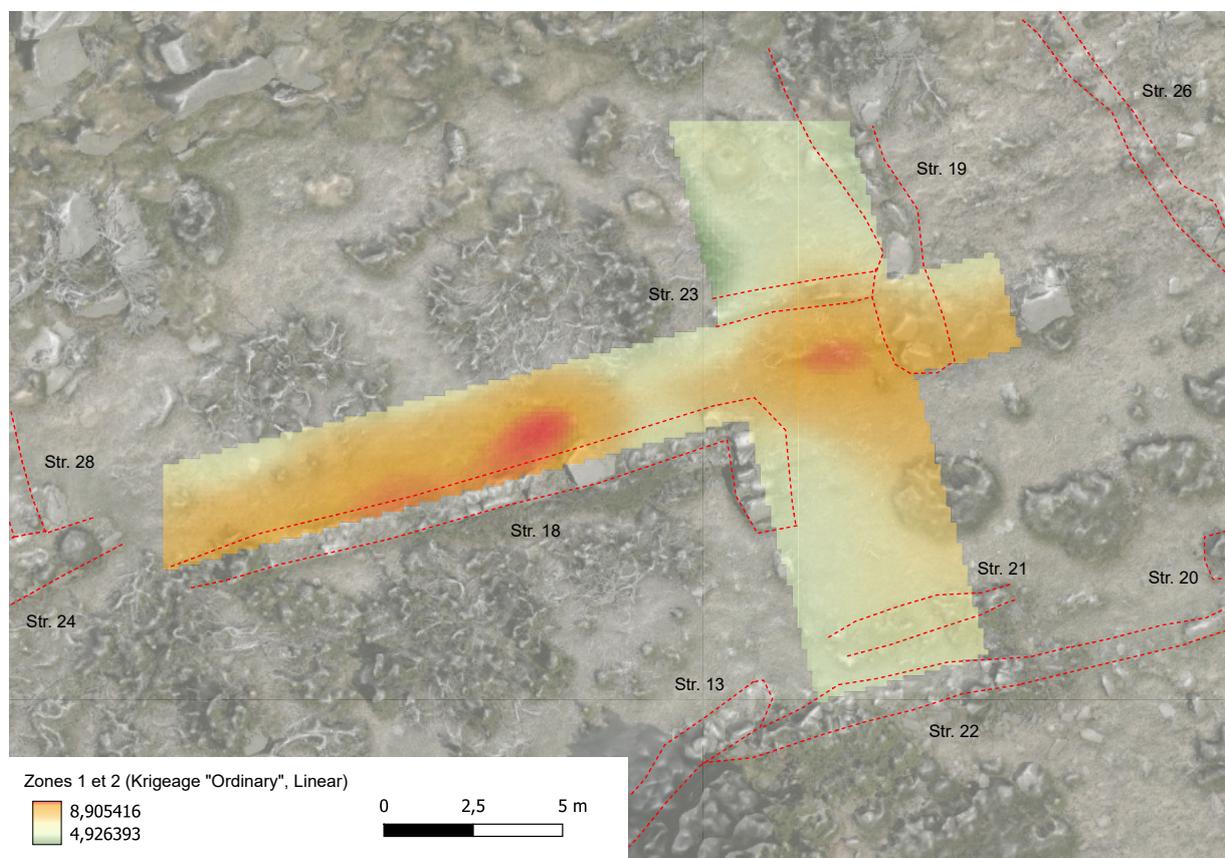


Fig. 116 - Relevé au magnétomètre - zone M1 et 2



métallique enfoui, soit à une structure ayant subi l'action du feu. (Fig. 116)

Zone « M » 3 :

Cette zone se trouve à l'intérieur de ce qui paraît être un enclos. La zone d'acquisition a été positionnée de façon à longer la face intérieur Sud de cette structure. L'objectif était de documenter cet enclos et de déterminer s'il avait accueilli des activités annexes.

Ce relevé montre deux anomalies, deux pics qui pourraient correspondre soit à un objet métallique enfouis, soit à une structure ayant subi l'action du feu. (Fig. 117)



Fig. 118 - Acquisition magnétomètre - zone3 (Enveitg)

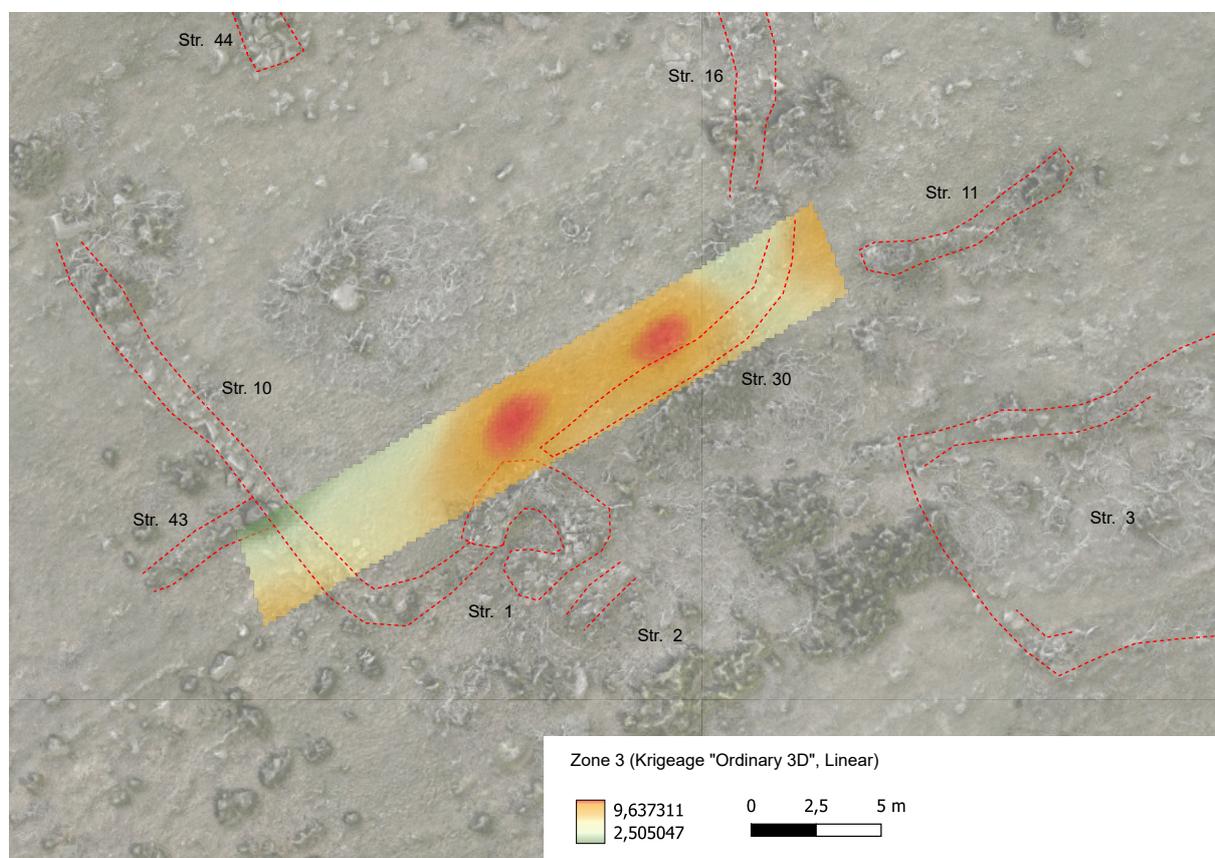


Fig. 117 - Relevé au magnétomètre - zone M 3



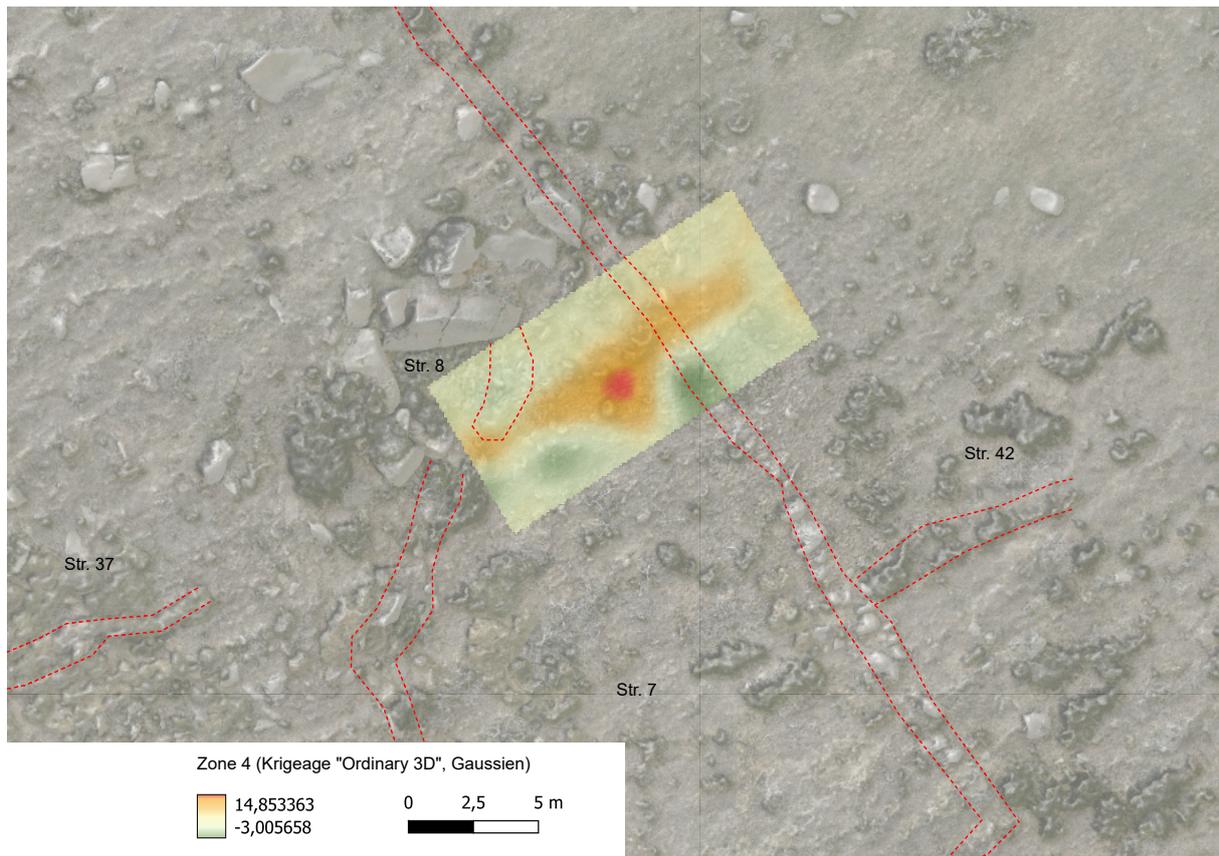


Fig. 119 - Relevé au magnétomètre - zone M 4

métallique enfoui, soit à une structure ayant subi l'action du feu. (Fig. 119)

#### Zone « M » 4 :

Cette zone se trouve à l'intérieur de ce qui paraît en prospection comme étant un abri installé contre des blocs de granit, à l'intérieur d'un enclos. La zone d'acquisition a été positionnée de façon à documenter l'intérieur de l'abri ainsi que l'intérieur et l'extérieur de l'enclos. L'objectif était de documenter cet enclos et de déterminer s'il avait accueilli des activités annexes.

Ce relevé montre deux anomalies, deux pics qui pourraient correspondre soit à un objet

#### **Drone multispectral**

L'imagerie multispectrale est actuellement utilisée pour la détection archéologique à l'échelle d'un terroir, d'un site et entre même dans des études d'identification et de localisation de certains artefacts (Orengo, Garcia-Molsosa, 2019).

Cette acquisition portait sur l'ensemble des 9,53 hectares de la zone d'étude. Elle a été réalisée au moyen d'un drone DJI Phantom 4 Multispectral.



**Caractéristiques techniques :**

- Poids : 1487 grammes (sans batterie)
- RTK fonctionnant avec GPS, Galiléo, Beidou, Glonass
- Résolution sol : environ 2 m avec des prises de vue à 40 m de hauteur
- Capteurs CMOS ½,9 pouce

**Filtres :**

bleu (B) : 450 nm ± 16 nm ;

vert (G) : 560 nm ± 16 nm ;

rouge (R) : 650 nm ± 16 nm ;

red edge (RE) : 730 nm ± 16 nm ;

infrarouge proche (NIR) : 840 nm ± 26 nm

**Thermographie par drone**

Une acquisition thermique par drone a été réalisée sur les 9,5 hectares de la zone d'étude.

L'équipe du programme TAHMM est en train de mettre en place une procédure de traitement des images thermiques provenant du drone DJI Mavic 3 T nouvellement acquis. Pour l'instant, les membres du programme TAHMM travaillent à trouver une méthode pour pouvoir sortir du format .jpg pour obtenir des images où la valeur de chaque pixel équivaut strictement à la température de surface mesurée lors de l'acquisition.

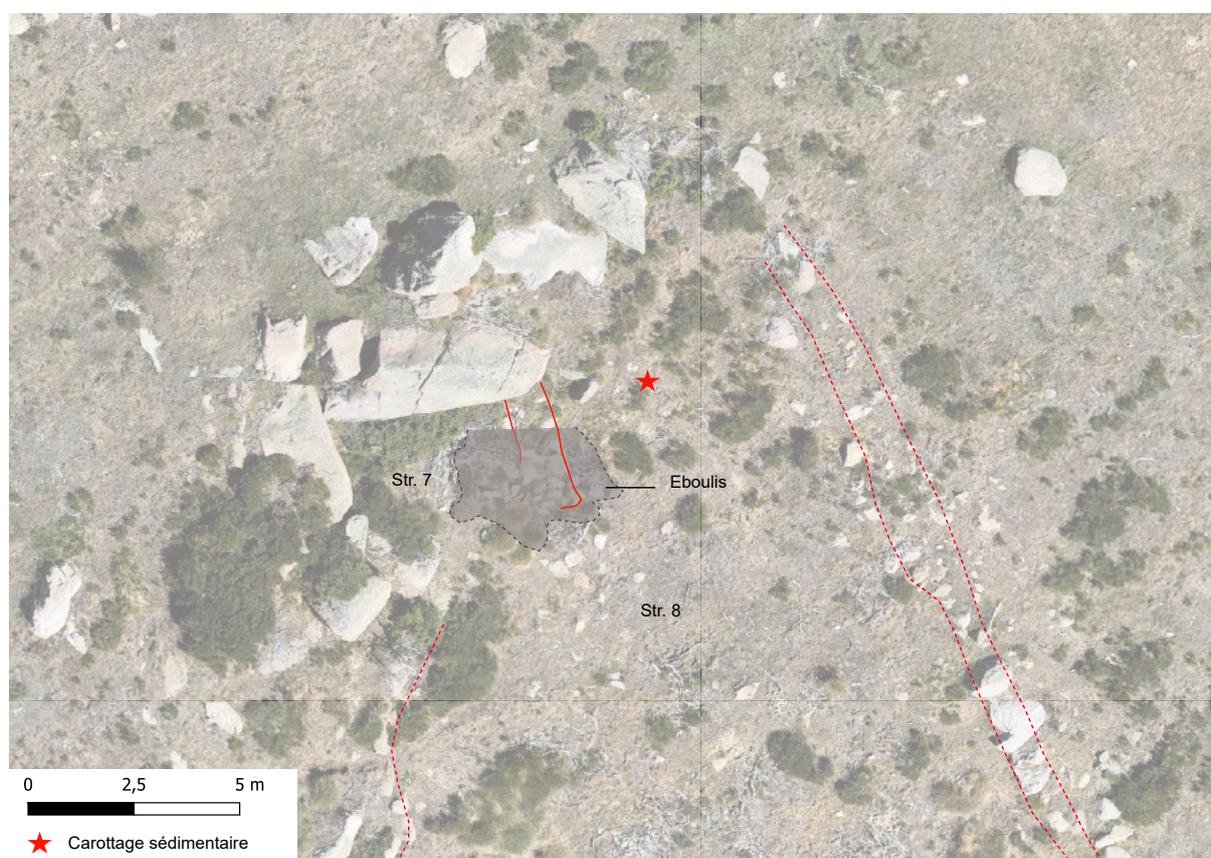


Fig. 120 - Localisation du carottage sédimentaire effectué au Collet de la Mula (Enveitg)



## Carottage sédimentaire

Plusieurs tentatives de carottage sédimentaire ont été réalisées mais un seul a permis un prélèvement de 30 cm de profondeur. Il a été effectué entre l'abri (str. n° 8) et l'enclos (str. N° 7) (Fig. 120).

La présence de nombreux blocs dans le sous-sol limite les capacités de la tarière manuelle à pénétrer le sous-sol. De plus la très forte présence de grains de granit dans les sédiments perturbe également l'enfoncement de la tarière.

La fin de la campagne de terrain (28 septembre), la durée des traitements cumulée à la date impartie pour la remise de ce rapport (20 décembre) ont limité les possibilités de traitement des données multispectrales,

thermiques et d'XRF. Ces données seront traitées dans le courant de l'année 2024 et les résultats seront présentés dans le rapport 2024.

## Inventaire archéologique

### • Structure 1 :

Petite cabane ou structure annexe à l'enclos n°, elle couvre une superficie de 10,819 m<sup>2</sup> (3,20 m de long x 3,09 m de large). Les murs de pierres sèches sont conservés sur 0,32 m de hauteur (max.). Ils ont une largeur moyenne de 0,65 m. Elle est de forme circulaire ou quadrangulaire (l'état d'arasement et la végétation empêche de bien définir sa forme). L'entrée se trouvait sur sa face Ouest. Elle semble avoir été construite sur un replat aménagé et consolidé par un mur (str. 2) (Fig. 121 et 122)

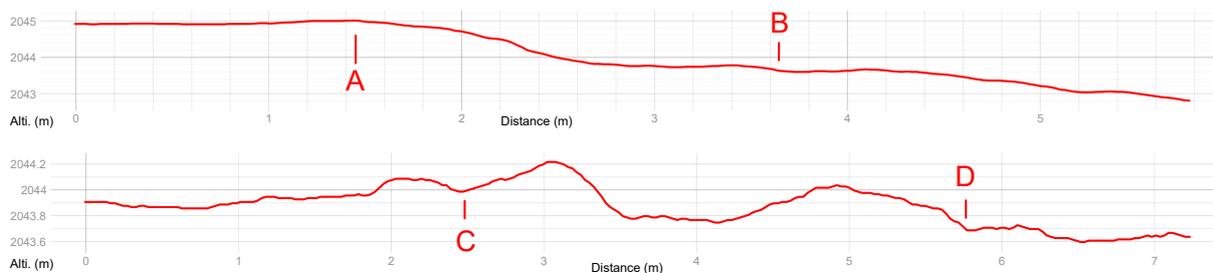


Fig. 121 - Profils - Structure n° 1 (Collet de la Mula - Enveitg)

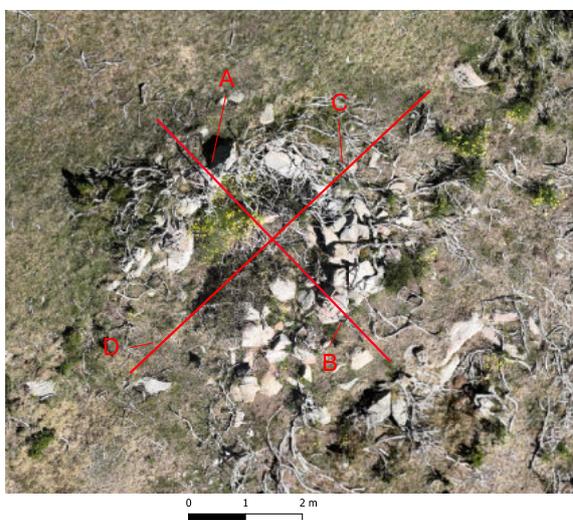
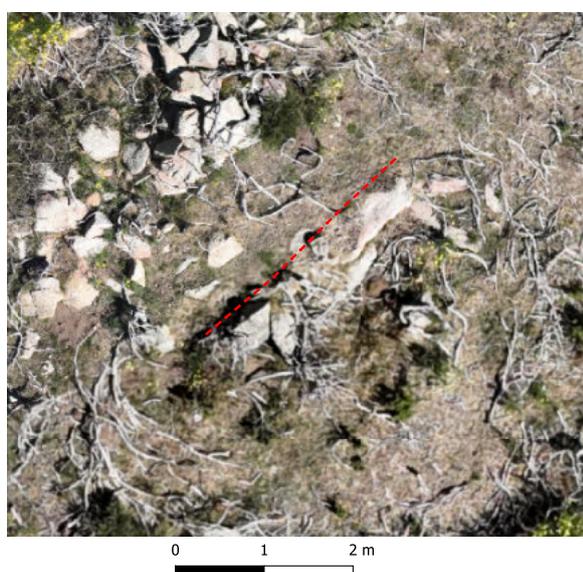


Fig. 122 - Structure n° 1 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie



- **Structure 2 :**

Mur de 2,96 m de long et 0,723 m de large. Il n'est visible que par quelques pierres affleurantes qui dépassent de la surface de 0,79 m de haut. Il est situé à 1,5 m au Sud de la structure n°1. Il pourrait correspondre à un mur de soutènement pour l'aménagement d'une terrasse sur laquelle aurait été construite la structure n°1. (Fig. 123)



- **Structure 3 :**

Enclos de 150,80 m<sup>2</sup> (15,83 m de long et 9,36 m de large). Il est de forme rectangulaire. Il n'est visible que par l'affleurement de quelques pierres en surface. Son entrée devait se trouver à l'Est. (Fig. 124)

- **Structure 4, 5 et 6 :**

Trois tronçons de mur semblent constituer le mur de soutènement d'une terrasse qui barre le versant sur au moins 20 m de long (Fig. 125).

Str. 4 : Mur de 7,2 m de long conservé sur 0,26 m de haut.

Str. 5 : Mur de 5,46 m de long conservé sur 0,32 m de haut.

Str. 6 : Mur de 9 m de long conservé sur 0,24 m de haut.

Fig. 123 - Structure n° 2 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie

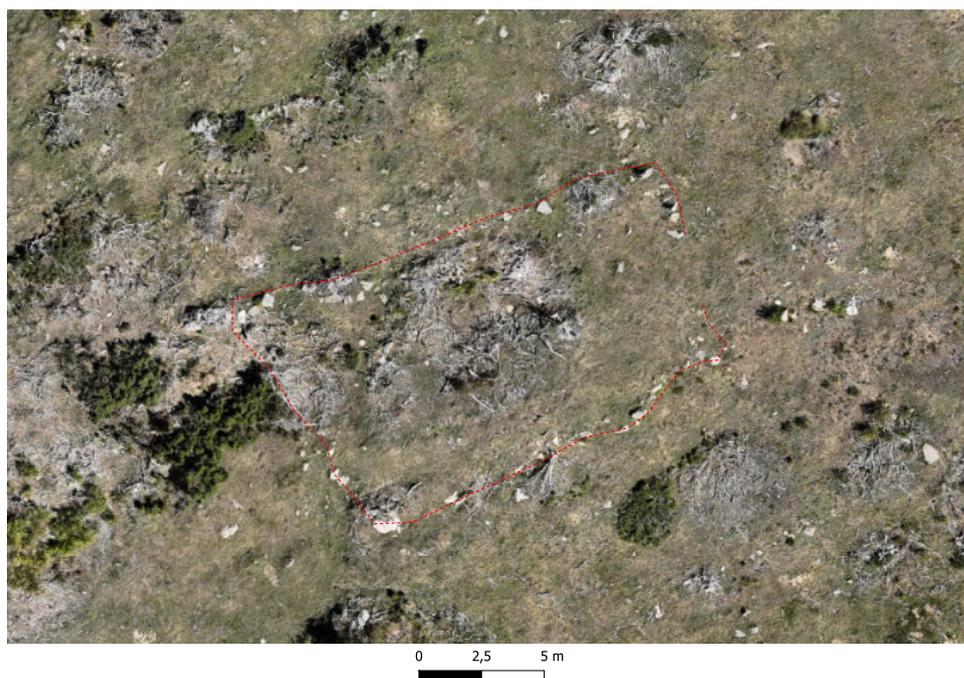


Fig. 124 - Structure n° 3 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie



- **Structure 7 :**

Enclos de 472,10 m<sup>2</sup> (27,87 m de long et 17,419 m de large). Il est de forme rectangulaire. Sa face

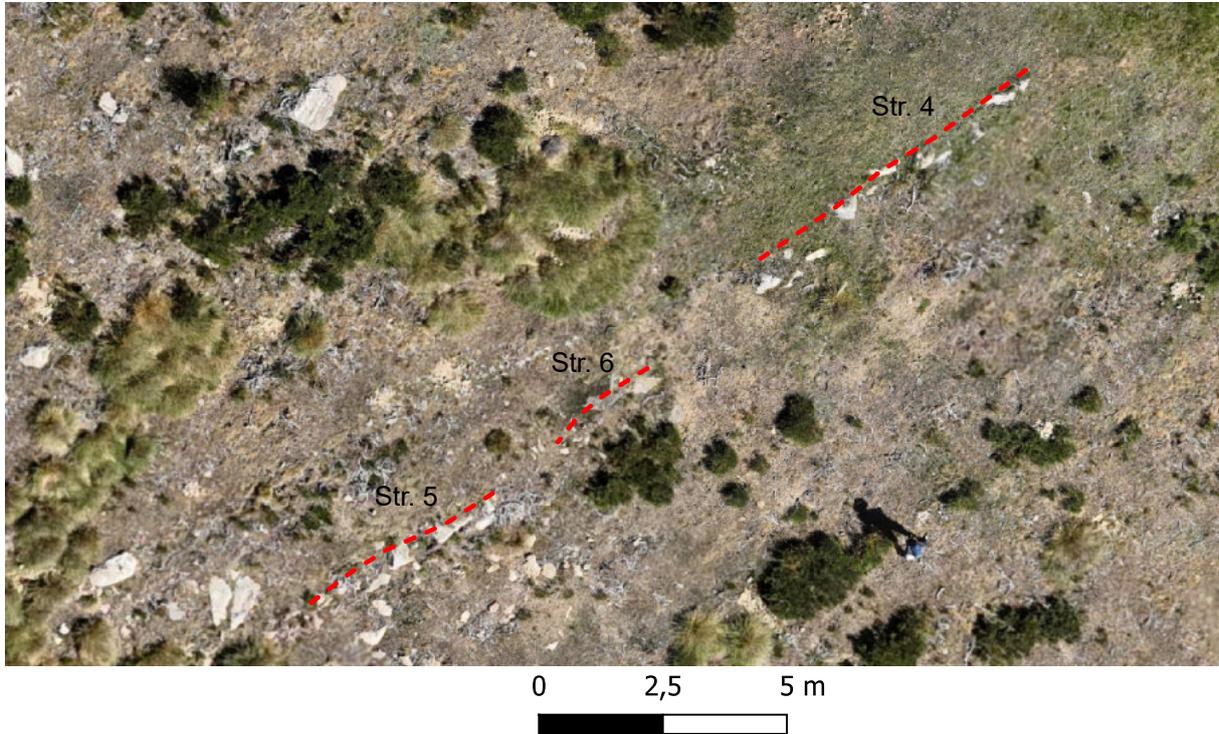
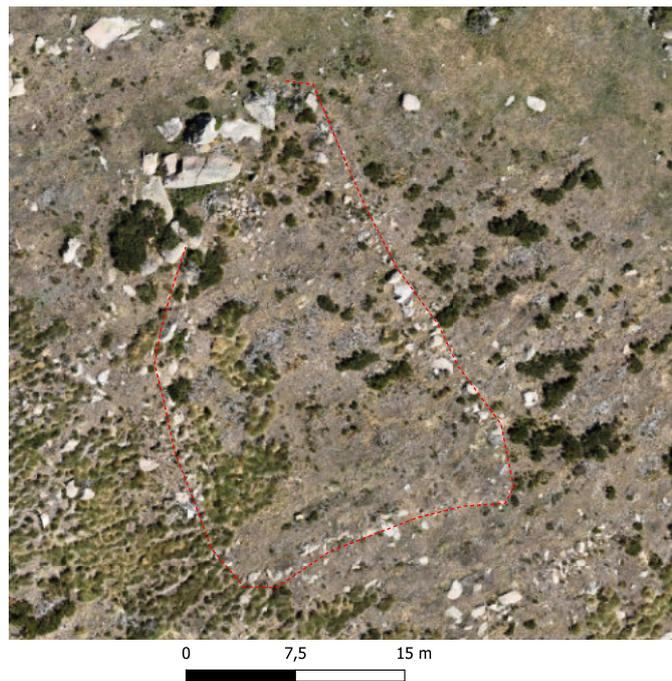


Fig. 126 - Structures n° 4, 5 et 6 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie

Nord est constituée par de gros blocs de granit. Directement accolé au bloc, un petit abri/cabane (Str. N° 8). Au sol, il n'est perceptible que par quelques pierres affleurantes qui émergent de la surface jusqu'à 0,41 m de haut. Son entrée devait se trouver soit au Sud-Est, soit au Nord-Est. Il est édifié dans la pente ce qui permet l'évacuation des fumiers avec les pluies et la limitation du développement du piétin chez les ongulés. (Fig. 127)

Fig. 127 - Structure n°7 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie



- **Structure 8 :**

Petit abi/cabane de 12,354 m<sup>2</sup> (3,513 m



de long et 3,327 m de large). Elle a été construite contre de gros blocs de granit. Les blocs forment les faces Nord et Ouest. Les faces Sud et Est sont constituées d'un mur. Les murs sont très arasés. Ils ne sont conservés que sur 0,31 m de haut. (Fig. 128)

• **Structure 9 :**

Mur de 34,157 m de long conservé sur une hauteur moyenne de 0,387 m. Ce mur prolonge l'enclos (str. n° 7) vers l'Ouest. Il pourrait correspondre au mur de soutènement d'une terrasse. (Fig. 129)

Fig. 129 - Structure n°9 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.

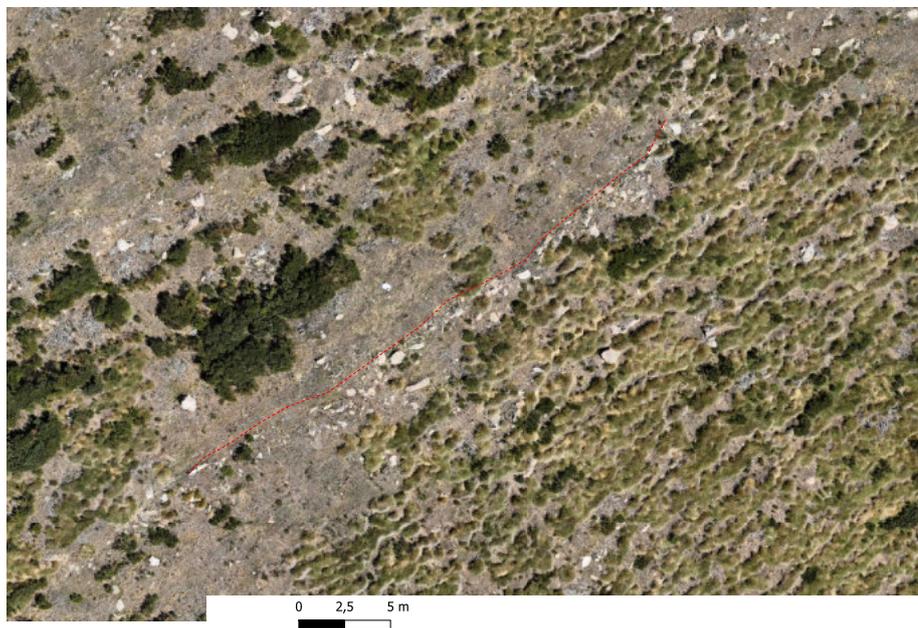
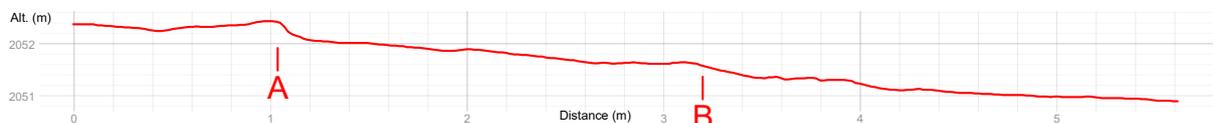


Fig. 128 - Structure n°8 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, un profil



- **Structure 10, 16, 27 et 30 :**

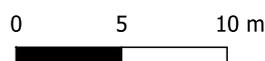
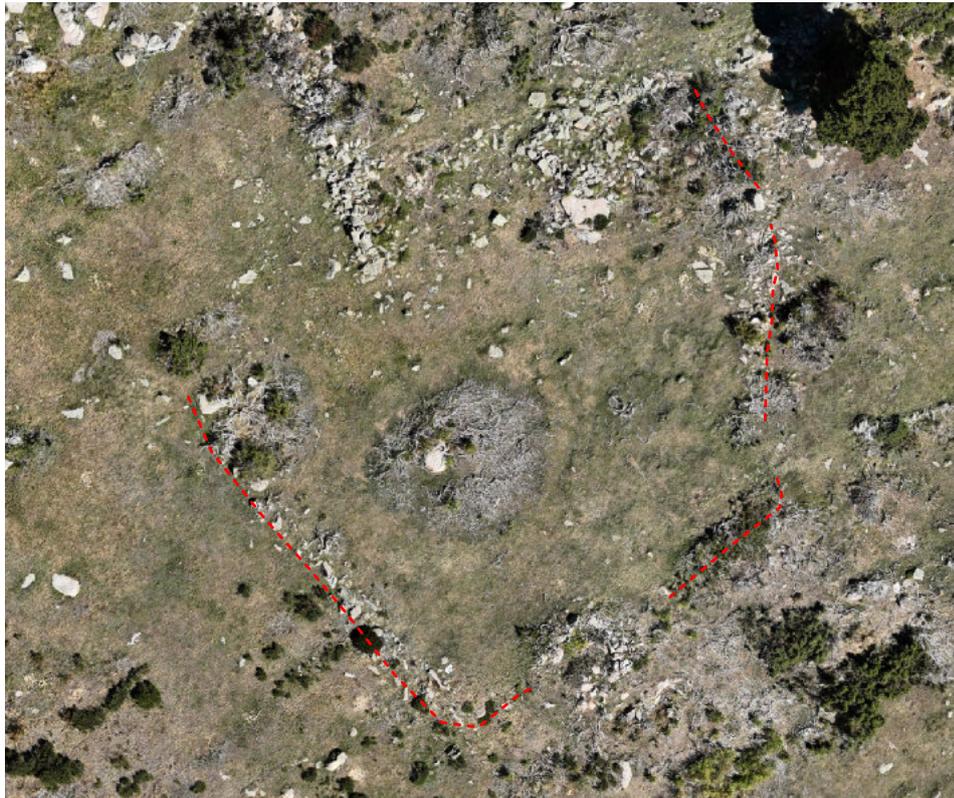
Enclos de 537,741 m<sup>2</sup> (28,283 m de long et 22,635 m de large). Il n'est perceptible que par 4 tronçons de murs : str. 10, 16, 27 et 30. (Fig. 130)

Str. 10 : Il est visible sur 20,554 m de long. Il est conservé sur 0,42 m de haut. Il constitue une partie de la face Ouest. Il suit une direction Nord-Ouest/Sud-Est.

Str. 16 : Il est visible sur 9,723 m de long. Il est conservé sur 0,168 m de haut. Il marque la face Est. Il prolonge le mur n° 27. Il suit un axe Nord/Sud.

Str. 27 : Il est visible sur 5,307 m de long. Il forme la face Sud.

Str. 30 : Il est visible sur 8,291 m de long. Il prolonge le mur n° 16 vers le mur n° 13. Le développement de la végétation est tel qu'il est impossible de définir les liens entre ces deux murs.



- **Structure 11 :**

Mur de 5,048 m de long. Il est visible que par quelques pierres affleurantes qui dépassent de la surface de 0,69 m de haut. (Fig. 131)



Fig. 131 - Structures n°11 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.

Fig. 130 - Structures n°10, 16, 27 et 30 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie fait par photogrammétrie.



• **Structure 12 :**

Petite cabane ou annexe. Elle est accolée à la face interne de l'enclos Sud (str. 10, 16, 27 et 30). Elle est de forme semi-circulaire. Les murs, construits en double parement, sont conservés sur 0,76 m de haut et 0,828 m d'épaisseur. Ils tracent un espace extérieur de 10 m<sup>2</sup> (3,935 de long et 2,883 m de large). (Fig. 132)

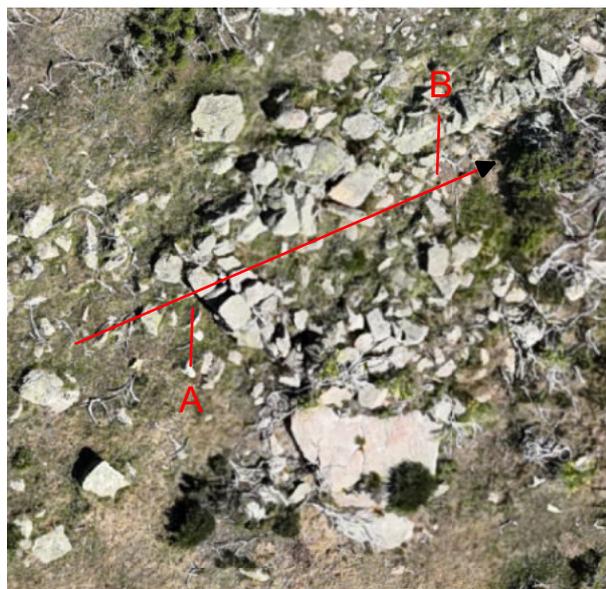


Fig. 132 - Structures n°12 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie. ; Ci-dessous, le profil

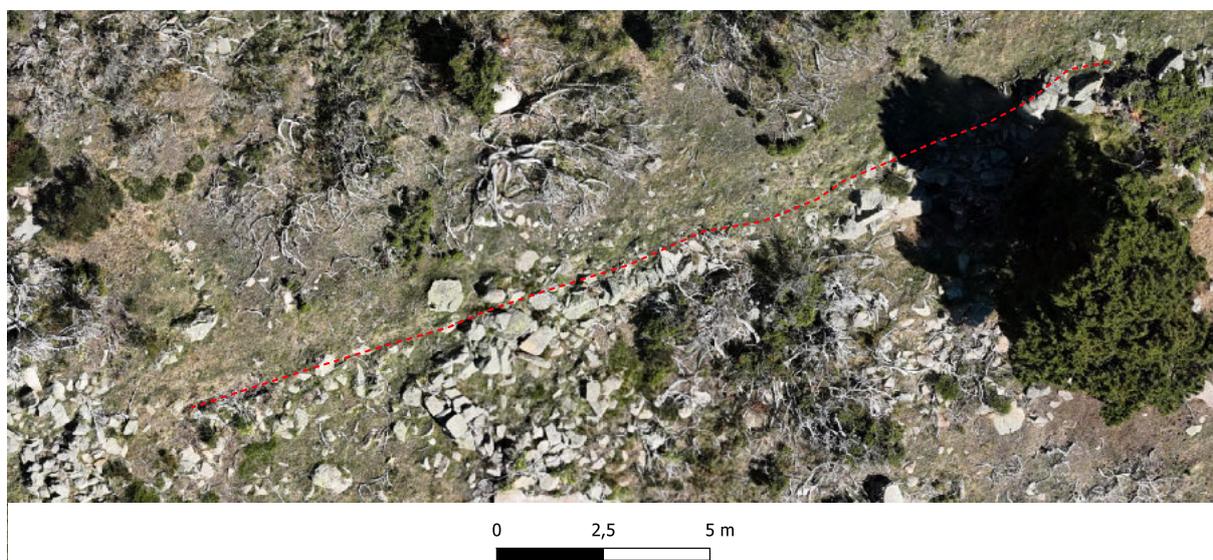


• **Structure 13 :**

Mur de soutènement qui permet de former une plateforme sur laquelle ont été installées différentes infrastructures. Ce mur se prolonge à l'Est par un couloir de traite. Sur les seules observations de surface, il est impossible de définir s'ils sont structurellement joints.

Ce mur mesure 24,075 m de long. Il est conservé sur une hauteur maximale de 1,161 m de haut. Il a une épaisseur de 0,645 m. Il est constitué de gros blocs qui forment le parement extérieur et de plus petits blocs vers l'intérieur. (Fig. 133)

Fig. 133 - Structures n°13 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.



- **Structure 14 :**

Mur qui paraît tracer les limites Est d'un enclos.

Il mesure 18,451 m de long. Il est très arasé et n'est visible que par quelques pierres affleurantes qui émergent de la surface de 0,33 m de haut. Il suit un axe Nord-Sud. Son tracé est identique aux mur formés par les str. 16 et 27. (Fig. 134)

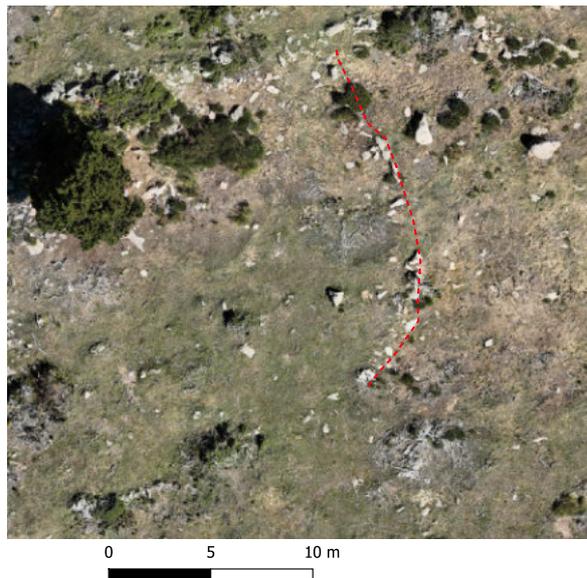


Fig. 134 - Structures n°14 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.

- **Structures 15 :**

Infrastructure à la fonction indéterminée. Elle est de forme rectangulaire et mesure 77,375 m<sup>2</sup> (16,959 m de long sur 6,193 m de large). Seules les faces Nord (str. 18), Est (str. 15) et Ouest (str. 29) sont visibles. Les murs sont constitués de dalles et de blocs de granit de module moyen et

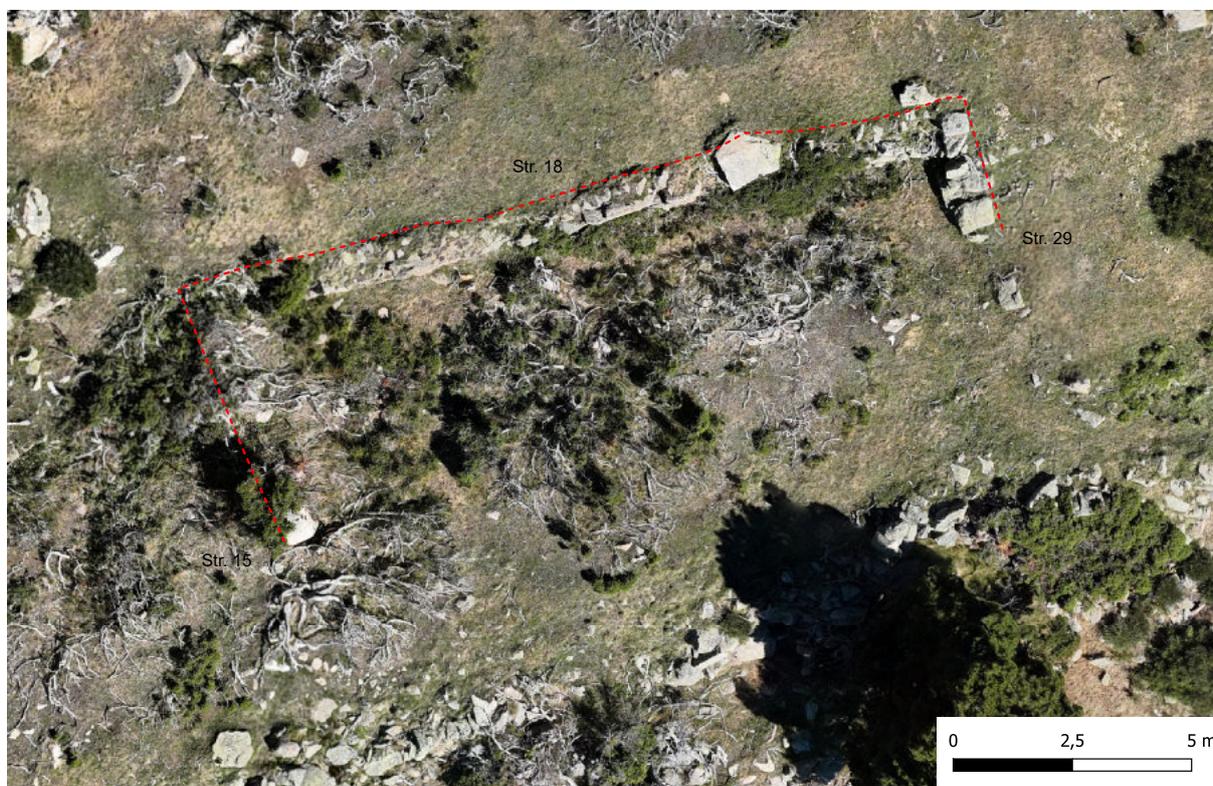


Fig. 135 - Structures n°15, 18 et 29 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.



grand. (Fig. 135)

Str. 15 : Mur de 14,919 m de long. Il est conservé sur 1,172 m de haut et est visible sur une largeur de 0,821.

Str. 18 : Mur de 5,491 m de long. Il est conservé sur 0,802 m de haut et est visible sur une épaisseur de 1,19 m.

Str. 29 : Mur de 3,396 m de long. Il est conservé sur une épaisseur de 0,73 m.

- **Structure 17, 26 et 44 :**

Il s'agit de deux murs parallèles qui semblent délimiter l'espace Nord de la zone d'étude. D'axe Nord-Sud, ils enserrant deux replats « artificiels ?) sur lesquels ont été aménagées différentes structures dont un couloir de traite. (Fig. 136)

Str. 17 : Mur de 7,65 m de long. Il se trouve à l'Ouest, au contact de la barre rocheuse. Il est perceptible sur une épaisseur de 0,831 m et est conservé sur une hauteur de 0,468 m.

Il a été édifié par établissement d'« un parement intérieur de blocs de module moyen.

Str. 44 : Mur qui prolonge la structure n° 17 vers le Sud. Il se développe sur 22,57 m de long. Il est conservé sur une hauteur moyenne de 0,64 m. Il s'agit d'un mur à simple parement.

Str. 26 : « Mur » situé à l'Est au contact de la barre rocheuse. Il mesure 13,92 m de long et 0,831 m de largeur. Il est conservé sur une hauteur moyenne de 0,4 m. Contrairement au mur Ouest, il n'est pas construit par empilement de blocs. Il semble avoir été aménagé en repoussant de gros blocs de granit et en utilisant un dénivelé. Naturel.

- **Structure 18, 20, 21 et 22 :**

Couloir de traite ou chemin d'accès 23,41 m et large de 1,8 m (en moyenne), il se trouve à l'Est de la zone d'étude, au Sud du mur n°26 et au

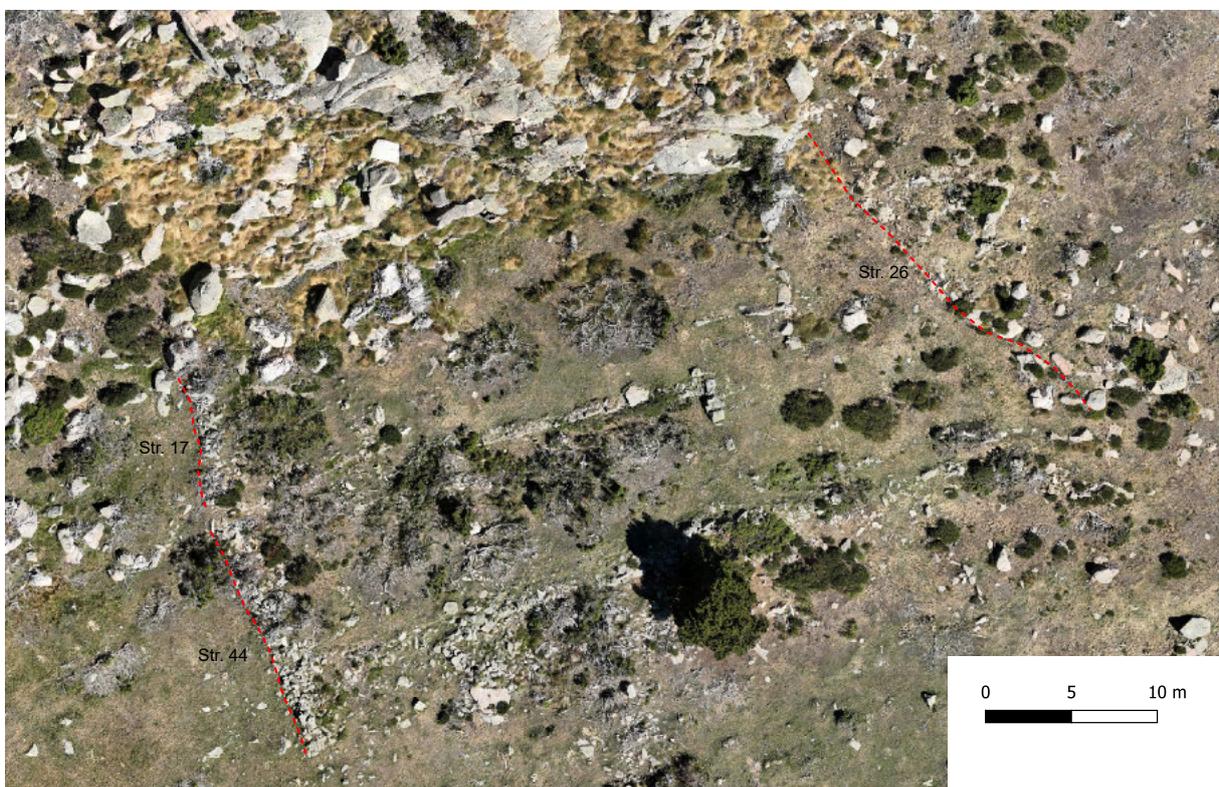


Fig. 136 - Structures n°17, 26 et 44 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.



Nord du mur n° 14. Il semble venir buter dans l'angle Sud-Est de la structures délimitée par les murs n° 15, 18 et 29. Topographiquement, il est très faiblement marqué avec un état de conservation relativement mauvais (visible sur 20 à 60 cm de hauteur). En l'état, il est impossible de préciser sa fonction et de départager entre couloir de traite ou chemin d'accès. (Fig. 137)

Str. 18 : Mur de 4,98 m de long et 0,43 m de large. Il délimite la face Nord-Est de la structure.

Str. 20 : Mur de 5,949 m de long et 0,494 m de large. Il est conservé sur une hauteur moyenne de 0,681 m. Il prolonge le mur n° 18 vers l'ouest.

Str. 21 : Mur de 7,706 m de long et 0,38 m de large. Il est conservé sur une hauteur de 0,411 m. Il prolonge le mur n° 20 et vient buter contre le mur n° 29.

Str. 22 : Mur de 24,185 m de long et 0,797 m de large. Il est conservé sur une hauteur moyenne d'environ 0,20 m.

- **Structure 19 et 23 :**

Structure à la fonction indéterminée visible uniquement par un angle droit formé par deux alignements de pierres : str. n° 19 (Est), str. n° 23 (Sud). Ces deux murs tracent un espace rectangulaire de 25,64 m<sup>2</sup> (4,24 m de long et 6,122 m de large). Cet aménagement est situé contre la barre rocheuse, à 7 m à l'Ouest de la face interne du mur n° 26 et à 3 m de l'angle formé par les murs n° 18 et 29. (Fig. 138)

Str. 19 : Possible mur de 4,515 m de long et 0,58 m de large. Il suit une orientation Nord-Sud. Il est très arasé. Il n'est visible que par quelques pierres jointives et alignées qui dépassent du sol de 0,10 m.

Str. 23 : Possible mur de 4,737 m de long et 0,304 m de large. Il suit une orientation Est-Ouest. Il est très arasé et n'est perceptible que par quelques blocs alignés qui dépassent de la surface de 0,29 m.



0 2,5 5 m

Fig. 137 - Structures n°18, 20, 21 et 22 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par



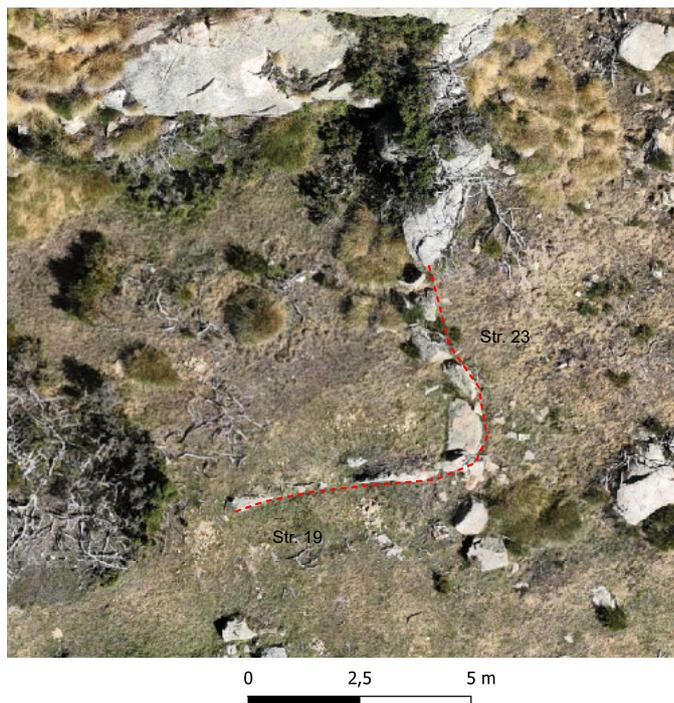
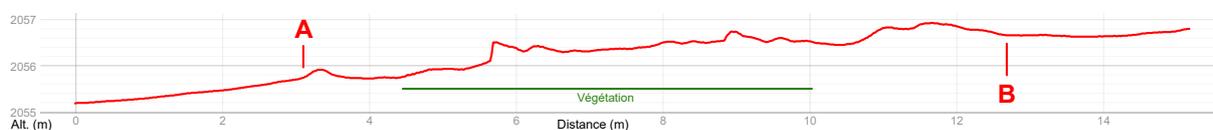
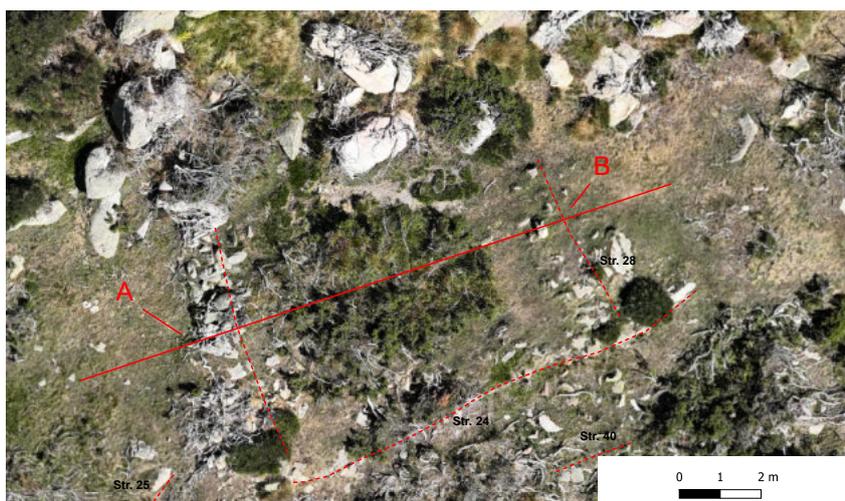


Fig. 138 - Structures n°19 et 23 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.

- **Structure 24 et 28 :**

Structure quadrangulaire située dans l'angle Nord-Ouest de la zone d'étude. Elle vient buter au Nord contre la barre rocheuse et à l'Ouest contre le mur n° 17. Elle mesure 54,596 m<sup>2</sup> (6,154 m de long et 8,994 m de large). Elle est constituée de deux murs : str. 24 (face Nord) et str. 28 (face Est). Elle est très effacée et difficile à cerner en raison du

Fig. 139 - Ci-contre, structures n°24 et 28 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profil



développement de la végétation (genêt et genévrier). (Fig. 139)

Str. 24 : Mur de 11,632 m de long et 0,422 m de large. Son état de conservation est difficile à établir. La présence de genêts et de genévrier empêche sa lecture.

Str. 28 : Mur de 2,379 m de long et 0,87 m de large. Il est visible par un alignement de pierres jointives qui émergent de la surface sur 0,58 m de hauteur (max.).

- **Structure 25 :**

Petit mur d'axe Nord-Est/Sud-Ouest visible sur 4,596 m de long. Il n'est visible que par quelques pierres un alignement de pierres jointives (0,206 m d'épaisseur) qui émergent de la surface sur 0,315 m de hauteur. Cet aménagement semble déconnecter de toutes les autres structures visibles sur la zone d'étude. Son identification est à prendre avec mesure. (Fig. 140)



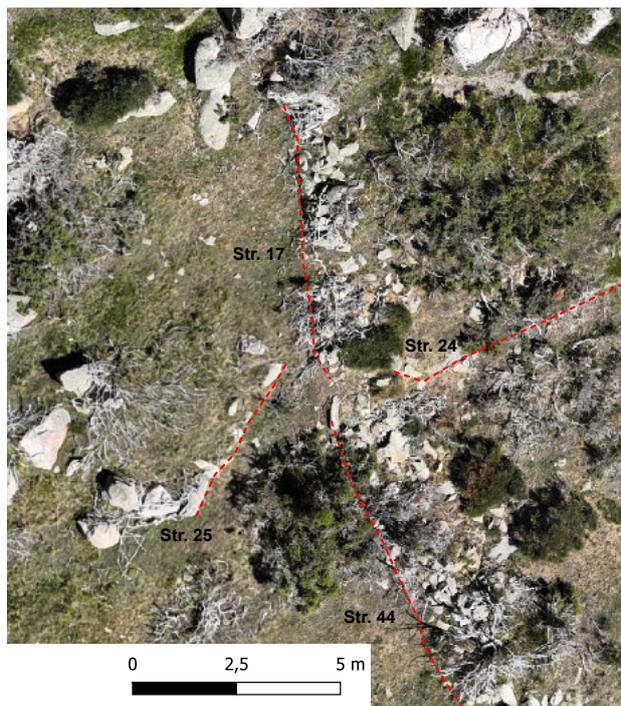
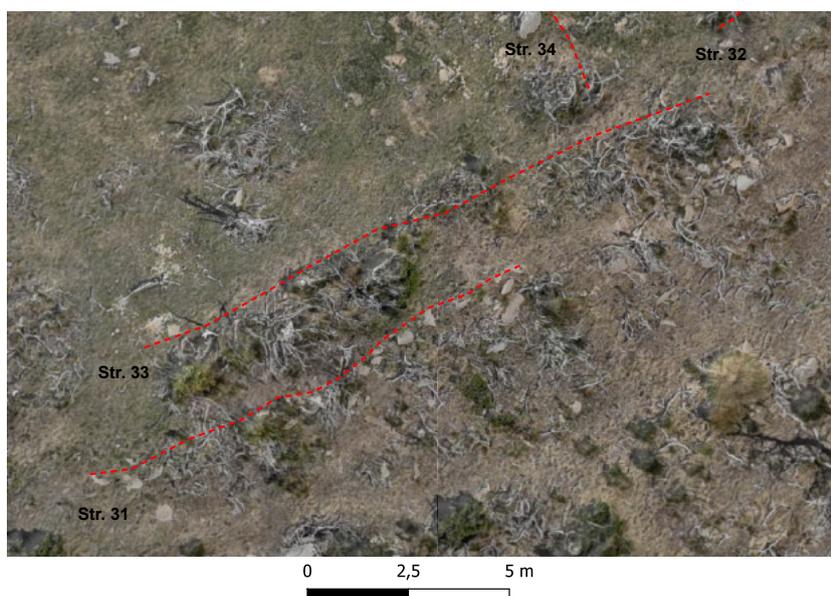


Fig. 140 - Structure n° 25 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.

- **Structure 31 :**

Possible mur d'axe Est-Ouest de 11,823 m de long visible que par un alignement de pierre et une légère déformation du sol. Son identification comme mur repose sur l'alignement des blocs et sur la proximité de la str. 33 (une formation du sol identifiée comme étant une possible ligne de terrasse). Son identification est à prendre avec mesure. (Fig. 141)

Fig. 141 - Structure n° 31 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.



- **Structure 32 :**

Possible mur semi-circulaire de 65,944 m de long. Il n'est identifiable que par une légère déformation du sol et quelques blocs affleurants. Son identification est à prendre avec mesure. (Fig. 142)

- **Structure 33 :**

Possible limite supérieure d'une terrasse de 9,076 m de long. Cette possible structure ne se perçoit que par un très léger micro-relief et une ligne de pierres à 2 m vers le Sud (str. 31). Devant la ténuité des indicateurs, son identification doit être prise avec toute la prudence nécessaire. (Fig. 143)

- **Structure 34 :**

Possible mur d'axe Nord-Sud, de 7,205 m de long. Elle n'est visible que par quelques pierres



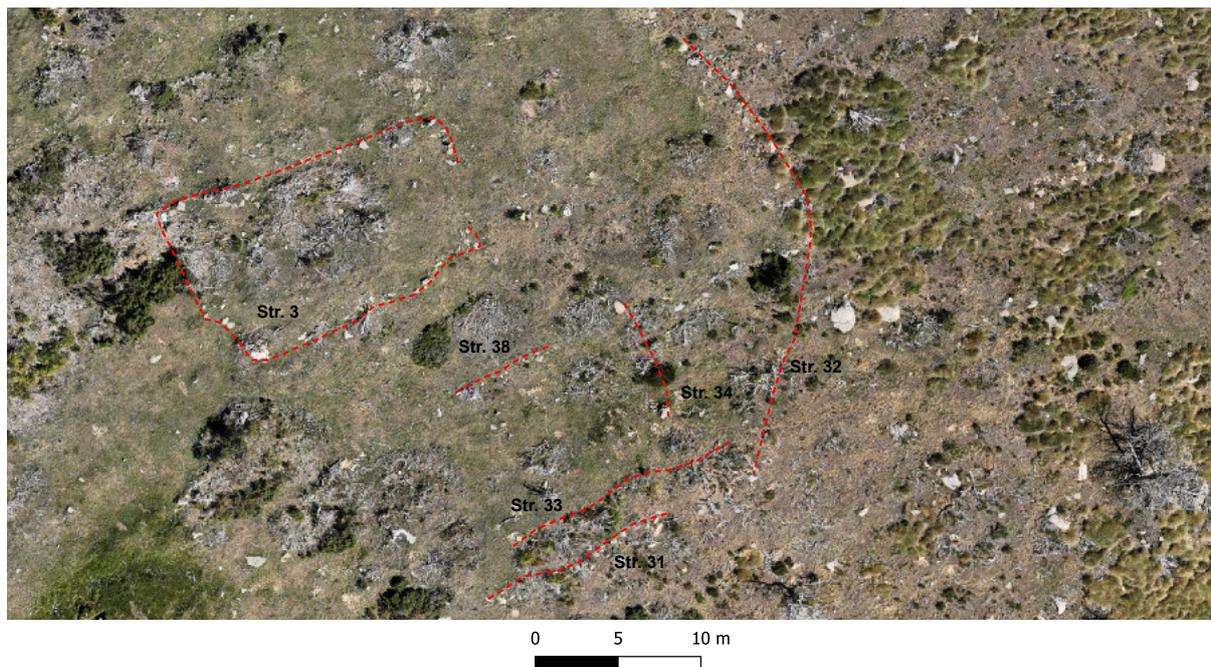


Fig. 142 - Structures n°31, 32, 33, 34, 38 et 3 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.

affleurantes. Devant la ténuité des indicateurs, son identification doit être prise avec toute la prudence nécessaire. (Fig. 142)

structure n'est identifiée que sur les données lidar HD de l'IGN. Devant la ténuité des indicateurs, son identification doit être prise avec toute la prudence nécessaire. (Fig. 143)

• **Structure 35 :**

Possible limite supérieure d'une terrasse de 16,489 m de long. Cette possible structure ne se perçoit que par un très léger micro-relief. Cette structure n'est identifiée que sur les données lidar HD de l'IGN. Devant la ténuité des indicateurs, son identification doit être prise avec toute la prudence nécessaire. (Fig. 143)

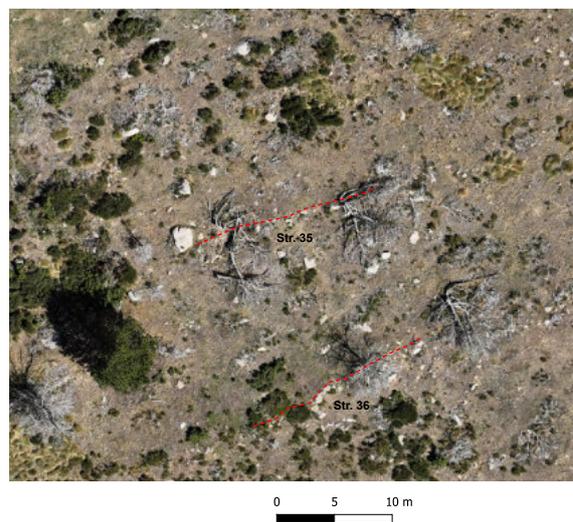


Fig. 143 - Structures n° 35 et 36 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.

• **Structure 36 :**

Possible limite supérieure d'une terrasse de 17,484 m de long. Cette possible structure ne se perçoit que par un très léger micro-relief. Cette



- **Structure 37 :**

Possible mur d'enclos de 36,189 m de long. Cette possible structure ne se perçoit que par un très léger micro-relief et quelques pierres affleurantes. Cette structure n'est identifiée que sur les données lidar HD de l'IGN. Devant la ténuité des indicateurs, son identification doit être prise avec toute la prudence nécessaire. (Fig. 144)

- **Structure 38 :**

Possible mur d'axe Est-Ouest et de 5,881 m de long. Cette possible structure ne se perçoit que par un très léger micro-relief et quelques pierres affleurantes. Cette structure n'est identifiée que sur les données lidar HD de l'IGN. Devant la ténuité des indicateurs, son identification doit être prise avec toute la prudence nécessaire. (Fig. 142)

- **Structure 39 :**

Possible limite de terrasse de 32,619 m de long. Cette possible structure ne se perçoit que par un très léger micro-relief et quelques pierres affleurantes. Cette structure n'est identifiée que sur les données lidar HD de l'IGN. Devant la ténuité des indicateurs, son identification doit être prise avec toute la prudence nécessaire. (Fig. 145)

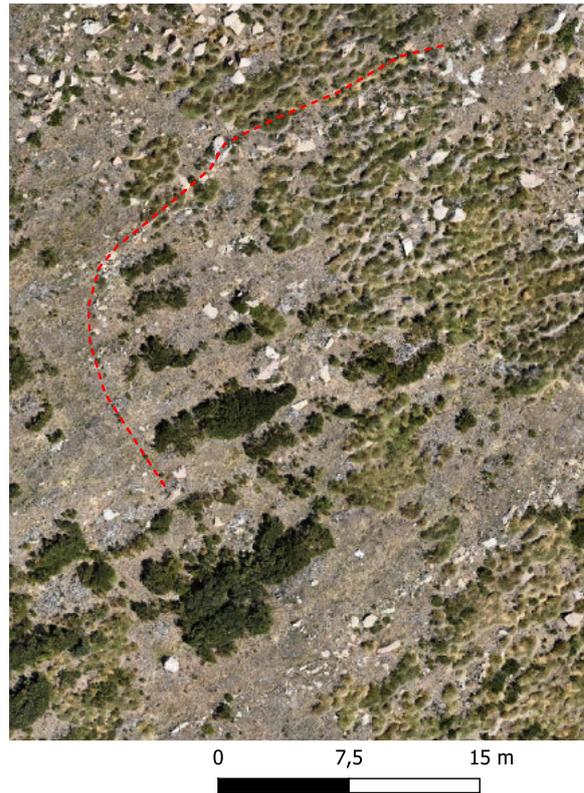


Fig. 144 - Structure n° 37 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.

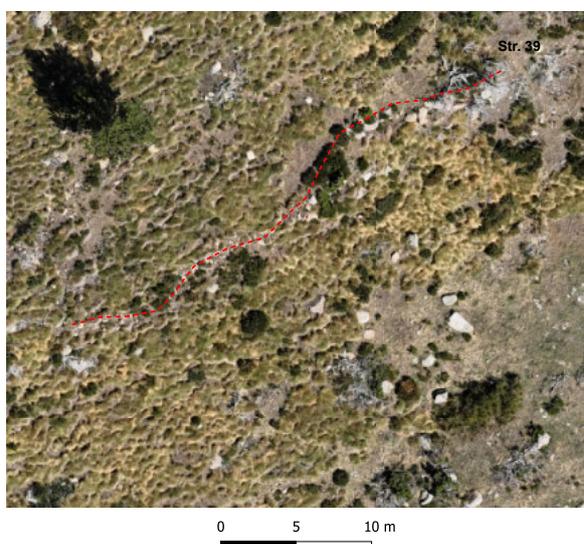


Fig. 145 - Structure n° 39 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.



- **Structure 40 :**

Possible mur de 1,928 m de long. Il n'est visible que par quelques pierres affleurantes qui émergent de la végétation. Son identification doit être prise avec toutes les mesures nécessaires.

- **Structure 41 :**

Possible mur de 3,427 m de long. Il n'est visible que par quelques pierres affleurantes qui émergent de la végétation. Son identification doit être prise avec toutes les mesures nécessaires. (Fig. 146)



Fig. 146 - Structure n° 41 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.

- **Structure 42 et 43 :**

Possible mur de 24,56 m de long. Il barrerait la pente l'espace entre le mur n° 10 et le mur n° 7. Il serait formé par les murs n° 42 et 43. Il n'est visible que sur les images thermiques. Son identification doit être prise avec toutes les mesures nécessaires. (Fig. 147)

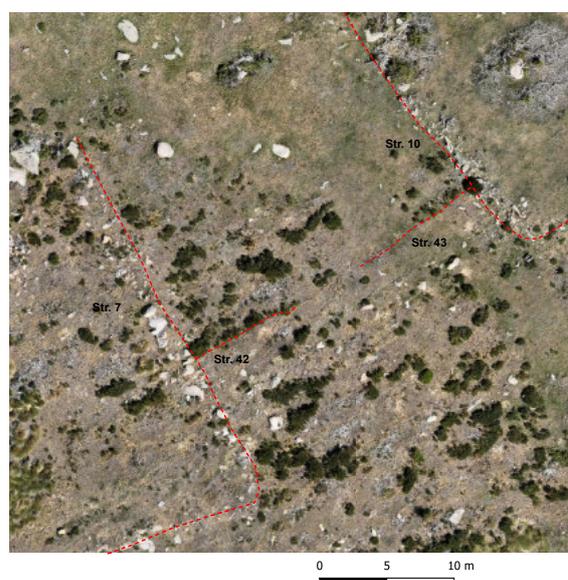


Fig. 147 - Structures n° 42 et 43 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.





## CHAPITRE 3-5

### Nekexare

#### (Commune de Lecumberry - Pyrénées-Atlantique - Nouvelle Aquitaine)

Le secteur de Nekexare se trouve à 600 m de la frontière franco-espagnole. Il s'agit d'un petit cirque situé aux pieds des cols d'Oradate (à l'Est) et du col Kurutxe (au Sud) dans la commune de Lecumberry (Pyrénées-Atlantiques). Il est à 1,56 km du site protohistorique d'Okabe (cromlech).

La zone d'étude se trouve en bordure Ouest d'une petite forêt de 0,5 km<sup>2</sup>. Il s'agit d'un versant herbeux partiellement colonisé par la fougère orienté vers le Nord qui ouvre largement sur le pic Arranohegi. Propriété du syndicat pastoral de Cize, cette estive est parsemée de cabanes en fonctionnement (élevage essentiellement ovin).

En 2022, Maialen Gauthier a débuté un Master centré sur l'approche ethnoarchéologique des pratiques d'estivage de l'élevage porcins en Cize et Soule du Moyen-Âge à nos jours. (Gauthier, 2022 et 2023).

Maialen Gauthier a, durant son travail de Master, repris l'historique des recherches (Gauthier. M, 2022 et 2023, p. 11-13). Elle démontre que les pratiques liées à l'élevage porcins en Soule ont fait l'objet d'approches archéologiques. Ainsi, en 1974, sur la base d'observations ethnographiques, Claude Dendaletche (Dendaletche, 1974) a identifié un type d'infrastructure, les tertres, comme étant d'anciennes loges à cochons. Ces tertres apparaissent sur l'estive comme

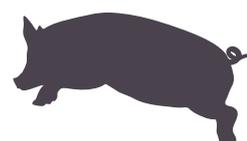
étant des petits monticule de terre. En 1970, Pierre Boucher a fouillé un groupe de ces structures qui sont toujours reliées à l'élevage porcine et constitués d'un toit conique maintenu par un poteau central et couvert de terre. (Ebraard, 2013) Jacques Blot en a eu une autre interprétation et les a fonctionnellement reliées à des cabanes de berger. Son travail qui s'échelonne entre 1975 et 2020, a permis d'en lister 1357. Maialen Gauthier est en train de reprendre cette étude. Pour les besoins de son Master, elle est titulaire d'une autorisation de prospection (code opération : 028519 - Gauthier. M, 2023). C'est dans le cadre de son travail de Master et de ces prospections que les membres du programme TAHMM sont intervenus.

Le site étant accessible en voiture, tous le matériel scientifique a été déplacé.

La campagne d'acquisition s'est déroulée du 20 au 22 septembre 2023.

Une première inspection de ce versant a été réalisée par Jacques Blot durant laquelle il avait repéré un tertre. Lors de ses prospections pédestres, Maialen Gauthier y a répertorié (Gauthier. M, 2023, p. 38-54) :

- 4 tertres
- 4 cayolars
- 2 couloirs de traite



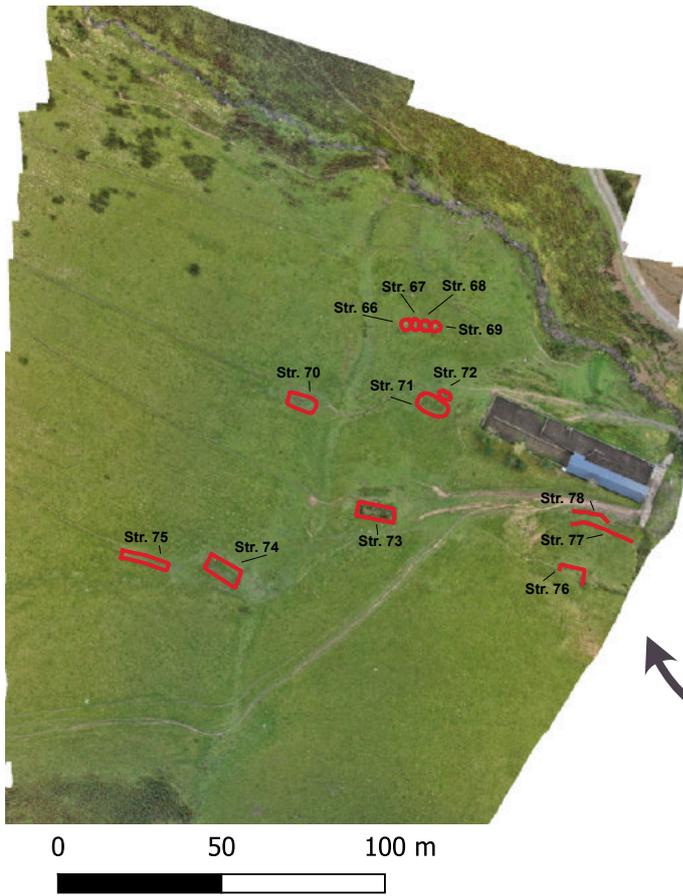
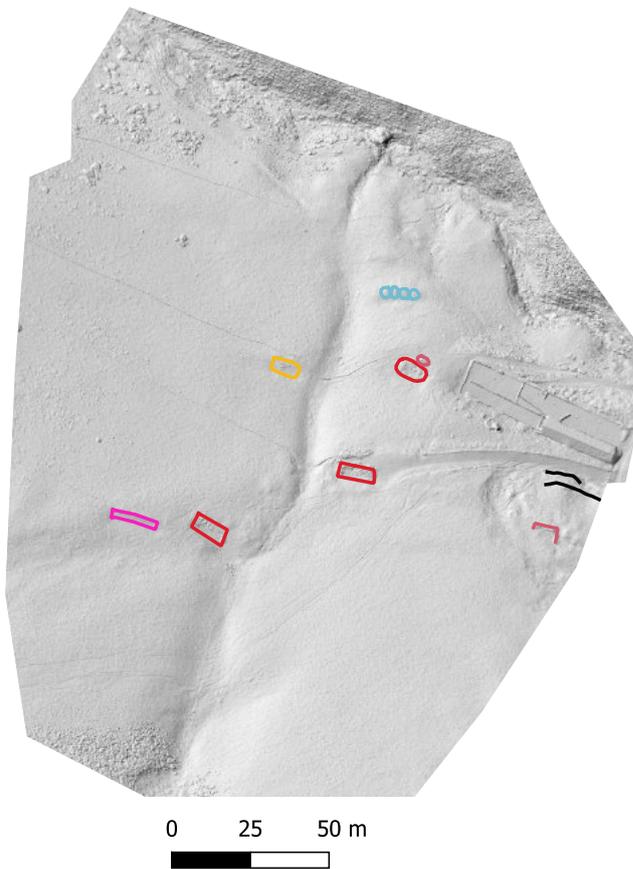


Fig. 148 -

Ci-contre, location des structures identifiées lors des prospections 2023 du secteur de Nekexare (Lecumberry - Pyrénées-Atlantiques) ;

Ci-dessous, location des structures classées suivant leur identification fonctionnelle



- Cabane
- Couloir
- Mur
- Replat
- Tertre





Fig. 149 - Localisation des zones prospectées avec des appareillages de géophysique

Soit 10 structures

choix a été fait d'inclure l'analyse de ces données dans le rapport 2024.

La suite de la suite du rapport présentera les résultats des relevés réalisés en 2023 (Fig. 149), soit :

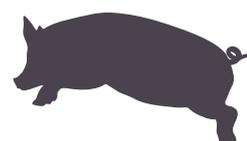
- Une couverture photogrammétrique par drone
- Une couverture thermographique par drone
- des acquisitions avec un magnétomètre
- Une acquisition avec un géoradar

Cette campagne de prospection a permis d'inventorier (Fig. 148)

- 4 tertres
- 1 replat
- 2 cabanes/étables
- 1 couloir de traite
- 2 murs (ou 1 couloir de traite)

Soit 10 structures

Dans le temps imparti (20 décembre), il a été impossible de traiter les images thermiques. Le



## Acquisition géoradar

Toute la zone autour et sur les 4 tertres alignés (str. 66 à 69) a été inspectée à l'aide du géoradar. Ce matériel fait partie du plateau technique « Télédétection, Imagerie, Géomatique, 3D » de la plateforme ArchéoScience du laboratoire TRACES(UMR 5608). Il est composé d'une unité de contrôle GSSI SIR 4000, d'un chariot et d'une antenne 400 mHz.

### Zone 1

L'objectif de ces acquisitions était d'avoir un premier aperçu d'utilisation de cet appareillage sur ce type de structure. (Fig. 150).

La zone d'étude mesure 19 m de long sur 9 m de large (soit 171 m<sup>2</sup>) suivant des lignes espacées de 0,50 m (Fig. 150).

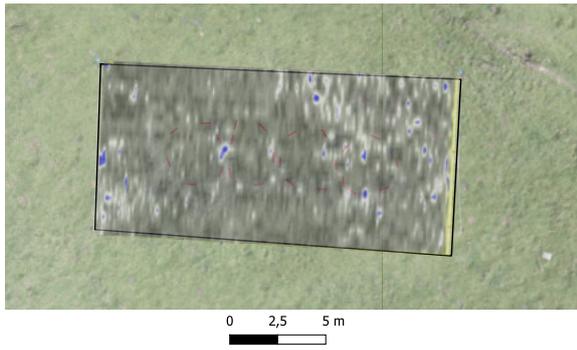
L'acquisition sur le terrain a été réalisée par C. Calastrenc, J.-P. Calastrenc et M. Gauthier. Le traitement des données a été fait par Nicolas Poirier. Une coupe à 7 niveaux de profondeur a été extraite : 0,10, 0,25, 0,50, 0,70, 1, 1,20, 1,35 de profondeur. Le premier mètre est plus documenté car c'est dans cette épaisseur que se trouve la très grande majorité des vestiges archéologiques dans ce type de contexte.

Ces différentes coupes ne montrent aucun aménagement particulier, aucune structure sous-jacente (Fig. 151). Toutefois, des enseignements peuvent être utilisés. Ainsi,

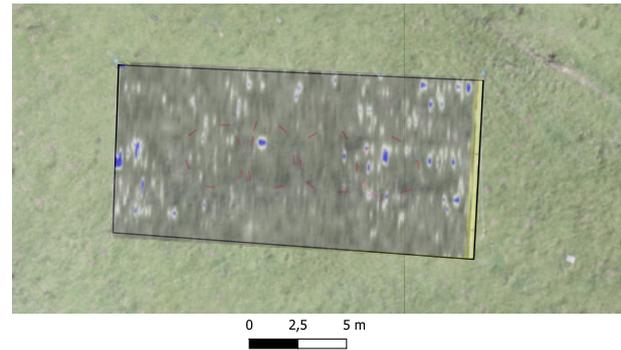
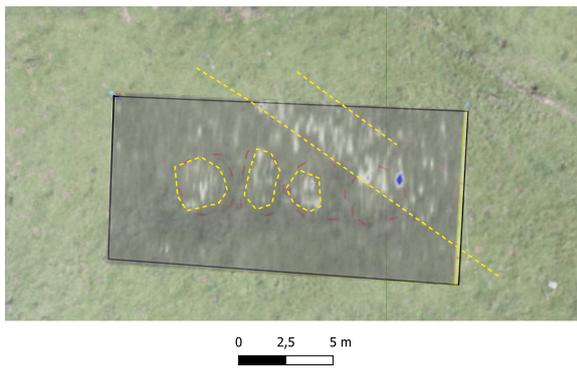


Fig. 150 - Ci-dessus, Localisation du relevé au géoradar (Nekexare - Lecumberry) - Ci-dessous localisation des lignes d'acquisition géoradar (Nekexare, Lecumberry)

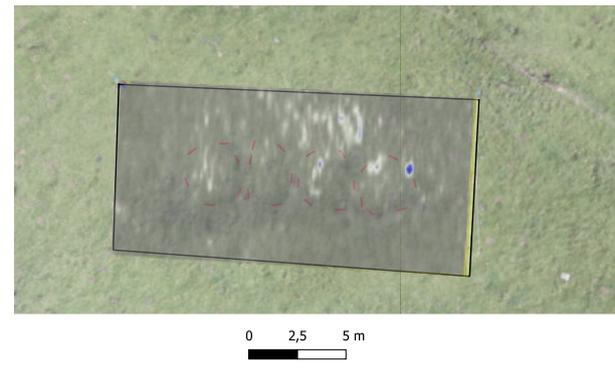




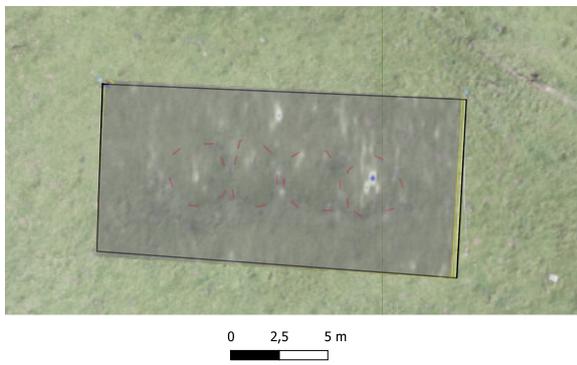
10 cm de profondeur



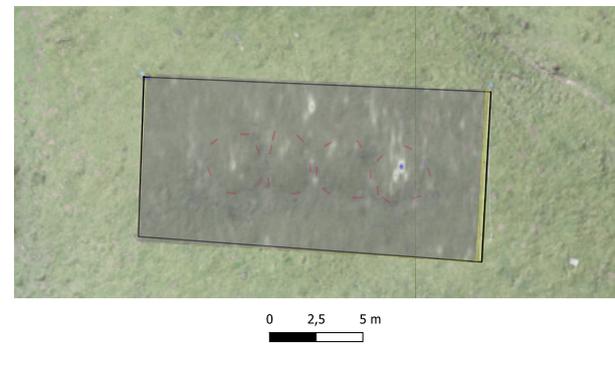
25 cm de profondeur



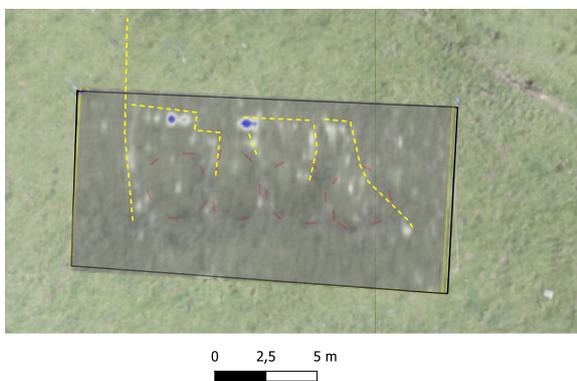
50 cm de profondeur



70 cm de profondeur



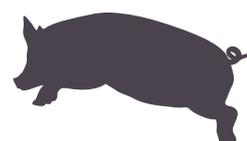
100 cm de profondeur



120 cm de profondeur

135 cm de profondeur

Fig. 151 - Présentation des 7 coupes géoradar réalisée dans le secteur de Nekexare (Lecumberry)



entre 10 et 25 cm de profondeurs, quelques pierres éparses semblent parsemer la zone d'étude. Aucune ne montre une structuration, une organisation particulière pouvant indiquer la présence de murs et/ou d'aménagement.

A 50 cm de profondeur, deux « anomalies » sont observables : une bande de sédiment différent barre la zone d'étude suivant un axe Nord-Ouest-Sud-Est et trois nodules d'environ 6m<sup>2</sup> situés au centre des « tertres ». Cette différence de sédiment s'observe jusqu'à 70 cm de profondeur.

De 100 à 120 cm de profondeur les niveaux sédimentaires paraissent atones.

A 135 cm de profondeur des tracés de densité différentes se note légèrement au Nord des « tertres » visibles en surface. S'agit-il de structures sous-jacentes ? Rien ne permet de le confirmer. De plus, la profondeur de ces « anomalies » est étonnante et plaide plus en faveur d'une différence naturelle du substrat, plutôt que de la présence d'ancienne trace d'anthropisation.

## **Acquisition magnétomètre**

### Zone 1 :

Cette zone se trouve au Nord de la zone d'étude. Elle a été placée au-dessus des 4 tertres accolés (str. 66 à 69). Ce relevé ne montre aucune anomalie. (Fig. 152)

### Zone 2 :

Cette zone se trouve sur et autour des structures n°71 et 72. Elle a pour but de documenter ces deux structures, de déterminer si des objets ou si des traces de combustion sont présents dans le sous-sol. Ce relevé ne montre aucune anomalie majeure, mais plusieurs petites zones très circonscrites pouvant potentiellement indiquer la présence d'objets métalliques dans les niveaux sous-jacents. (Fig. 153)

### Zone 3 :

Cette zone est située à 25 m à l'Ouest de la zone 2. Elle a pour but de documenter la structure n° 70 et ses alentours. Ce relevé ne montre aucune anomalie (Fig. 154)

### Zone 4 :

Cette zone est située au Sud de la zone 2. Elle a pour but de documenter la structure n° 74 et ses alentours. Ce relevé ne montre aucune anomalie (Fig. 155)



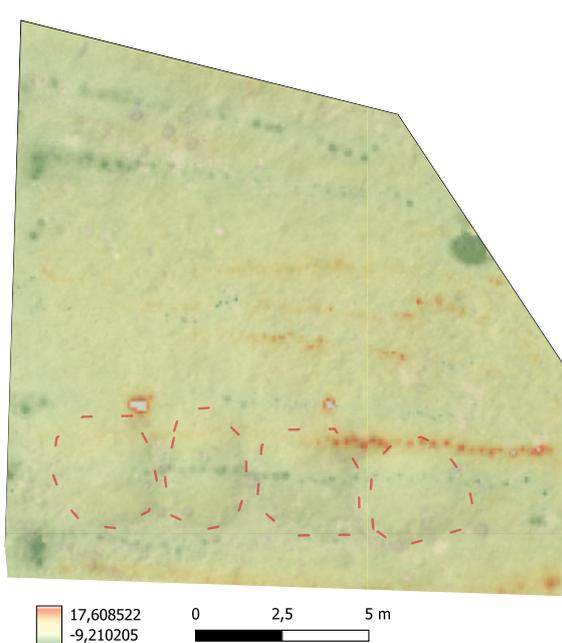


Fig. 152 - Présentation de l'acquisition au magnétomètre - Zone 1 du secteur de Nekexare avec la méthode du krigeage Inverse distance weitghed (Lecumberry)

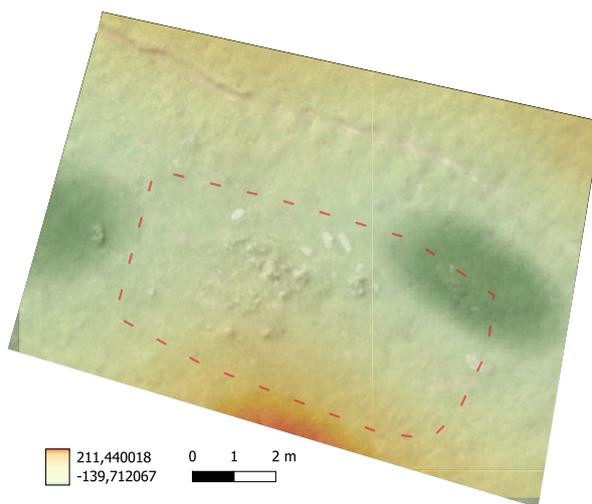


Fig. 154 - Présentation de l'acquisition au magnétomètre - Zone 3 du secteur de Nekexare avec la méthode Universal Kriging (Lecumberry)

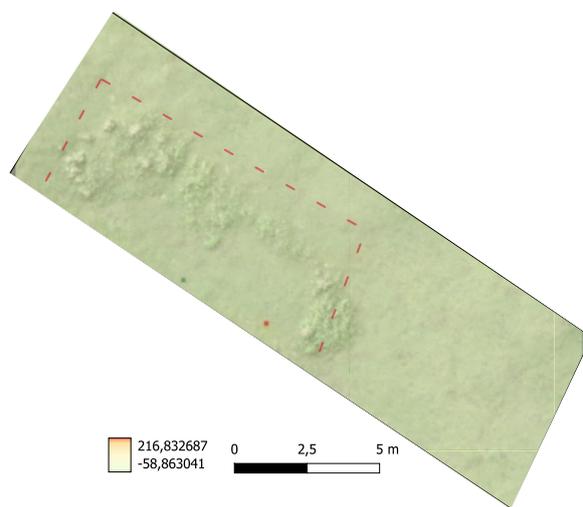


Fig. 155 - Présentation de l'acquisition au magnétomètre - Zone 4 du secteur de Nekexare avec la méthode d'interpolation inveser distance weitghed (Lecumberry)

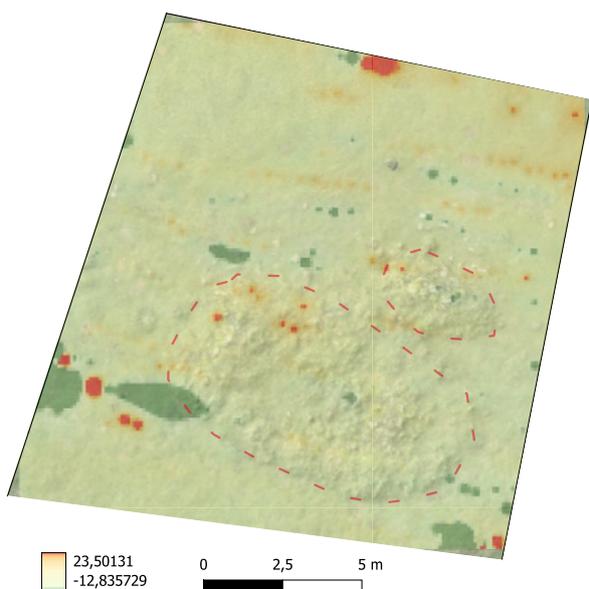
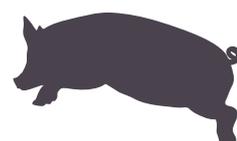


Fig. 153 - Présentation de l'acquisition au magnétomètre - Zone 2 du secteur de Nekexare avec la méthode d'interpolation IDW (Lecumberry)



## Inventaire archéologique

- **Structure 66 :**

Petite structure légèrement ovale de 2,881 m de long et 2,602 m de large (soit 6,96 m<sup>2</sup>). Sur le terrain, elle correspond à un petit monticule de terre de 0,20 m de haut. (Fig. 156 et 157) Cette

structure se trouve à l'extrémité Ouest d'un groupe de 4 « tertres » alignés l'un à côté de l'autre.

- **Structure 67 :**

Petite structure légèrement ovale de 3,29 m de

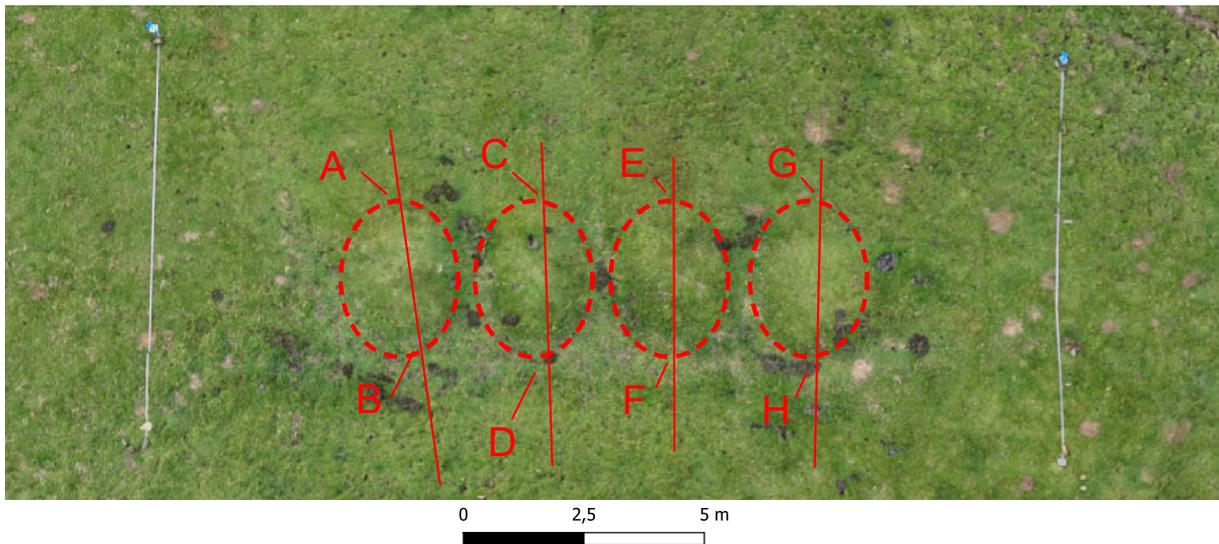


Fig. 156 - Structures n°66, 67, 68 et 69 (Nekexare - Lecumberry) en fond : orthophotographie fait par photogrammétrie

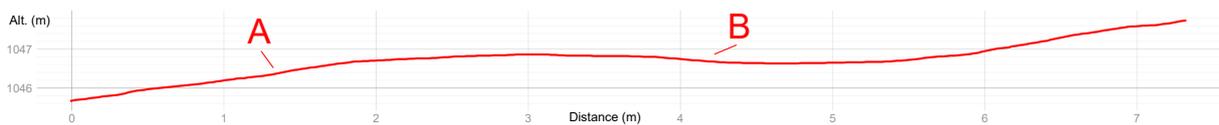


Fig. 157 - Structure n°66 (Nekexare - Lecumberry) Profil

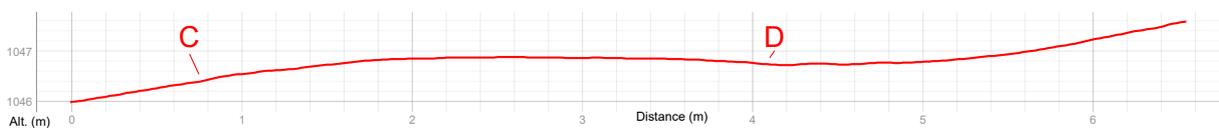


Fig. 158 - Structure n°67 (Nekexare - Lecumberry) Profil



Fig. 159 - Structure n°68 (Nekexare - Lecumberry) Profil

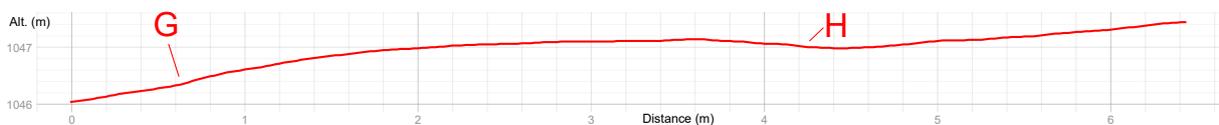


Fig. 160 - Structure n°69 (Nekexare - Lecumberry) Profil



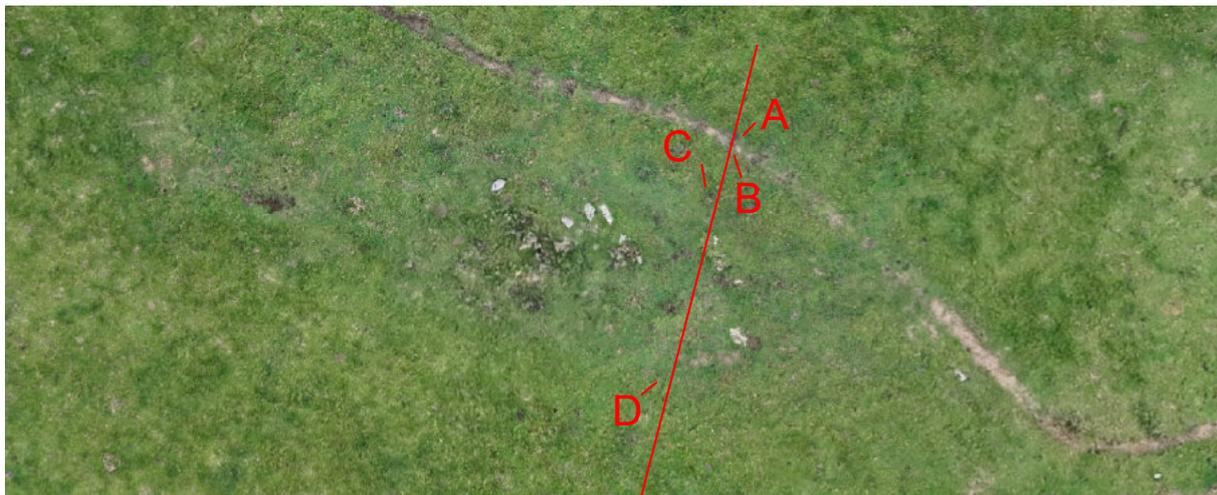
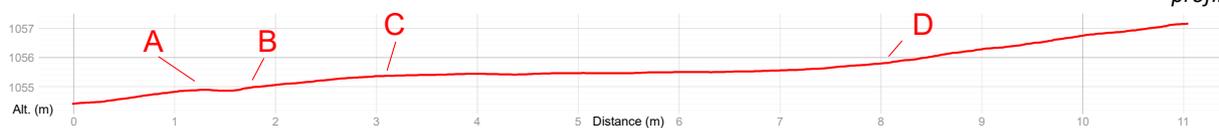


Fig. 161 - Structure n°70 (Nekexare - Lecumberry) Ci-dessous, orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profil



long et 2,233 m de large (soit 6,005 m<sup>2</sup>). Sur le terrain, elle correspond à un petit monticule de terre de 0,157 m de haut. (Fig. 156 et 158) Cette structure se trouve à l'Ouest d'un groupe de 4 « tertres » alignés l'un à côté de l'autre. Elle jouxte la structure n° 66 (à l'Ouest) et la structure n° 68 (à l'Est).

- **Structure 68 :**

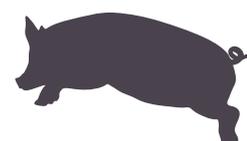
Petite structure légèrement ovale de 3,121 m de long et 2,685 m de large (soit 7,30 m<sup>2</sup>). Sur le terrain, elle correspond à un petit monticule de terre de 0,137 m de haut. (Fig. 156 et 159) Cette structure se trouve à l'Est d'un groupe de 4 « tertres » alignés l'un à côté de l'autre. Elle jouxte la structure n° 67 (à l'Ouest) et la structure n° 69 (à l'Est).

- **Structure 69 :**

Petite structure légèrement ovale de 2,982 m de long et 2,599 m de large (soit 6.627 m<sup>2</sup>). Sur le terrain, elle correspond à un petit monticule de terre de 0,117 m de haut. (Fig. 156 et 160) Cette structure se trouve à l'extrémité Est d'un groupe de 4 « tertres » alignés l'un à côté de l'autre.

- **Structure 70 :**

Petit replat herbeux inscrit dans la pente. Il mesure 9,529 m de long et 4,579 m de large (soit 45,130 m<sup>2</sup>). Il est marqué par un micro-relief de 0,461 m de haut. (Fig. 161) Il est possible que ce replat soit le seul vestige de la présence d'une structure liée à l'élevage.



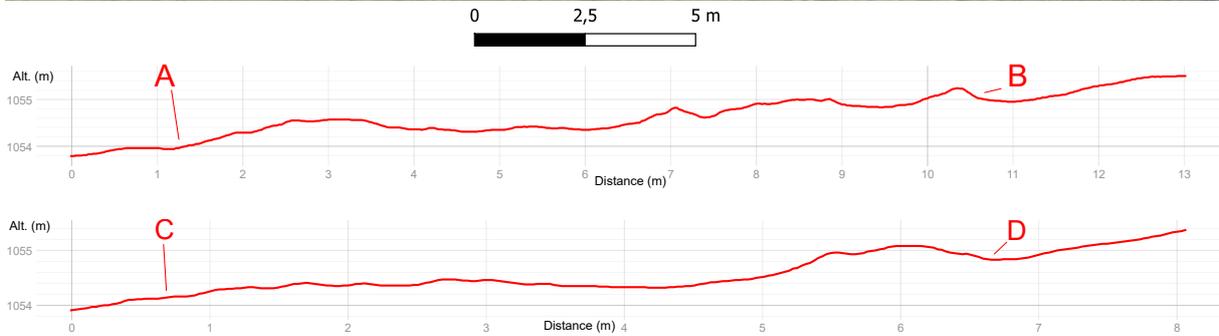


Fig. 162 - Structure n°71 (Nekexare - Lecumberry) Ci-dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profils

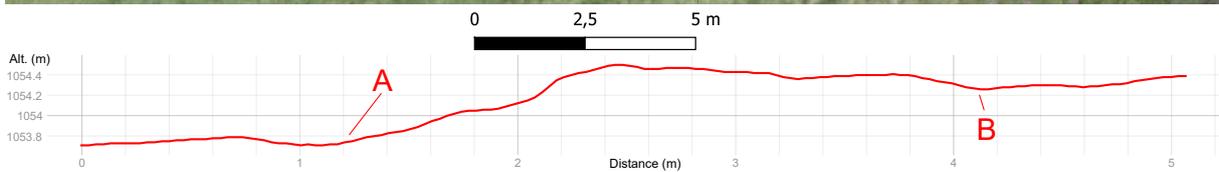
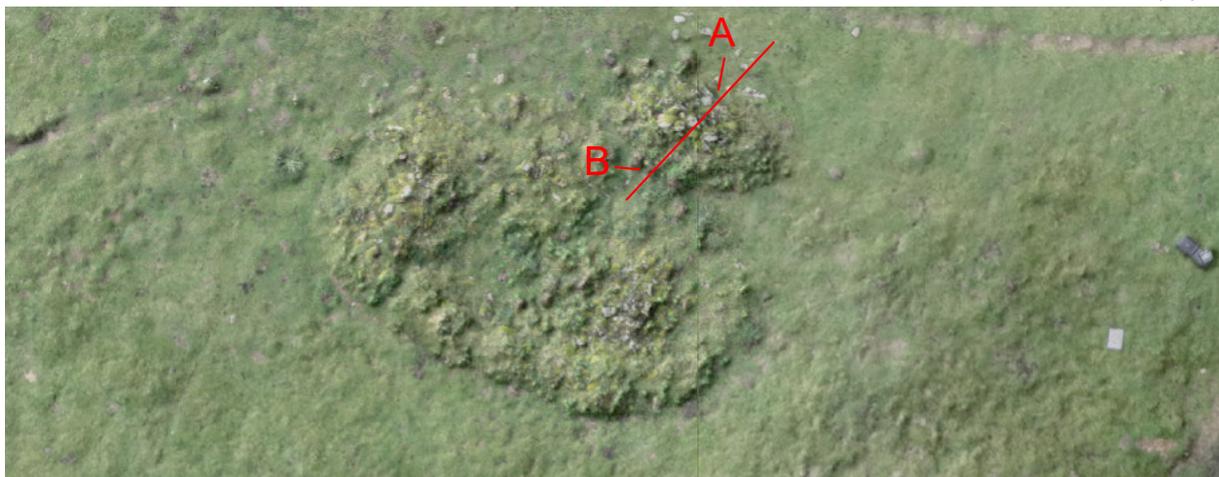


Fig. 163 - Structure n°72 (Nekexare - Lecumberry) Ci-dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profils



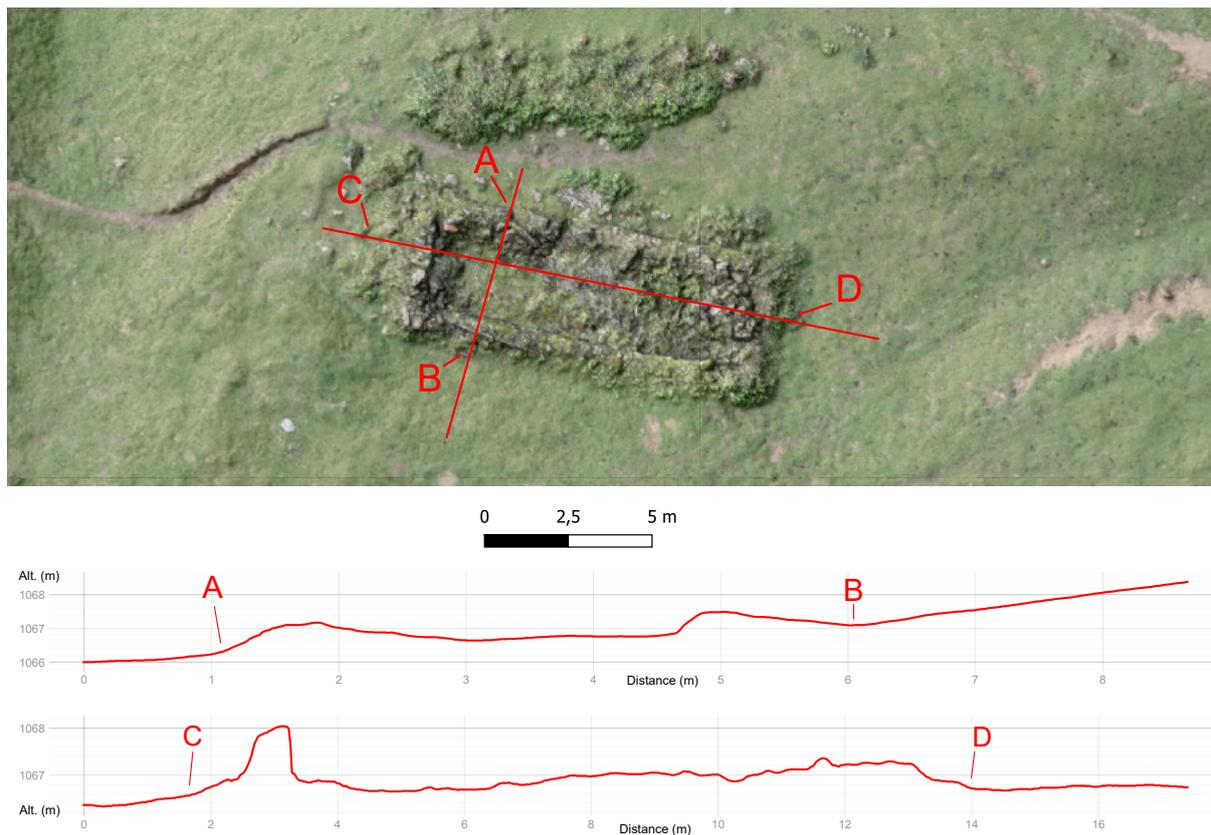


Fig. 164 - Structure n°73 (Nekexare - Lecumberry) Ci-dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profils

- **Structure 71 :**

Petit replat herbeux inscrit dans la pente. Il mesure 9,901 m de long et 5,429 m de large (soit 44,108 m<sup>2</sup>). Elle est conservée sur 0,747 m de haut. (Fig. 162) Elle est de forme rectangulaire. La porte se trouve au Nord, presque au centre de la structure et mesure 0.947 m de large.

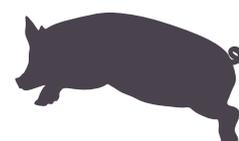
- **Structure 72 :**

Petit monticule de pierres ne présentant aucune organisation en surface qui mesure 3.956 m de long et 2,454 m de large (soit 45,136 m<sup>2</sup>). Il se développe sur une hauteur de 0,761 m. (Fig. 163) Ce regroupement de blocs est de forme

ovale. Il est impossible, à partir des données de surface de déterminer s'il s'agit d'une structure ou d'un monticule de blocs retirés de la structure 71 et mis en attente pour une utilisation future.

- **Structure 73 :**

Cabane ou étable de 11,22 m de long et 4,39 m de large (soit 50,20 m<sup>2</sup>). Elle est bien conservée avec une hauteur maximale de 1,382 m. Les murs ont une largeur moyenne de 0,593 m. (Fig. 164) La porte devait se trouver à 4 m à l'Est de l'angle Nord-Ouest. Elle ouvre sur 0,717 m de large. Les murs paraissent avoir subi des



modifications, notamment dans l'angle Sud-Ouest où l'on peut voir un désaxement. Ce bâtiment a été construit par nivellement de la pente. Cette excavation s'étend sur 2,8 m à l'extérieur de la face Ouest et à 3,14 m au Sud de la structure n°73. À l'Est de la structure une zone plate de 76 m<sup>2</sup> a été aménagée et permet la connexion à un chemin d'accès.

- **Structure 74 :**

Cabane ou étable de 11,068 m de long et 5,272 m de large (soit 58,244 m<sup>2</sup>). Elle est bien conservée avec une hauteur maximale de 1,028 m. (Fig. 165 et 166) L'état d'arasement est tel qu'il est impossible de donner des précisions supplémentaires comme l'emplacement de la porte, sa largeur, les modes constructifs...etc.

- **Structure 75 :**

Couloir de traite de 14,677 m de long et 2,421 m de large (soit 35,689 m<sup>2</sup>). Elle est bien conservée avec une hauteur maximale de 0,245 m. (Fig. 165 et 167) Cette structure se perçoit par deux micro-reliefs de forme linéaire et perpendiculaires.

- **Structure 76 :**

Possible cabane de 7,592 m de long et 4,511 m de large (soit 34,24 m<sup>2</sup>). Elle est bien conservée avec une hauteur maximale de 0,198 m. (Fig. 168) Cette structure ne se perçoit que par

quelques blocs épars dans l'angle Nord-Est, un léger micro-relief et une concentration de fougères.



Fig. 169 - Relevé (Nekexare - Lecumberry - © Carine Calastrenc)



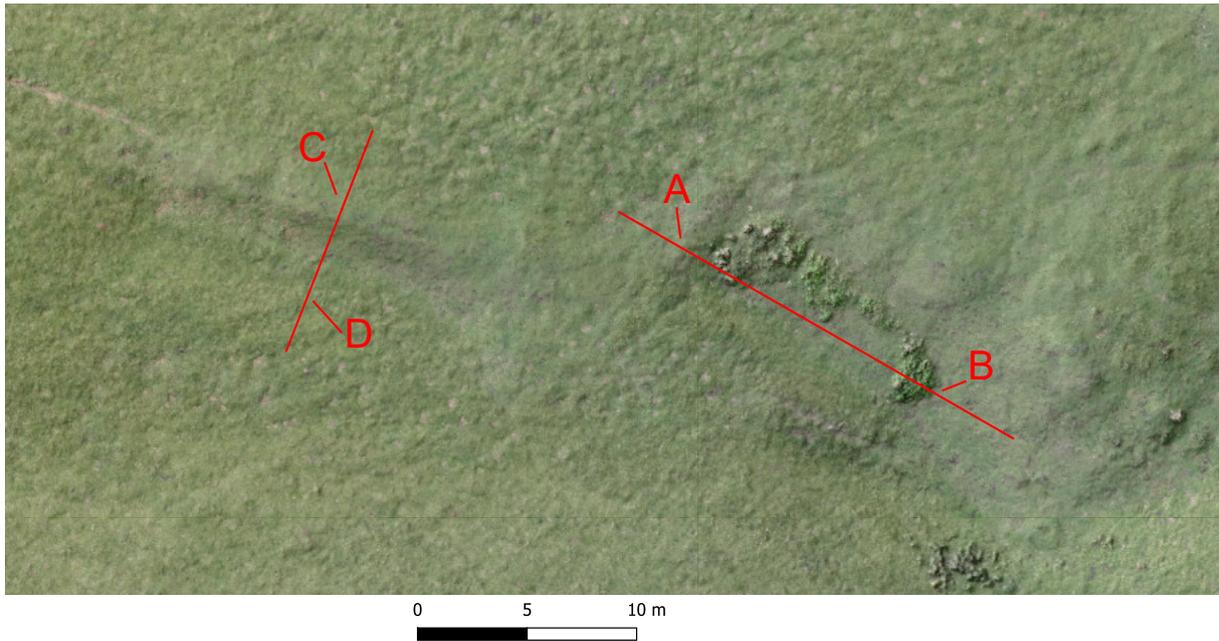


Fig. 165 - Structure n°74 et 75 (Nekexare - Lecumberry) Orthophotographie réalisée par photogrammétrie



Fig. 166 - Structure n°74 (Nekexare - Lecumberry) Profil

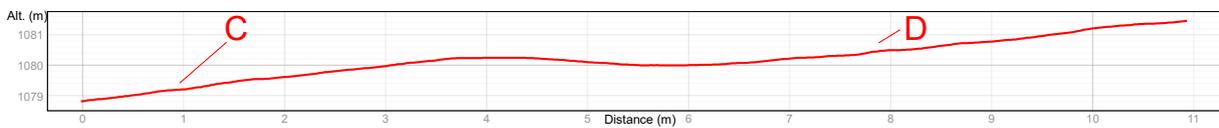


Fig. 167 - Structure n°75 (Nekexare - Lecumberry) Profil

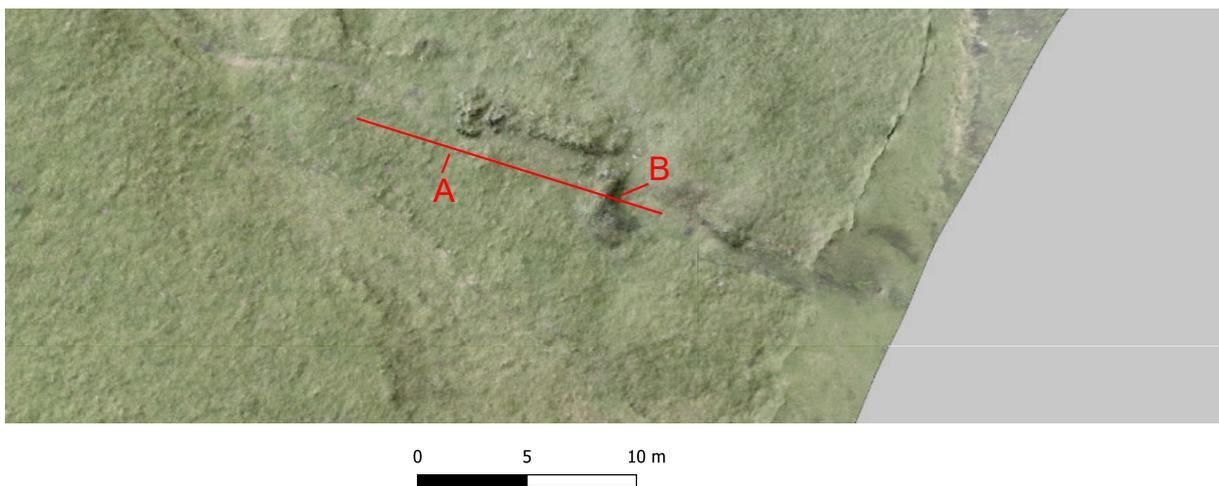
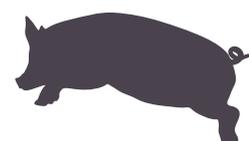


Fig. 168 - Structure n°76 (Nekexare - Lecumberry) Ci-dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profils





## CHAPITRE 4

### Synthèse

#### Résumé des actions 2023

Le projet TAHMM a pour objectif d'utiliser des techniques et méthodes non invasives, de la télédétection satellitaire à l'analyse des sols (chimie, paléo-parasitologie, ADN sédimentaire) en passant par l'avion (Lidar HD de l'IGN), les drones (photogrammétrie, thermographie, lidar, imagerie multispectrale) et la géophysique (magnétomètre, géoradar) pour mettre en place une chaîne opératoire intégrée multi-source, multi-échelle et multi-temporelle afin d'optimiser la détection archéologique en zone d'altitude et d'insérer, tout ou partie de ces données, dans un process qui inclut l'Intelligence Artificielle (Fig. 1).

2023 marque une date importante pour TAHMM et son passage en phase opérationnelle pour les acquisitions drones (Lidar, photogrammétrie, thermographie et multispectral) et géophysique (géoradar et magnétomètre) (Fig. XXX). Ce changement d'échelle, a permis d'ouvrir ce projet à quatre programmes scientifiques partenaires (Fig. n°2) : « Paacte » (dirigé par M.-C. Bal -Geode-UMR 6203) qui étudie les formes de résiliences de la filière pastorale d'Occitanie en réponse au dérèglement climatique., « Gravure rupestre » dirigé par P. Foucher (Conservateur -Service Régional de l'Archéologie d'Occitanie) qui retrace le lien entre des gravures rupestres de l'âge du Bronze et l'activité pastorale, le Programme

Collectif de Recherche (PCR) « Habiter la montagne » dirigé par C. Rendu (Framespa-UMR 5136) qui regroupe des chercheurs travaillant sur le pastoralisme pyrénéen. De plus, les méthodes développées dans TAHMM sont diffusées via un co-encadrement d'un Master 2 recherche sur l'approche ethnoarchéologique des pratiques pastorales porcines, en Cize et en Soule (Pyrénées-Atlantiques) réalisé par M. Gauthier (Université Toulouse J. Jaurès – Dir. C. Rendu et F. Hautefeuille).

En 2023, ce sont donc 5 terrains répartis sur l'ensemble de la chaîne pyrénéenne qui ont été inspectés et archéologiquement évalués. Cela a nécessité 3 héliportages pour le transport de 250 kg de matériel scientifique et l'installation d'un campement à 2000 m d'altitude (Fig. 3). En 11 jours de travail effectif, c'est un total de 101 hectares qui ont été couverts avec des drones équipés de différents capteurs et 25 structures inspectées avec des appareillages de géophysique représentant une superficie cumulée de respectivement 3600 m<sup>2</sup> (magnétomètre) et 900 m<sup>2</sup> (géoradar) (Fig. 4).

En 2023, le projet TAHMM a poursuivi l'insertion de jeux de données et appareillages. Ont ainsi été intégrés dans la chaîne opératoire, le lidar HD de l'IGN. En 2023, 4308 hectares de couverture lidar HD de l'IGN qui ont été examinés sur deux terrains très bien connus par la prospection



pédestre : Enveitg (Pyrénées-Orientales) et l'estive d'Anéou (Laruns-Pyrénées-Atlantiques). Comparé aux données de prospection (Fig. 5), il est possible d'évaluer le potentiel du lidar HD de l'IGN. Ainsi, en montagne, son exploitation, en amont d'une première approche archéologique, permet de cibler les zones à plus fort potentiel archéologique et d'avoir une image globale de la répartition spatiale des vestiges. De plus, deux drones et un carottier manuel ont été acquis. Les deux drones, destinés à la photogrammétrie et la thermographie, permettent des vols plus longs et disposent de capteurs ayant une résolution spatiale et spectrale plus fines que les drones anciennement utilisés (Fig. 6, 7 et Fig. 8 à gauche). Le carottier manuel est utilisé pour prélever des sédiments et y détecter, avec un spectromètre à rayon X (XRF) les éléments traces de matières organiques (fèces animales). Le but n'est pas d'avoir une image moyennée de la « pression » animale, mais bien de pouvoir localiser en X, Y mais aussi en Z les aires de stabulation non encloses de pierres (Fig. 8) et ainsi de pouvoir mesurer les variations de l'occupation.

L'année 2023 a également été mise à profit pour mettre en place une collaboration ponctuelle avec M. Le Bailly (Chrono-environnement-UMR 6249) et J. Nabarte Hernández (Université du Pays basque - Victoria-Espagne) pour l'établissement d'un protocole expérimental qui intègre la paléo-parasitologie et l'ADN sédimentaire en se focalisant sur l'élevage porcin en Cize et Soule (Pyrénées-Atlantiques).

En 2023, via le programme ISI du CNES, TAHMM a pu bénéficier d'une programmation d'acquisition d'images Pléiade sur 1241 km<sup>2</sup> de la vallée d'Aure (Hautes-Pyrénées) à la vallée d'Aspe (Pyrénées-Atlantiques). (Fig. 9) Ces images sont en cours d'exploitation

Fin 2023, le sujet d'un stage de Master 2 a été défini et proposé aux étudiants de Master . Il s'axera sur le traitement des nuages de points (Lidar et photogrammétrie) pour caractériser et classifier ceux correspondant à des vestiges archéologiques via l'emploi des réseaux de neurones. Toutefois, l'insertion de l'Intelligence Artificielle ne pourra prendre de réelle ampleur que par le financement de Contrat à Durée Déterminée/Doctorat/Post-doctorat.

En 2023, le programme Mont'Prospect a fait l'objet de 3 publications d'article dans des revues scientifiques françaises et étrangères à comité de lecture et de 3 communications à des colloques/séminaire.

### ***Présentation de la programmation des actions 2024***

En 2024, tout en poursuivant les acquisitions sur les terrains d'étude établis antérieurement, le projet Mont'Prospect 2.0 se centrera sur l'insertion de l'Intelligence artificielle dans la chaîne de traitement et sur l'extension des collaborations pour tester des process expérimentaux l'introduction de la paléo-parasitologie et de l'ADN



sédimentaire dans la chaîne de traitement établit dans le cadre du projet Mont'Prospect 2.0. (Fig. 10).

En plus d'acquisitions par drones et avec des appareillages de géophysiques sur les secteurs de Montarrouyes (Vielle-Aure – Hautes-Pyrénées), d'Enveitg (Pyrénées-Orientales) et de la Réserve Naturelles d'Aulon (Aulon – Hautes-Pyrénées), un nouveau terrain sera également ouvert sur la zone du Hourc (Bagnères-de-Bigorre – Hautes-Pyrénées) en lien avec les recherches archéologiques dirigées par Noémie Luault et menées sur un ensemble pastoral bovin laitier (un courtaou). L'ensemble de ces actions se déroulera entre juin et septembre/octobre 2024.

En 2024, une première collaboration mise en place avec le laboratoire Chrono-environnement (UMR 6249) et l'Université du Pays-Basque (Vitoria-Espagne), permettra une première opération de prélèvement et d'analyse d'une carotte sera réalisée sur le site d'Ocabé (Lecumberry – Pyrénées-Atlantiques) avec comme objectif de travailler à l'identification de traces de l'élevage porcin autour de structures emblématiques et archéologiquement relativement mal connues mais traditionnellement reliées à ce type d'élevage : les tertres. Les résultats de ces premiers tests seront importants pour pérenniser cet axe de recherche qui demandera aussi l'élargissement à de nouvelles collaborations.

En 2024, Luc Lapierre va poursuivre le traitement des images Pléiades pour définir les potentialités et les limitations de détection des structures pastorales de haute

et moyenne montagne via l'imagerie satellitaire. Le traitement des données Lidar HD de l'IGN sera poursuivi et prendra en compte l'ensemble des zones d'études impliquées dans le programme Mont'Prospect 2.0.

Un stage de Master sera réalisé au à l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT, site de Université Toulouse III - Paul Sabatier - UMR 5505) pour le traitement des données non-structurées (nuage de points lidar et photogrammétrie) pour identifier et localiser des vestiges archéologiques masqués par une végétation basse et ligneuse (rhododendron, genêt, genévrier, myrtille). Ce stage sera financé par une subvention Région Occitanie. Il sera encadré par [Nicolas Mellado](#) (Chargé de Recherche CNRS, IRIT), [Nicolas Dobigeon](#) (Professeur des Universités, Toulouse INP & IRIT), [Claire Marais-Sicre](#) (Ingénieure, CESBIO) et [Carine Calastrenc](#) (Ingénieure de Recherche CNRS, TRACES). Il se déroulera de mars à juillet 2024.

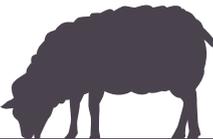
Il s'agira là de la première étape pour l'insertion de l'Intelligence Artificielle dans les procédures de traitement et d'analyse des données.

La seconde étape sera de mettre en place des chaînes de traitement qui permettent de « fusionner » toutes les informations acquises pour affiner la détection et dépasser ce que nous faisons actuellement, c'est-à-dire observer un à un les résultats de chaque acquisition, de chaque appareillages mis en œuvre. Sur ce point préciser Jordi Inglada du CNES viendra renforcer l'équipe former par Nicolas Mellado et Nicolas Dobigeon.



Toutefois, l'implication de l'Intelligence Artificielle ne pourra prendre de réelle ampleur que par le financement de Contrat à Durée Déterminée, de Doctorat ou de Post-doctorat.





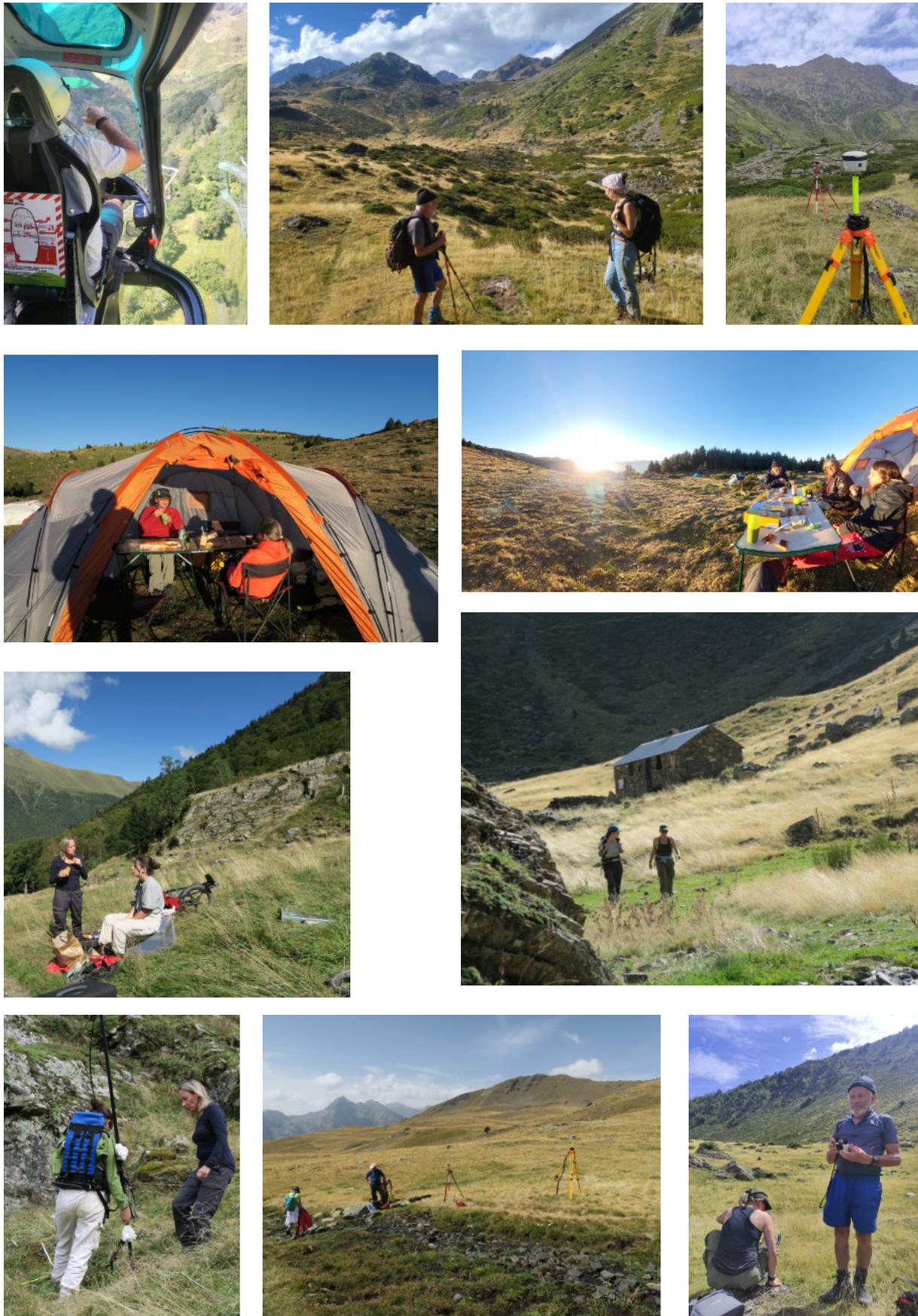


Fig. 170 - Résumé en image de la campagne - TAHMM 2023 © Calastrenc. Jean-Pierre, Calastrenc Carine, Gauthier Maialen, Rendu Christine



## Annexes

Listing des structures inventoriées - Campagne 2023 - Prog. TAHMM	172
Rapport de photogrammétrie des images thermique drone - Replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon - Hautes-Pyrénées) (François Baleux)	4
Rapport de photogrammétrie - Secteur de Montarrouyes (Vielle-Aure - Hautes-Pyrénées) (François Baleux)	193
Rapport de photogrammétrie - Secteur de L'Artigue (Castillon-de-Larboust - Haute-Garonne) (François Baleux)	202
Rapport de photogrammétrie - Secteur du Collet de la Mula (Enveitg - Pyrénées-Orientales) (François Baleux)	211
Rapport de photogrammétrie - Secteur de Nekexare (Lecumberry - Pyrénées-Atlantiques) (François Baleux)	220
Notification AlphaTango - Secteur du Collet de la Mula (Enveitg - Pyrénées-Orientales)	229
Notification AlphaTango - Secteur de Nekexare (Lecumberry - Pyrénées-Atlantiques)	231



**Listing des structures inventoriées - Campagne 2023 - Prog. TAHMM**

Secteur	Numéro structure	Numéro bâtiment	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Epaisseur (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )
Mula	2	22	2,96	0,00	0,79	0,72	0,00
Mula	3	16	15,83	9,36	0,41	0,30	150,80
Mula	4	6	7,21	0,00	0,26	0,45	0,00
Mula	6	6	9,00	0,00	0,24	0,20	0,00
Mula	7	5	27,87	17,42	0,41	0,85	472,10
Mula	8	21	3,51	3,33	0,00	0,89	12,35
Mula	9	18	34,16	0,00	0,39	0,62	0,00
Mula	5	6	5,46	0,00	0,32	0,34	0,00
Mula	1	1	3,20	3,09	0,32	0,65	10,92
Mula	10	4	20,55	0,00	0,42	0,85	0,00
Mula	11	13	5,05	0,00	0,69	0,47	0,00
Mula	12	2	3,94	2,88	0,76	0,83	10,00
Mula	13	15	24,08	0,00	1,16	0,65	0,00
Mula	14	13	18,45	0,00	0,33	0,77	0,00
Mula	18	3	5,49	0,00	0,80	1,19	0,00
Mula	16	4	9,72	0,00	0,17	0,82	0,00
Mula	44	15	22,57	0,00	0,47	0,83	0,00
Mula	15	3	14,92	0,00	1,17	0,82	0,00
Mula	19	19	4,52	0,00	0,10	0,58	0,00
Mula	20	8	5,95	0,00	0,68	0,49	0,00
Mula	21	8	7,71	0,00	0,41	0,38	0,00
Mula	22	8	24,19	0,00	1,10	0,80	0,00
Mula	23	19	4,74	0,00	0,30	0,30	0,00
Mula	25	23	4,60	0,00	0,32	0,21	0,00
Mula	24	14	11,63	0,00	0,58	0,42	0,00
Mula	26	15	13,92	0,00	0,64	0,00	0,00
Mula	27	4	5,31	0,00	0,00	0,00	0,00
Mula	28	14	2,38	0,00	0,00	0,87	0,00
Mula	29	3	3,40	0,00	0,00	1,14	0,00
Mula	30	4	8,29	0,00	0,00	0,00	0,00
Mula	31	7	11,82	0,00	0,00	0,37	0,00
Mula	32	20	65,94	0,00	0,00	0,00	0,00
Mula	33	7	9,08	0,00	0,24	0,50	0,00
Mula	34	17	7,21	0,00	0,00	0,00	0,00
Mula	35	9	16,49	0,00	0,29	0,40	0,00
Mula	36	10	17,48	0,00	0,70	0,70	0,00
Mula	37	12	36,19	0,00	0,28	0,00	0,00
Mula	38	17	5,88	0,00	0,00	0,22	0,00
Mula	39	11	32,62	0,00	0,00	0,60	0,00
Mula	40	24	1,93	0,00	0,27	0,27	0,00
Mula	41	25	3,43	0,00	0,00	0,25	0,00
Mula	42	0	10,95	0,00	0,00	0,66	0,00
Mula	43	0	11,44	0,00	0,00	0,58	0,00
Mula	18	0	4,98	0,00	0,00	0,43	0,00
Mula	17	15	7,65	0,00	0,47	0,83	0,00
Montarrouyes	45	0	9,50	8,24	0,27	1,20	62,67
Montarrouyes	46	0	11,58	10,89	0,28	1,20	94,99
Montarrouyes	47	0	5,97	5,36	0,51	1,54	31,13
Montarrouyes	48	0	5,55	4,61	0,22	1,01	29,04
Montarrouyes	137	0	10,84	5,15	0,19	0,00	50,02
Montarrouyes	50	0	34,91	0,00	0,49	0,00	0,00
Montarrouyes	51	0	5,18	4,34	0,12	0,45	18,98
Montarrouyes	52	0	2,95	3,12	0,20	0,94	8,07
Montarrouyes	53	0	9,98	6,68	0,40	0,00	53,01
Montarrouyes	54	0	3,92	5,70	0,22	0,00	17,54
Montarrouyes	55	0	10,39	5,04	0,38	0,81	40,25
Montarrouyes	56	0	11,05	6,75	1,06	0,00	61,57



Type	Type2	Probabilité	X	Y	Z
Mur	Indéterminée	Bon	607226,6190	6156496,0000	2042,8100
Enclos	Enclos	Bon	607247,4810	6156500,0000	2039,7400
Mur	Terrasse	Mauvais	607223,7800	6156473,0000	2037,4300
Mur	Terrasse	Mauvais	607218,0780	6156468,0000	2037,0900
Enclos	Enclos	Bon	607184,5050	6156482,0000	2047,4200
Cabane	Cabane	Moyen	607178,6550	6156495,0000	2052,0000
Mur	Terrasse	Mauvais	607165,5460	6156454,0000	2044,1400
Mur	Terrasse	Mauvais	607213,9600	6156465,0000	2037,3000
Cabane	Cabane	Bon	607224,1040	6156499,0000	2043,7600
Enclos	Enclos	Bon	607212,5730	6156501,0000	2047,1100
Mur	Enclos	Moyen	607239,2590	6156510,0000	2044,1500
Cabane	Cabane	Bon	607223,4890	6156522,0000	2049,7000
Mur	Enclos	Moyen	607226,4800	6156526,0000	2050,9700
Mur	Enclos	Moyen	607251,6150	6156523,0000	2047,2500
Mur	Enclos	Moyen	607229,6850	6156536,0000	2054,0300
Mur	Enclos	Bon	607232,0550	6156516,0000	2046,7000
Mur	Enclos	Moyen	607211,5080	6156523,0000	2053,0200
Mur	Enclos	Moyen	607222,0410	6156532,0000	2053,1700
Mur	Indéterminée	Bon	607240,5250	6156545,0000	2055,7200
Mur	Couloir	Moyen	607252,2430	6156535,0000	2051,6400
Mur	Couloir	Moyen	607242,7560	6156533,0000	2051,9500
Mur	Couloir	Moyen	607249,8780	6156532,0000	2050,3400
Mur	Indéterminée	Bon	607238,0710	6156542,0000	2054,6900
Mur	Indéterminée	Bon	607204,9560	6156529,0000	2055,6500
Mur	Indéterminée	Bon	607213,8800	6156533,0000	2054,7600
Mur	Enclos	Moyen	607248,9790	6156545,0000	2055,1700
Mur	Enclos	Bon	607230,6220	6156523,0000	2049,2500
Mur	Indéterminée	Bon	607215,7930	6156536,0000	2055,5300
Mur	Enclos	Moyen	607237,6460	6156536,0000	2052,6500
Mur	Enclos	Bon	607228,7340	6156504,0000	2044,4800
Mur	Mur	Mauvais	607263,6180	6156481,0000	2032,1500
Mur	Enclos	Mauvais	607274,7610	6156500,0000	2036,3700
Mur	Terrasse	Mauvais	607266,4000	6156484,0000	2032,6500
Mur	Indéterminée	Bon	607268,8020	6156490,0000	2033,6400
Mur	Terrasse	Mauvais	607266,8770	6156461,0000	2026,3300
Mur	Terrasse	Mauvais	607271,3020	6156447,0000	2021,8000
Mur	Enclos	Mauvais	607154,0980	6156474,0000	2051,1400
Mur	Indéterminée	Bon	607258,7820	6156492,0000	2035,4500
Mur	Terrasse	Mauvais	607256,4530	6156404,0000	2012,7700
Mur	Indéterminée	Bon	607216,4030	6156531,0000	2053,5800
Mur	Indéterminée	Bon	607214,6980	6156523,0000	2052,1400
Mur	Mur	Mauvais	607196,3060	6156488,0000	2046,9700
Mur	Mur	Mauvais	607209,1900	6156496,0000	2046,0800
Mur	Couloir	Mauvais	607258,0010	6156534,0000	2050,6600
Mur	Enclos	Moyen	607207,2440	6156535,0000	2057,0000
Enclos	Enclos	Bon	473404,2210	6197803,0000	2259,3900
Enclos	Enclos	Bon	473371,5240	6197793,0000	2258,0700
Cabane	Cabane	Bon	473407,7440	6197782,0000	2256,5800
Cabane	Cabane	Moyen	473401,6720	6197777,0000	2256,9200
Enclos	Couloir	Moyen	473361,5690	6197801,0000	2260,6200
Mur	Mur	Mauvais	473373,6270	6197804,0000	2259,6300
Cabane	Cabane	Bon	473340,6460	6197780,0000	2261,0700
Abris agneaux	Indéterminée	Moyen	473365,5710	6197777,0000	2257,4700
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	473370,4970	6197774,0000	2256,4900
Indéterminée	Indéterminée	Bon	473365,1500	6197772,0000	2257,1900
Indéterminée	Couloir	Mauvais	473366,0200	6197755,0000	2255,0300
Indéterminée	Indéterminée	Bon	473406,6420	6197813,0000	2260,5700



Montarrouyes	57	0	3,94	4,86	0,30	0,87	17,42
Montarrouyes	58	0	6,75	8,02	0,30	1,88	47,13
Montarrouyes	59	0	6,52	4,17	0,25	0,00	30,43
Artigue	60	0	3,89	2,95	1,57	0,74	12,36
Artigue	61	0	22,77	9,81	0,83	0,84	169,06
Artigue	62	0	18,98	9,79	0,88	0,97	134,37
Artigue	63	0	18,02	0,00	0,13	0,87	0,00
Artigue	64	0	3,20	2,75	0,13	0,54	6,89
Artigue	65	0	7,04	3,67	0,57	1,28	22,21
Auloueilh	17	14	12,71	3,16	1,39	0,00	40,14
Auloueilh	16	15	5,24	3,16	1,15	0,00	16,55
Auloueilh	29	16	9,24	4,27	0,28	0,00	39,45
Auloueilh	15	1	11,74	7,62	1,27	0,00	89,46
Auloueilh	15	1	11,74	7,62	0,01	0,00	89,46
Auloueilh	14	1	15,00	10,70	1,39	0,00	160,50
Auloueilh	5	2	1,31	1,12	0,73	0,00	1,47
Auloueilh	6	2	1,29	1,12	0,73	0,00	1,44
Auloueilh	31	17	2,90	1,95	0,71	0,00	5,66
Auloueilh	13	18	11,72	4,04	0,63	0,00	47,35
Auloueilh	7	2	1,47	1,31	0,62	0,00	1,93
Auloueilh	8	2	1,78	1,26	0,79	0,00	2,24
Auloueilh	25	1	16,60	1,00	0,98	0,00	16,60
Auloueilh	26	19	3,35	5,24	0,93	0,00	17,55
Auloueilh	28	20	2,40	1,00	0,27	0,00	2,40
Auloueilh	80	21	1,04	0,62	0,46	0,00	0,64
Auloueilh	9	2	1,78	1,48	0,95	0,00	2,63
Auloueilh	2	1	13,00	16,00	1,30	0,00	208,00
Auloueilh	2	1	16,86	15,64	0,01	0,00	263,69
Auloueilh	1	1	10,00	4,70	1,10	0,00	47,00
Auloueilh	27	22	1,63	2,66	0,49	0,00	4,34
Auloueilh	3	23	3,13	2,62	0,20	0,00	8,20
Auloueilh	39	4	7,50	3,22	0,16	0,00	24,13
Auloueilh	46	4	8,83	6,62	0,38	0,00	58,45
Auloueilh	46	4	8,83	6,62	0,01	0,00	58,45
Auloueilh	40	4	23,91	20,13	0,01	0,00	481,28
Auloueilh	40	4	23,91	20,13	0,01	0,00	481,28
Auloueilh	65	24	5,64	3,88	0,54	0,00	21,88
Auloueilh	4	25	7,55	7,58	0,46	0,00	57,24
Auloueilh	18	2	4,01	3,23	0,35	0,00	12,95
Auloueilh	19	2	2,38	2,15	0,66	0,00	5,12
Auloueilh	20	2	3,94	3,33	0,67	0,00	13,12
Auloueilh	29	26	7,55	3,97	0,01	0,00	29,97
Auloueilh	22	2	2,65	2,34	0,29	0,00	6,20
Auloueilh	36	4	15,28	5,04	0,44	0,00	76,95
Auloueilh	37	4	11,27	0,80	0,29	0,00	9,02
Auloueilh	38	4	8,76	0,59	0,01	0,00	5,17
Auloueilh	47	4	11,46	0,60	0,24	0,00	6,88
Auloueilh	40	4	23,91	20,13	0,84	0,00	481,28
Auloueilh	32	3	20,94	8,58	0,28	0,00	179,67
Auloueilh	34	3	6,38	4,85	0,31	0,00	30,94
Auloueilh	33	3	5,35	3,78	0,54	0,00	20,22
Auloueilh	32	3	20,94	8,58	0,01	0,00	179,67
Auloueilh	35	3	6,14	3,76	0,24	0,00	23,09
Auloueilh	35	3	6,14	3,76	0,01	0,00	23,09
Auloueilh	34	3	6,38	4,85	0,01	0,00	30,94
Auloueilh	35	3	6,14	3,76	0,01	0,00	23,09
Auloueilh	33	3	5,35	3,78	0,01	0,00	20,22
Auloueilh	17	27	3,64	0,72	0,01	0,00	2,62
Auloueilh	21	2	4,95	3,42	0,57	0,00	16,93



Cabane	Cabane	Moyen	473321,1830	6197756,0000	2255,4800
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	473405,9490	6197764,0000	2255,5900
Indéterminée	Indéterminée	Bon	473354,3370	6197782,0000	2259,5500
Cabane	Cabane	Bon	500195,8380	6184072,0000	1431,4900
Enclos	Enclos	Bon	500189,8160	6184070,0000	1428,1000
Enclos	Enclos	Bon	500203,0210	6184047,0000	1432,8800
Mur	Mur	Moyen	500178,8110	6184061,0000	1424,6800
Indéterminée	Indéterminée	Bon	500211,3540	6184088,0000	1436,5700
Indéterminée	Indéterminée	Moyen	500246,3850	6184049,0000	1449,2300
Enclos	Enclos	Bon	474763,3260	6199069,0000	1859,3900
Enclos	Enclos	Bon	474758,0710	6199075,0000	1860,5700
Indéterminée	Indéterminée	Bon	474762,8010	6199080,0000	1860,2500
Enclos	Enclos	Bon	474768,4940	6199064,0000	1857,6900
Enclos	Enclos	Bon	474775,1680	6199065,0000	1857,6100
Enclos	Enclos	Bon	474777,0950	6199072,0000	1856,3200
Leyté	Leyté	Bon	474787,6370	6199066,0000	1856,9100
Leyté	Leyté	Bon	474797,2270	6199067,0000	1857,0800
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	474758,8950	6199053,0000	1860,7200
Cabane	Cabane	Bon	474774,5450	6199049,0000	1858,8400
Leyté	Leyté	Bon	474790,3110	6199054,0000	1857,9500
Leyté	Leyté	Bon	474794,3140	6199057,0000	1857,9800
Mur	Mur	Bon	474787,8220	6199087,0000	1856,2100
Indéterminée	Indéterminée	Bon	474764,1110	6199094,0000	1860,0800
Abri	Abri	Bon	474759,3500	6199079,0000	1860,5600
Mur	Mur	Bon	474757,8180	6199078,0000	1860,9600
Leyté	Leyté	Bon	474810,8230	6199082,0000	1856,3100
Enclos	Enclos	Bon	474816,4200	6199114,0000	1853,6300
Enclos	Enclos	Bon	474807,0840	6199114,0000	1854,7200
Enclos	Enclos	Bon	474823,5650	6199123,0000	1852,8800
Indéterminée	Indéterminée	Bon	474769,2170	6199099,0000	1859,0500
Cabane	Cabane	Bon	474833,3730	6199112,0000	1853,2700
Cabane	Cabane	Bon	474853,8710	6199082,0000	1855,5900
Enclos	Enclos	Bon	474869,5120	6199078,0000	1854,9100
Enclos	Enclos	Bon	474866,2000	6199072,0000	1855,2600
Enclos	Enclos	Bon	474867,8360	6199065,0000	1854,6100
Enclos	Enclos	Bon	474880,9130	6199048,0000	1854,1800
Cabane	Cabane	Mauvais	475045,3700	6198957,0000	1846,5200
Cabane	Cabane	Bon	474823,2970	6199097,0000	1854,2000
Cabane	Cabane	Bon	474769,6030	6199077,0000	1858,2900
Cabane	Cabane	Bon	474771,2390	6199082,0000	1858,0600
Cabane	Cabane	Bon	474770,9110	6199087,0000	1858,3700
Indéterminée	Indéterminée	Bon	474767,8290	6199081,0000	1858,8400
Cabane	Cabane	Bon	474780,7000	6199097,0000	1856,8100
Enclos	Enclos	Bon	474875,8560	6199096,0000	1853,3200
Mur	Mur	Bon	474883,2550	6199096,0000	1853,9700
Mur	Mur	Mauvais	474866,4420	6199103,0000	1852,1100
Mur	Mur	Mauvais	474860,6150	6199073,0000	1854,9600
Enclos	Enclos	Bon	474881,2760	6199064,0000	1854,7300
Enclos	Enclos	Bon	474728,1840	6199013,0000	1870,4500
Indéterminée	Indéterminée	Bon	474713,9200	6199020,0000	1871,6900
Indéterminée	Indéterminée	Bon	474717,5570	6199021,0000	1872,0400
Enclos	Enclos	Bon	474725,4920	6199019,0000	1872,2600
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	474716,0290	6199027,0000	1872,5600
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	474718,0390	6199027,0000	1872,7900
Indéterminée	Indéterminée	Bon	474714,8490	6199023,0000	1872,0800
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	474717,9600	6199025,0000	1872,6200
Indéterminée	Indéterminée	Bon	474720,0120	6199024,0000	1872,7200
Enclos	Enclos	Bon	474765,4070	6199076,0000	1859,1700
Cabane	Cabane	Bon	474773,6100	6199093,0000	1858,1900



Auloueilh	22	2	4,19	3,37	0,01	0,00	14,12
Auloueilh	22	2	4,19	3,37	0,01	0,00	14,12
Auloueilh	48	4	7,41	2,81	0,50	0,00	20,82
Auloueilh	64	28	3,77	3,52	0,01	0,00	13,27
Auloueilh	45	4	6,11	4,34	0,52	0,00	26,52
Auloueilh	42	4	6,30	1,11	0,44	0,00	6,99
Auloueilh	41	4	22,67	6,10	0,35	0,00	138,29
Auloueilh	41	4	22,67	6,10	0,01	0,00	138,29
Auloueilh	32	3	20,94	8,58	0,01	0,00	179,67
Auloueilh	82	3	5,41	5,71	0,01	0,00	30,89
Auloueilh	34	3	6,38	4,85	0,01	0,00	30,94
Auloueilh	32	3	20,94	8,58	0,01	0,00	179,67
Auloueilh	33	3	5,35	3,78	0,01	0,00	20,22
Auloueilh	13	29	11,72	4,04	0,01	0,00	47,35
Auloueilh	13	30	11,72	4,04	0,01	0,00	47,35
Auloueilh	48	4	10,89	4,40	0,01	0,00	47,92
Auloueilh	68	8	4,77	2,79	0,48	0,00	13,31
Auloueilh	69	8	4,10	4,05	0,14	0,00	16,61
Auloueilh	70	7	5,25	4,85	0,01	0,00	25,44
Auloueilh	68	8	4,77	2,79	0,01	0,00	13,31
Auloueilh	37	4	11,27	0,80	0,01	0,00	9,02
Auloueilh	23	2	2,88	2,59	0,29	0,00	7,46
Auloueilh	24	2	4,28	4,24	0,18	0,00	18,15
Auloueilh	10	2	0,90	0,70	0,72	0,00	0,63
Auloueilh	11	2	1,06	0,90	0,57	0,00	0,95
Auloueilh	12	2	2,19	0,80	0,30	0,00	1,75
Auloueilh	30	31	18,90	0,70	0,23	0,00	13,23
Auloueilh	32	3	20,94	8,58	0,01	0,00	179,67
Auloueilh	44	4	3,20	2,64	0,09	0,00	8,45
Auloueilh	55	7	3,44	1,00	0,54	0,00	3,44
Auloueilh	56	7	4,30	1,00	0,54	0,00	4,30
Auloueilh	51	7	10,49	5,54	0,51	0,00	58,11
Auloueilh	54	7	6,10	4,76	0,41	0,00	29,04
Auloueilh	57	7	7,20	1,00	0,54	0,00	7,20
Auloueilh	57	7	7,20	1,00	0,01	0,00	7,20
Auloueilh	58	7	15,47	1,00	0,54	0,00	15,47
Auloueilh	59	7	6,32	0,81	0,25	0,00	5,12
Auloueilh	60	7	7,88	1,00	0,54	0,00	7,88
Auloueilh	61	7	5,60	1,00	0,54	0,00	5,60
Auloueilh	49	7	15,56	0,62	0,12	0,00	9,65
Auloueilh	50	32	4,63	3,46	0,19	0,00	16,02
Auloueilh	52	7	11,81	5,16	0,16	0,00	60,94
Auloueilh	79	7	6,52	0,86	0,05	0,00	5,61
Auloueilh	62	7	8,38	6,79	0,40	0,00	56,90
Auloueilh	63	7	6,77	6,49	0,10	0,00	43,94
Auloueilh	63	7	6,77	6,49	0,01	0,00	43,94
Auloueilh	53	7	12,14	6,17	0,65	0,00	74,90
Auloueilh	67	7	4,33	3,77	0,54	0,00	16,32
Auloueilh	66	7	8,90	1,18	0,18	0,00	10,50
Auloueilh	76	7	33,84	0,80	0,37	0,00	27,07
Auloueilh	77	7	3,05	1,21	0,28	0,00	3,69
Auloueilh	78	7	6,54	4,01	0,52	0,00	26,23
Auloueilh	75	7	4,15	3,27	0,01	0,00	13,57
Auloueilh	74	7	10,58	4,40	0,01	0,00	46,55
Auloueilh	73	7	4,54	4,37	0,39	0,00	19,84
Auloueilh	72	7	10,25	7,05	0,67	0,00	72,26
Auloueilh	71	33	2,16	2,02	0,01	0,00	4,36
Auloueilh	81	2	2,40	1,70	0,10	0,00	4,08
Auloueilh	32	3	20,94	8,58	0,01	0,00	179,67



Cabane	Cabane		474781,3500	6199100,0000	1856,7200
Cabane	Cabane		474784,0090	6199098,0000	1856,3000
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	474866,1690	6199043,0000	1856,9400
Abri	Abri	Bon	475021,5360	6198955,0000	1850,3200
Enclos	Enclos		474865,2920	6199080,0000	1854,9500
Mur	Mur	Bon	474862,0250	6199087,0000	1855,4000
Indéterminée	Indéterminée	Bon	474882,6750	6199069,0000	1854,9000
Indéterminée	Indéterminée		474875,3290	6199075,0000	1855,1000
Enclos	Enclos		474725,5990	6199027,0000	1872,8400
Enclos	Enclos		474719,7340	6199021,0000	1872,3400
Indéterminée	Indéterminée		474712,7470	6199023,0000	1871,9200
Enclos	Enclos		474733,1600	6199019,0000	1870,5200
Indéterminée	Indéterminée		474717,2870	6199020,0000	1871,9300
Cabane	Cabane		474778,3000	6199042,0000	1858,9800
Cabane	Cabane		474776,4630	6199043,0000	1859,2600
Indéterminée	Indéterminée		474868,0600	6199039,0000	1856,7400
Enclos	Enclos	Mauvais	475030,1160	6199140,0000	1839,3000
Enclos	Enclos	Mauvais	475034,1170	6199137,0000	1839,2000
Enclos	Enclos	Bon	475049,3320	6199141,0000	1839,3900
Enclos	Enclos		475032,5220	6199140,0000	1839,1600
Mur	Mur		474884,3780	6199099,0000	1853,1200
Cabane	Cabane	Bon	474782,0740	6199092,0000	1856,7500
Cabane	Cabane	Bon	474781,1940	6199085,0000	1856,9200
Leyté	Leyté	Bon	474807,1640	6199067,0000	1856,4700
Leyté	Leyté	Bon	474783,0670	6199057,0000	1857,7500
Leyté	Leyté	Bon	474797,0410	6199076,0000	1856,0400
Mur	Mur	Bon	474749,0430	6199050,0000	1863,8700
Enclos	Enclos		474734,6600	6199012,0000	1868,9800
Mur	Mur	Bon	474859,5910	6199078,0000	1854,8500
Mur	Mur	Bon	474973,6170	6199103,0000	1844,2300
Mur	Mur	Bon	474975,3340	6199092,0000	1843,7300
Cabane	Cabane	Bon	474975,4550	6199084,0000	1843,5200
Cabane	Cabane	Bon	474972,3280	6199071,0000	1842,8400
Mur	Mur	Bon	474971,9540	6199078,0000	1843,9000
Mur	Mur		474970,6920	6199075,0000	1843,8400
Mur	Mur	Bon	474978,9670	6199064,0000	1841,6900
Mur	Mur	Bon	474967,4410	6199063,0000	1843,2000
Mur	Mur	Bon	474989,7260	6199057,0000	1844,8400
Mur	Mur	Bon	475002,8720	6199062,0000	1844,6200
Mur	Mur	Bon	474950,0930	6199023,0000	1848,0600
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	474937,1180	6199094,0000	1849,3300
Cabane	Cabane	Bon	475003,4670	6199093,0000	1842,5400
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	474992,6000	6199078,0000	1842,3700
Mur	Mur	Mauvais	475026,5510	6199079,0000	1839,1600
Cabane	Cabane	Bon	475039,3900	6199082,0000	1840,2000
Cabane	Cabane		475034,1170	6199082,0000	1840,5000
Enclos	Enclos	Bon	475012,0270	6199059,0000	1845,1300
Cabane	Cabane	Mauvais	475085,9560	6199085,0000	1837,0600
Enclos	Enclos	Bon	475074,4860	6199093,0000	1836,5500
Mur	Mur	Bon	475105,2030	6199112,0000	1837,3700
Mur	Mur	Bon	475106,5740	6199121,0000	1837,6600
Enclos	Enclos	Mauvais	475103,6060	6199125,0000	1838,6100
Cabane	Cabane	Mauvais	475099,1520	6199127,0000	1839,8300
Enclos	Enclos	Mauvais	475088,1900	6199127,0000	1841,3200
Cabane	Cabane	Bon	475060,5830	6199128,0000	1838,6800
Enclos	Enclos	Mauvais	475056,3180	6199136,0000	1839,2200
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	475042,1960	6199140,0000	1839,3300
Cabane	Cabane	Mauvais	474789,2370	6199097,0000	1855,3500
Enclos	Enclos		474721,5720	6199024,0000	1873,1100



Auloueilh	82	3	5,41	5,71	0,01	0,00	30,89
Auloueilh	83	4	6,45	3,46	1,05	0,00	22,32
Auloueilh	84	4	4,88	2,38	0,69	0,00	11,61
Auloueilh	85	4	8,02	3,49	0,40	0,00	27,98
Auloueilh	40	4	23,91	20,13	0,01	0,00	481,28
Auloueilh	45	4	6,11	4,34	0,01	0,00	26,52
Auloueilh	44	4	3,20	2,64	0,01	0,00	8,45
Auloueilh	87	7	10,90	1,00	0,85	0,00	10,90
Auloueilh	86	7	7,76	0,58	0,01	0,00	4,50
Auloueilh	88	7	6,00	0,95	0,33	0,00	5,70
Auloueilh	89	7	8,76	7,29	0,32	0,00	63,86
Auloueilh	91	7	16,15	5,15	0,29	0,00	83,17
Auloueilh	91	7	16,15	5,15	0,01	0,00	83,17
Auloueilh	90	7	7,46	40,00	0,48	0,00	298,40
Auloueilh	92	7	5,77	1,20	0,22	0,00	6,92
Auloueilh	93	7	5,19	4,09	0,78	0,00	21,23
Auloueilh	156	3	12,14	4,31	0,23	0,00	52,28
Auloueilh	94	37	12,00	10,00	0,06	0,00	120,00
Auloueilh	94	37	12,00	10,00	0,01	0,00	120,00
Auloueilh	96	37	1,78	0,98	0,20	0,00	1,74
Auloueilh	97	36	8,00	8,00	0,01	0,00	64,00
Auloueilh	98	36	19,30	11,00	0,95	0,00	212,30
Auloueilh	95	36	10,22	3,97	0,01	0,00	40,57
Auloueilh	95	36	10,22	3,97	0,01	0,00	40,57
Auloueilh	99	36	24,36	21,74	0,31	0,00	529,45
Auloueilh	99	36	24,36	21,74	0,01	0,00	529,45
Auloueilh	99	36	24,36	21,74	0,78	0,00	529,45
Auloueilh	101	36	5,17	2,55	0,80	0,00	13,16
Auloueilh	100	36	15,87	7,67	0,35	0,00	121,69
Auloueilh	100	36	15,87	7,67	0,01	0,00	121,69
Auloueilh	100	36	15,87	7,67	0,01	0,00	121,69
Auloueilh	99	36	24,36	21,74	0,01	0,00	529,45
Auloueilh	99	36	24,36	21,74	0,01	0,00	529,45
Auloueilh	99	36	24,36	21,74	0,01	0,00	529,45
Auloueilh	99	36	24,36	21,74	0,01	0,00	529,45
Auloueilh	102	36	8,23	2,63	0,41	0,00	21,66
Auloueilh	102	36	8,23	2,63	0,01	0,00	21,66
Auloueilh	103	36	4,53	2,14	0,25	0,00	9,71
Auloueilh	104	38	12,52	10,52	0,01	0,00	131,71
Auloueilh	104	38	12,52	10,52	0,01	0,00	131,71
Auloueilh	104	38	12,52	10,52	0,01	0,00	131,71
Auloueilh	104	38	12,52	10,52	0,01	0,00	131,71
Auloueilh	105	38	9,30	3,23	0,01	0,00	30,04
Auloueilh	104	38	12,52	10,52	0,30	0,00	131,71
Auloueilh	105	38	9,30	3,23	0,06	0,00	30,04
Auloueilh	106	38	2,15	0,80	0,01	0,00	1,72
Auloueilh	107	38	7,55	0,54	0,05	0,00	4,08
Auloueilh	108	38	3,22	2,78	0,35	0,00	8,95
Auloueilh	109	38	3,27	2,61	0,05	0,00	8,55
Auloueilh	109	38	3,27	2,61	0,01	0,00	8,55
Auloueilh	110	38	1,43	1,04	0,04	0,00	1,48
Auloueilh	110	38	1,43	1,04	0,01	0,00	1,48
Auloueilh	111	38	10,43	7,20	0,01	0,00	75,14
Auloueilh	111	38	10,43	7,20	0,23	0,00	75,14
Auloueilh	112	38	5,56	2,71	0,01	0,00	15,03
Auloueilh	112	38	5,56	2,71	0,17	0,00	15,03
Auloueilh	104	38	12,52	10,52	0,01	0,00	131,71
Auloueilh	113	7	4,28	0,80	0,01	0,00	3,42
Auloueilh	114	8	4,54	1,84	0,01	0,00	8,35



Enclos	Enclos	Mauvais	474721,8040	6199017,0000	1871,8200
Cabane	Cabane	Bon	474878,4260	6199049,0000	1854,8900
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	474882,4960	6199064,0000	1854,6800
Indéterminée	Indéterminée	Mauvais	474871,6530	6199065,0000	1854,8600
Enclos	Enclos		474862,3630	6199051,0000	1856,1800
Enclos	Enclos	Bon	474867,2450	6199083,0000	1855,0100
Mur	Mur	Bon	474857,3370	6199078,0000	1854,9900
Mur	Mur	Mauvais	474994,8180	6199112,0000	1840,9700
Mur	Mur	Mauvais	474980,6500	6199110,0000	1843,7100
Mur	Mur	Mauvais	475024,4460	6199095,0000	1840,6300
Enclos	Enclos	Mauvais	475079,0840	6199085,0000	1836,8900
Enclos	Enclos	Bon	475016,8410	6199115,0000	1839,3400
Enclos	Enclos	Bon	475022,7050	6199111,0000	1839,1400
Mur	Mur	Bon	475018,4690	6199147,0000	1841,1800
Mur	Mur	Bon	475049,9600	6199137,0000	1839,2600
Cabane	Cabane	Bon	475053,0240	6199143,0000	1839,9700
Enclos	Enclos	Mauvais	474734,5570	6199029,0000	1871,3800
Enclos	Enclos		474892,5310	6199149,0000	1850,5400
Enclos	Enclos		474899,7240	6199146,0000	1850,0300
Indéterminée	Indéterminée		474898,3720	6199151,0000	1850,3300
Enclos	Enclos		474878,1610	6199156,0000	1851,4800
Enclos	Enclos	Bon	474887,1130	6199165,0000	1852,1800
Enclos	Enclos		474890,7390	6199174,0000	1855,7900
Enclos	Enclos		474897,8900	6199170,0000	1855,8100
Enclos	Enclos	Bon	474896,0260	6199184,0000	1854,6600
Enclos	Enclos		474914,6670	6199175,0000	1855,6200
Enclos	Enclos		474916,8380	6199180,0000	1854,5800
Indéterminée	Indéterminée	Bon	474912,7550	6199188,0000	1854,8500
Enclos	Enclos	Bon	474922,0600	6199182,0000	1854,0400
Enclos	Enclos		474922,1120	6199178,0000	1854,4500
Enclos	Enclos		474921,7870	6199171,0000	1854,4600
Enclos	Enclos		474909,7380	6199172,0000	1855,8600
Enclos	Enclos		474904,5110	6199166,0000	1854,3700
Enclos	Enclos		474890,8080	6199176,0000	1855,7900
Enclos	Enclos		474892,1410	6199179,0000	1854,8400
Cabane	Cabane	Bon	474882,5400	6199179,0000	1855,0600
Cabane	Cabane		474881,3630	6199180,0000	1855,0300
Cabane	Cabane	Bon	474877,2050	6199182,0000	1854,6900
Enclos	Enclos		475003,9710	6199227,0000	1866,8300
Enclos	Enclos		475012,7400	6199225,0000	1867,4100
Enclos	Enclos		475011,8120	6199218,0000	1867,7900
Enclos	Enclos		475013,5190	6199220,0000	1867,3100
Cabane	Cabane		475004,6440	6199221,0000	1866,4300
Enclos	Enclos	Bon	475002,1460	6199219,0000	1866,9600
Cabane	Cabane	Moyen	475012,0340	6199219,0000	1867,3800
Mur	Mur		475001,7090	6199230,0000	1867,7100
Mur	Mur		475023,5830	6199220,0000	1869,2400
Cabane	Cabane	Bon	475032,0490	6199230,0000	1869,1200
Cabane	Cabane	Bon	475031,1190	6199226,0000	1869,0800
Cabane	Cabane		475033,5550	6199224,0000	1869,5800
Indéterminée	Indéterminée	Bon	475033,1440	6199228,0000	1869,5100
Indéterminée	Indéterminée		475031,3170	6199227,0000	1869,2800
Indéterminée	Indéterminée		475043,2470	6199231,0000	1869,9600
Enclos	Enclos	Bon	475036,8610	6199231,0000	1869,4100
Indéterminée	Indéterminée		475053,5580	6199231,0000	1871,3900
Indéterminée	Indéterminée	Bon	475058,7100	6199233,0000	1872,6800
Enclos	Enclos		475010,7900	6199226,0000	1867,1500
Mur	Mur		475007,8230	6199145,0000	1842,5200
Indéterminée	Indéterminée		475039,5290	6199143,0000	1839,3900



Auloueilh	114	8	4,54	1,84	0,01	0,00	8,35
Auloueilh	115	8	1,94	1,81	0,01	0,00	3,51
Auloueilh	115	8	1,94	1,81	0,01	0,00	3,51
Auloueilh	116	7	10,55	4,22	0,01	0,00	44,52
Auloueilh	74	7	10,58	4,40	0,01	0,00	46,55
Auloueilh	117	34	3,35	2,65	0,01	0,00	8,88
Auloueilh	118	35	4,56	2,66	0,01	0,00	12,13
Auloueilh	119	7	9,71	5,43	0,01	0,00	52,73
Auloueilh	119	7	9,71	5,43	0,01	0,00	52,73
Auloueilh	120	7	10,95	9,22	0,01	0,00	100,96
Auloueilh	121	7	7,97	1,58	0,31	0,00	12,59
Auloueilh	121	7	7,97	1,58	0,01	0,00	12,59
Auloueilh	122	7	13,22	10,49	0,60	0,00	138,68
Auloueilh	122	7	13,22	10,49	0,01	0,00	138,68
Auloueilh	123	7	11,27	9,33	0,01	0,00	105,16
Auloueilh	66	7	8,90	1,18	0,01	0,00	10,50
Auloueilh	124	7	6,73	4,67	0,50	0,00	31,46
Auloueilh	132	7	5,25	1,68	0,26	0,00	8,82
Auloueilh	125	7	5,17	1,24	0,01	0,00	6,41
Auloueilh	131	7	2,42	0,58	0,01	0,00	1,40
Auloueilh	126	7	6,23	1,36	0,80	0,00	8,46
Auloueilh	127	7	3,00	2,96	0,15	0,00	8,88
Auloueilh	128	7	7,90	4,16	0,35	0,00	32,86
Auloueilh	135	7	10,23	0,47	0,25	0,00	4,81
Auloueilh	134	7	3,82	1,29	0,01	0,00	4,93
Auloueilh	129	9	5,23	3,71	0,56	0,00	19,40
Auloueilh	130	9	14,74	10,78	0,01	0,00	158,90
Auloueilh	133	9	3,00	0,82	0,05	0,00	2,45
Auloueilh	136	10	14,12	9,04	0,89	0,00	127,57
Auloueilh	137	10	2,76	2,41	0,32	0,00	6,65
Auloueilh	138	10	7,22	0,70	0,20	0,00	5,05
Auloueilh	139	39	13,22	11,85	0,28	0,00	156,66
Auloueilh	140	39	14,87	11,26	0,31	0,00	167,44
Auloueilh	141	39	13,67	0,85	0,30	0,00	11,62
Auloueilh	142	39	13,31	0,70	0,09	0,00	9,32
Auloueilh	143	13	6,20	5,82	0,59	0,00	36,08
Auloueilh	143	13	6,20	5,82	0,01	0,00	36,08
Auloueilh	144	13	3,51	2,55	0,05	0,00	8,95
Auloueilh	145	13	7,17	3,53	0,01	0,00	25,30
Auloueilh	145	13	7,17	3,53	0,28	0,00	25,30
Auloueilh	146	13	2,12	1,45	0,05	0,00	3,07
Auloueilh	147	12	5,11	3,02	0,10	0,00	15,43
Auloueilh	148	12	6,30	5,06	0,01	0,00	31,88
Auloueilh	149	12	7,32	4,03	0,01	0,00	29,45
Auloueilh	150	12	6,34	6,11	0,01	0,00	38,71
Auloueilh	151	12	7,90	5,32	0,01	0,00	42,03
Auloueilh	152	12	10,89	6,54	0,30	0,00	71,22
Auloueilh	153	12	7,38	4,37	0,01	0,00	32,25
Auloueilh	154	9	14,39	8,79	0,01	0,00	126,49
Auloueilh	154	9	10,18	3,82	0,01	0,00	38,89
Auloueilh	155	36	10,18	3,82	0,01	0,00	38,89
Auloueilh	155	36	10,18	3,82	0,01	0,00	38,89
Auloueilh	157	2	5,18	3,80	0,01	0,00	19,68
Nekexare	66	0	2,88	2,60	0,20	0,00	6,96
Nekexare	67	0	3,29	2,23	0,16	0,00	6,01
Nekexare	68	0	3,12	2,69	0,14	0,00	7,30
Nekexare	69	0	2,98	2,60	0,12	0,00	6,63
Nekexare	70	0	9,53	4,58	0,46	0,00	45,13
Nekexare	71	0	9,90	5,43	0,75	0,00	44,11



Indéterminée	Indéterminée		475036,8440	6199142,0000	1839,4400
Cabane	Cabane		475036,6620	6199141,0000	1839,2000
Cabane	Cabane		475035,0840	6199141,0000	1839,1600
Indéterminée	Indéterminée		475065,4360	6199123,0000	1838,2200
Enclos	Enclos		475094,8510	6199128,0000	1840,8300
Cabane	Cabane		475078,5520	6199115,0000	1837,8200
Cabane	Cabane		474933,2940	6199112,0000	1853,0000
Cabane	Cabane		475018,1810	6199141,0000	1839,9700
Cabane	Cabane		475021,0810	6199146,0000	1840,7500
Enclos	Enclos		475011,6640	6199152,0000	1843,6600
Indéterminée	Indéterminée		475047,0880	6199053,0000	1834,8700
Indéterminée	Indéterminée		475047,0070	6199051,0000	1834,9800
Cabane	Cabane		474988,9810	6199087,0000	1843,3900
Cabane	Cabane		474995,0430	6199092,0000	1843,8500
Mur	Mur		475013,3490	6199098,0000	1841,4600
Enclos	Enclos		475062,0410	6199091,0000	1836,7400
Cabane	Cabane		475068,6990	6199089,0000	1837,8000
Mur	Mur		475059,6880	6199087,0000	1837,7200
Mur	Mur		475064,3080	6199081,0000	1836,9900
Mur	Mur		475065,9400	6199086,0000	1837,3800
Mur	Mur		475086,7930	6199069,0000	1837,2700
Cabane	Cabane		475084,5910	6199072,0000	1836,6100
Cabane	Cabane		475079,6090	6199064,0000	1836,7300
Mur	Mur		475075,4550	6199069,0000	1837,2200
Cabane	Cabane		475091,8010	6199071,0000	1837,1200
Cabane	Cabane		475142,0740	6198949,0000	1840,3000
Enclos	Enclos		475129,6260	6198954,0000	1839,0200
Mur	Mur		475132,7790	6198957,0000	1839,0300
Enclos	Enclos		475223,3480	6199060,0000	1829,2700
Indéterminée	Indéterminée		475231,9190	6199061,0000	1829,6900
Mur	Mur		475253,1990	6199062,0000	1829,2900
Enclos	Enclos		475438,8040	6199146,0000	1806,2800
Enclos	Enclos		475447,1900	6199141,0000	1806,7600
Mur	Mur		475432,7860	6199134,0000	1808,0600
Mur	Mur		475447,1040	6199157,0000	1805,5900
Cabane	Cabane		475409,4590	6199166,0000	1805,5400
Cabane	Cabane		475408,8320	6199161,0000	1805,7200
Cabane	Cabane		475411,9520	6199153,0000	1806,4300
Indéterminée	Indéterminée		475416,0120	6199163,0000	1806,0000
Indéterminée	Indéterminée		475420,2110	6199165,0000	1805,8800
Mur	Mur		475392,3390	6199159,0000	1804,2200
Cabane	Cabane		475459,8070	6199132,0000	1809,7500
Cabane	Cabane		475472,7380	6199142,0000	1809,1200
Cabane	Cabane		475479,0490	6199157,0000	1809,3500
Cabane	Cabane		475485,8890	6199159,0000	1810,2400
Indéterminée	Indéterminée		475489,3970	6199145,0000	1813,3000
Cabane	Cabane		475474,5840	6199102,0000	1815,8600
Idetermine	Idetermine		475490,7160	6199126,0000	1813,6000
Enclos	Enclos		475128,3200	6198931,0000	1838,7400
Enclos	Enclos		475136,5730	6198931,0000	1838,6300
Enclos	Enclos	Mauvais	474874,7830	6199171,0000	1853,1700
Enclos	Enclos		474876,2290	6199167,0000	1852,7400
Cabane	Cabane	Mauvais	474779,7420	6199106,0000	1856,4700
Tertre	Tertre	Moyen	364118,3380	6223245,0000	1046,8100
Tertre	Tertre	Moyen	364121,2370	6223245,0000	1046,8700
Tertre	Tertre	Moyen	364124,2780	6223245,0000	1046,9600
Tertre	Tertre	Moyen	364127,3890	6223244,0000	1047,0900
Replat	Cabane	Bon	364086,4360	6223221,0000	1055,6800
Cabane	Cabane	Bon	364126,4440	6223220,0000	1054,4300



Nekexare	72	0	3,96	2,45	0,76	0,00	45,14
Nekexare	73	0	11,22	4,39	1,38	0,59	50,20
Nekexare	74	0	11,07	5,27	1,03	0,00	58,24
Nekexare	75	0	14,68	2,42	0,25	0,00	35,69
Nekexare	76	0	7,59	4,51	0,20	0,00	25,22
Nekexare	77	40	19,38	0,00	1,34	0,00	0,00
Nekexare	78	0	11,47	0,00	2,17	0,00	0,00



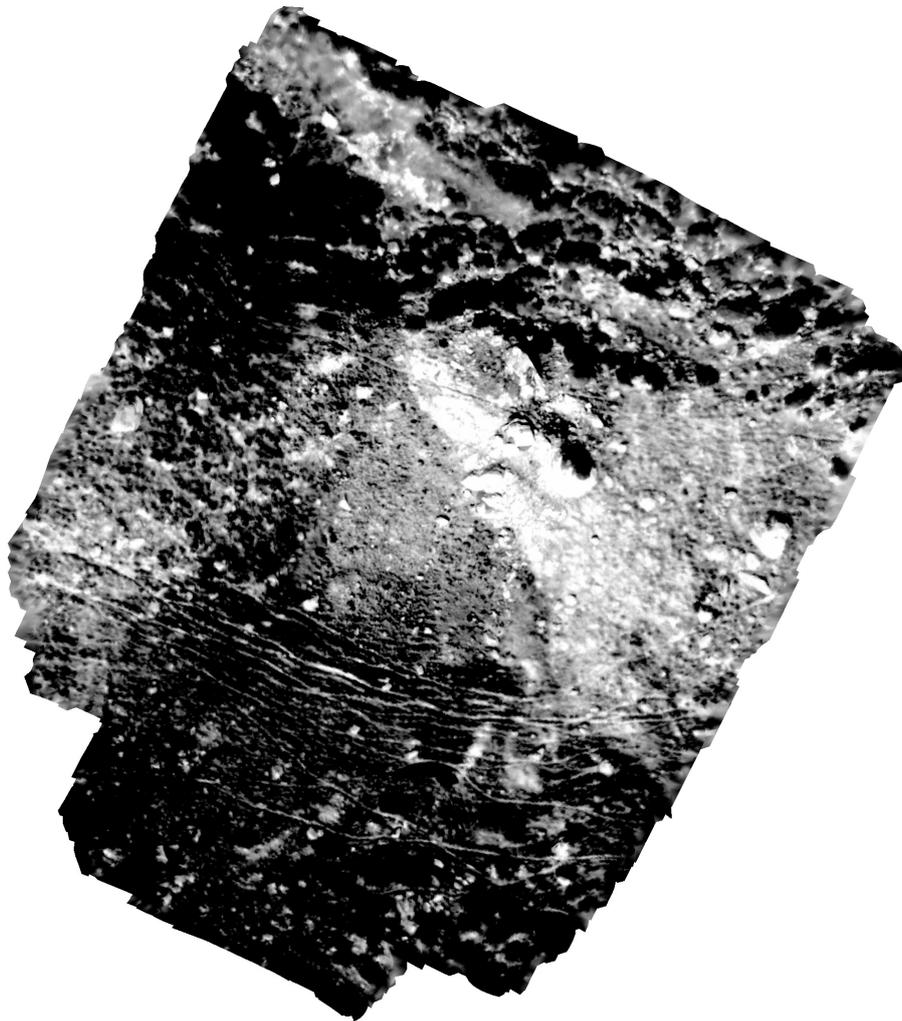
Indéterminée	Indéterminée	Bon	364130,2480	6223223,0000	1054,4500
Cabane	Etable	Bon	364109,0310	6223187,0000	1067,0400
Cabane	Etable	Bon	364062,4090	6223169,0000	1076,6500
Couloir	Couloir	Bon	364038,2790	6223172,0000	1080,1300
Indéterminée	Cabane	Mauvais	364170,0880	6223169,0000	1069,2600
Mur	Couloir	Bon	364178,4530	6223182,0000	1060,5500
Mur	Couloir	Bon	364175,1880	6223187,0000	1059,4600



***Rapport de photogrammétrie des images thermique drone - Replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon - Hautes-Pyrénées) (François Baleux)***

## **Rapport de Photogrammétrie par drone Auloueilh 2023**

**Rapport de traitements photogrammétriques d'images acquises avec un drone  
08 January 2024**



## Données du levé

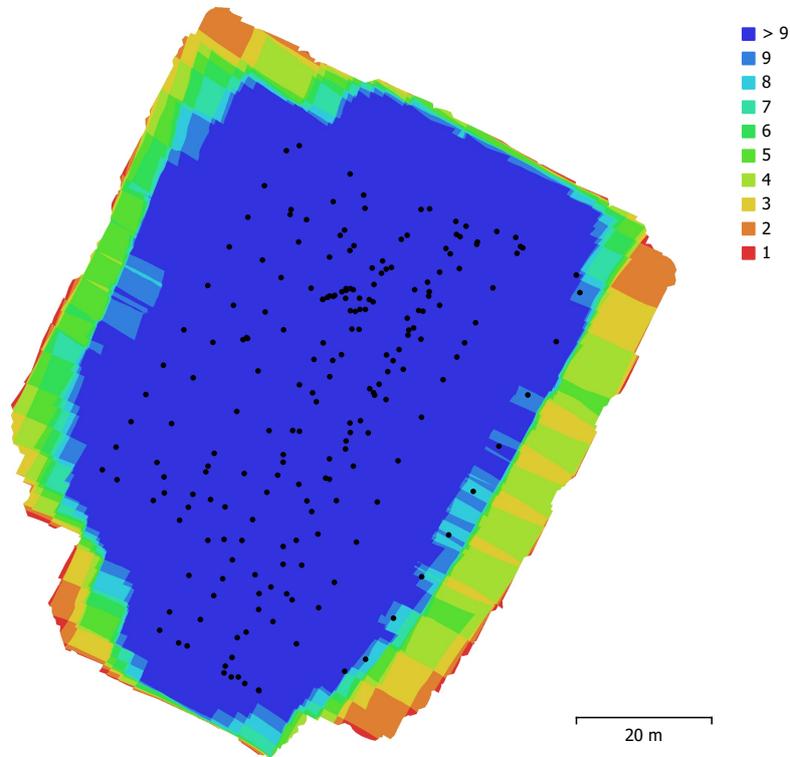


Fig. 1. Emplacements des caméras et chevauchement des images.

Nombre d'images:	237	Stations de caméras:	208
Altitude de vol:	78.4 m	Points de liaison:	22,321
Résolution au sol:	4.57 cm/px	Projections:	162,899
Zone de couverture:	6.93e+03 m <sup>2</sup>	Erreur de reprojection:	0.364 px

Modèle de caméra	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel	Précalibré
M3T (9.1mm)	640 x 512	9.1 mm	12 x 12 μm	Non

Tableau 1. Caméras.



## Calibration de la caméra

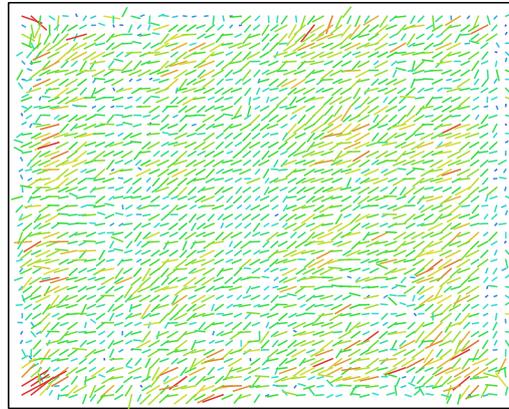


Fig. 2. Résiduelles des points de liaison pour M3T (9.1mm).

### M3T (9.1mm)

237 images, Corrections additionnelles

Type	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel
<b>Cadre</b>	<b>640 x 512</b>	<b>9.1 mm</b>	<b>12 x 12 µm</b>

	Valeur	Erreur	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>1629.93</b>	4.7	1.00	0.07	0.09	-0.45	0.24	-0.27	-0.01	-0.10
<b>Cx</b>	<b>-23.5721</b>	0.76		1.00	0.05	0.04	-0.00	-0.05	-0.93	-0.10
<b>Cy</b>	<b>-3.80867</b>	0.74			1.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.03	-0.92
<b>K1</b>	<b>-1.64725</b>	0.029				1.00	-0.96	0.94	-0.04	-0.01
<b>K2</b>	<b>4.87859</b>	0.59					1.00	-0.99	0.00	0.02
<b>K3</b>	<b>-33.4619</b>	4.1						1.00	0.03	-0.00
<b>P1</b>	<b>0.0355197</b>	0.00061							1.00	0.10
<b>P2</b>	<b>-0.0114087</b>	0.0006								1.00

Tableau 2. Coefficients de calibration et matrice de corrélation.



## Points de contrôle au sol

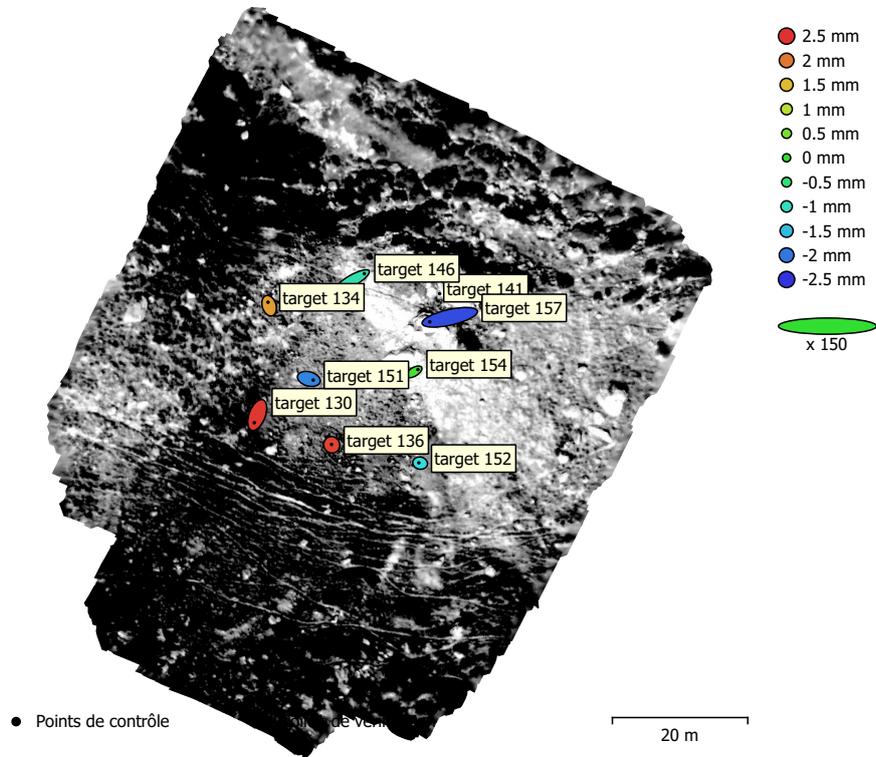


Fig. 3. Emplacements des points de contrôle au sol et estimations d'erreur.

L'erreur Z est représentée par la couleur de l'ellipse. Les erreurs X et Y sont représentées par la forme de l'ellipse. Les emplacements estimés des points de contrôle au sol sont marqués d'un point ou d'une croix.

Nombre	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Erreur XY (cm)	Total (cm)
8	1.68807	0.845046	0.180391	1.88777	1.89637

Tableau 3. Points de contrôle RMSE.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



## Modèle Numérique d'élévation

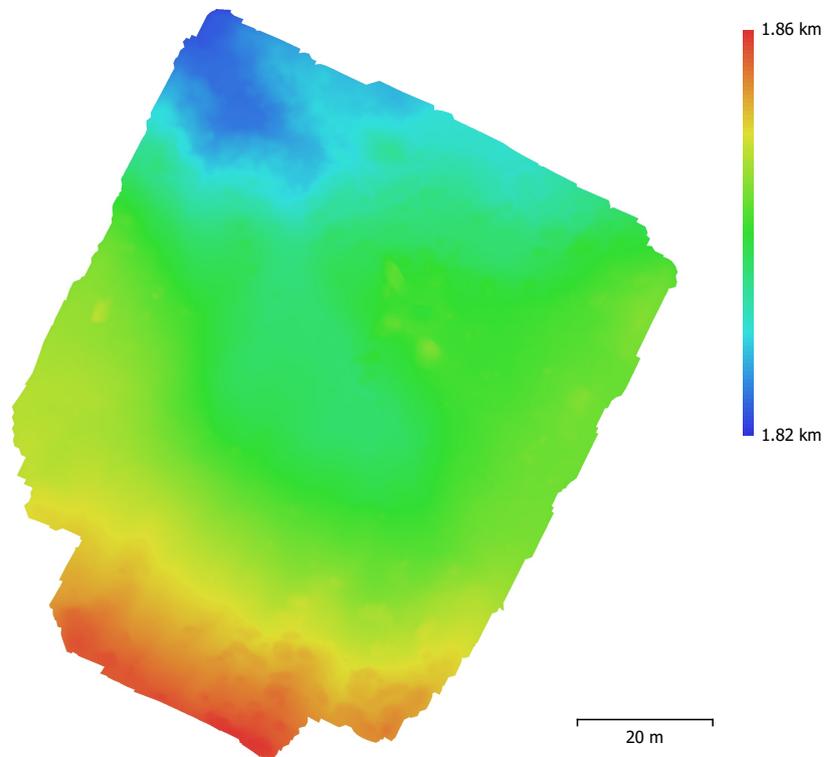


Fig. 4. Modèle numérique d'élévation reconstruit.

Résolution: 2.5 cm/px  
Densité des points: 0.16 points/cm<sup>2</sup>



# Paramètres de traitement

## Général

Caméras	237
Caméras alignées	208
Repères	9
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Angles de rotation	Lacet, Tangage, Roulis

## Nuage de point

Points	22,321 de 46,230
Erreur RMS de reprojection	0.158099 (0.363917 px)
Erreur Max de reprojection	0.883886 (5.16043 px)
Taille moyenne de point	2.25074 px
Couleurs des points	1 bande, float32
Points-clé	80.13 MB
Multiplicité moyenne des points de liaison	8.99371

## Paramètres d'alignement

Précision	Haute
Présélection générique	Non
Présélection par références	Source
Limite de points	50,000
Limite de points-clé par Mpx	5,000
Limite de points de liaison	30,000
Exclure les points de liaison fixes	Non
Correspondance d'images guidée	Non
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Temps de concordance	2 minutes 43 secondes
Utilisation de la mémoire de correspondance	103.67 MB
Temps d'alignement	3 minutes 30 secondes
Utilisation de la mémoire d'alignement	80.68 MB

## Paramètres d'optimisation

Paramètres	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajuster les corrections supplémentaires	Oui
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Durée d'optimisation	1 minute 4 secondes
Date de création	2023:12:23 18:35:19
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	8.65 MB

## Cartes de profondeur

Nombre	207
--------	-----

## Paramètres de génération des cartes de profondeur

Qualité	Haute
Mode de filtrage	Agressif
Max voisins	16
Temps de traitement	1 minute 28 secondes
Utilisation de la mémoire	358.62 MB
Date de création	2023:12:23 18:57:16
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	29.14 MB

## Nuage de points dense

Points	1,107,993
Couleurs des points	1 bande, float32



<b>Paramètres de génération des cartes de profondeur</b>	
Qualité	Haute
Mode de filtrage	Agressif
Max voisins	16
Temps de traitement	1 minute 28 secondes
Utilisation de la mémoire	358.62 MB
<b>Paramètres de génération du nuage de points dense</b>	
Temps de traitement	2 minutes 0 seconde
Utilisation de la mémoire	401.51 MB
Date de création	2023:12:23 18:59:16
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	17.34 MB
<b>Modèle</b>	
Faces	907,232
Sommets	453,952
Couleurs des sommets	3 bandes, uint8
<b>Paramètres de génération des cartes de profondeur</b>	
Qualité	Haute
Mode de filtrage	Agressif
Max voisins	16
Temps de traitement	1 minute 28 secondes
Utilisation de la mémoire	358.62 MB
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Type de surface	Arbitraire
Données source	Cartes de profondeur
Interpolation	Activé
Masques volumétriques stricts	Non
Temps de traitement	26 secondes
Utilisation de la mémoire	394.17 MB
Date de création	2023:12:23 19:00:28
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	20.77 MB
<b>MNE</b>	
Taille	3,926 x 4,468
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Données source	Maillage
Interpolation	Activé
Temps de traitement	1 minute 3 secondes
Utilisation de la mémoire	124.94 MB
Date de création	2023:12:23 19:02:19
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	39.59 MB
<b>Orthomosaique</b>	
Taille	3,926 x 4,468
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Couleurs	1 bande, float32
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Mode de fusion	Mosaïque
Surface	MNE
Activer le remplissage des trous	Oui
Activer le filtre fantôme	Non
Temps de traitement	39 secondes
Utilisation de la mémoire	495.12 MB
Date de création	2023:12:23 19:03:25
Version du programme	1.8.5.15709



<b>Etiquette</b>	<b>Erreur X (cm)</b>	<b>Erreur Y (cm)</b>	<b>Erreur Z (cm)</b>	<b>Total (cm)</b>	<b>Image (px)</b>
target 130	-0.566927	-1.52317	0.245921	1.64375	1.825 (7)
target 134	-0.213998	0.699032	0.172096	0.751038	0.626 (14)
target 136	-0.0395661	0.0825003	0.237927	0.254914	0.681 (8)
target 141					
target 146	2.33777	1.34369	-0.0900351	2.69792	0.768 (13)
target 151	0.864469	-0.237578	-0.189369	0.916303	1.098 (3)
target 152	-0.248544	0.0557251	-0.126114	0.284225	0.610 (6)
target 154	0.770331	0.47155	0.0152746	0.903329	0.426 (9)
target 157	-3.94464	-0.899959	-0.23134	4.05261	2.766 (9)
<b>Total</b>	<b>1.68807</b>	<b>0.845046</b>	<b>0.180391</b>	<b>1.89637</b>	<b>1.299</b>

Tableau 4. Points de contrôle.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



Taille du fichier	1.28 GB
<b>Système</b>	
Nom du programme	Agisoft Metashape Professional
Version du programme	1.8.5 build 15709
Système d'exploitation	Windows 64 bit
RAM	63.64 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-10875H CPU @ 2.30GHz
GPU(s)	Quadro RTX 3000



***Rapport de photogrammétrie - Secteur de Montarrouyes (Vielle-Aure - Hautes-Pyrénées) (François Baleux)***

# **Rapport de Photogrammétrie par drone Montarrouyes 2023**

**Rapport de traitements photogrammétriques d'images acquises avec un drone  
08 January 2024**



## Données du levé

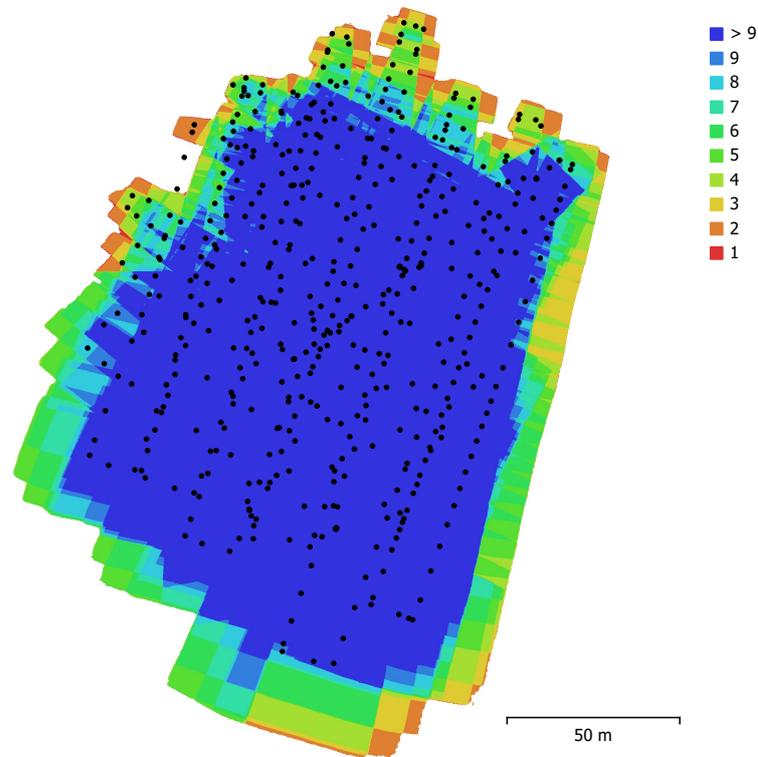


Fig. 1. Emplacements des caméras et chevauchement des images.

Nombre d'images:	532	Stations de caméras:	519
Altitude de vol:	19.2 m	Points de liaison:	153,626
Résolution au sol:	5.42 mm/px	Projections:	492,133
Zone de couverture:	0.0239 km <sup>2</sup>	Erreur de reprojection:	0.648 px

Modèle de caméra	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel	Précalibré
M3E (12.29mm)	5280 x 3956	12.29 mm	3.36 x 3.36 µm	Non

Tableau 1. Caméras.



## Calibration de la caméra

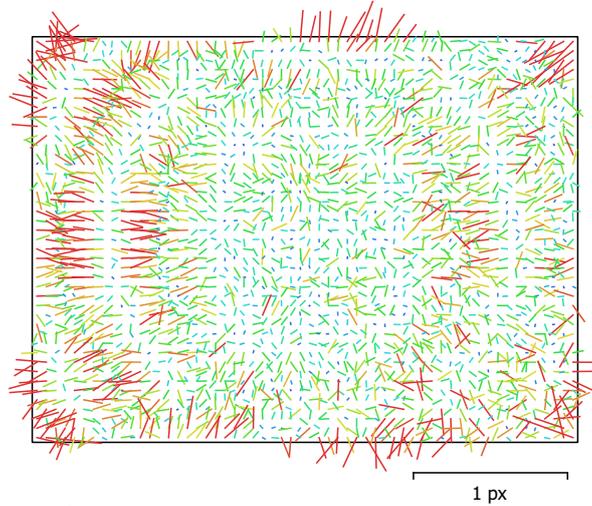


Fig. 2. Résiduelles des points de liaison pour M3E (12.29mm).

### M3E (12.29mm)

532 images, Corrections additionnelles

Type	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel
<b>Cadre</b>	<b>5280 x 3956</b>	<b>12.29 mm</b>	<b>3.36 x 3.36 µm</b>
F:	3784.95		
Cx:	43.4878	B1:	1.59043
Cy:	-11.2099	B2:	-0.484376
K1:	-0.117196	P1:	0.00238202
K2:	0.269685	P2:	-0.000870609
K3:	-0.173453	P3:	0
K4:	0	P4:	0



## Points de contrôle au sol

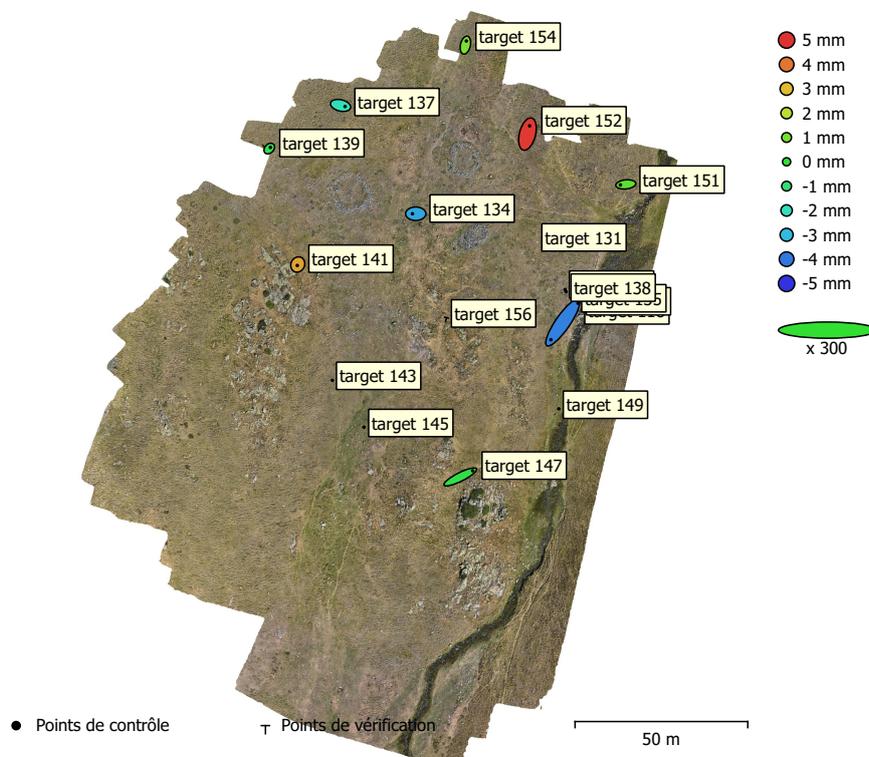


Fig. 3. Emplacements des points de contrôle au sol et estimations d'erreur.

L'erreur Z est représentée par la couleur de l'ellipse. Les erreurs X et Y sont représentées par la forme de l'ellipse. Les emplacements estimés des points de contrôle au sol sont marqués d'un point ou d'une croix.

Nombre	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Erreur XY (cm)	Total (cm)
9	1.22273	1.33103	0.273144	1.8074	1.82793

Tableau 2. Points de contrôle RMSE.

X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



Etiquette	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Total (cm)	Image (px)
target 134	-0.639979	-0.00214108	-0.334817	0.722274	0.602 (12)
target 137	0.862942	-0.209158	-0.198296	0.909801	0.736 (3)
target 141	-0.0859415	-0.184602	0.336378	0.39321	0.408 (3)
target 147	2.38742	1.19954	-0.0308706	2.67201	1.007 (2)
target 151	-1.04262	-0.106227	0.0627838	1.04989	0.425 (5)
target 152	0.411411	1.60433	0.489337	1.72702	0.329 (4)
target 154	0.179935	0.807791	0.107925	0.834596	0.127 (2)
target 158	-2.29288	-3.33742	-0.385632	4.06748	1.626 (2)
target 135					
target 136					
target 138					
target 139	0.219704	0.227881	-0.0468096	0.319986	0.228 (2)
target 143					
target 145					
target 149					
<b>Total</b>	<b>1.22273</b>	<b>1.33103</b>	<b>0.273144</b>	<b>1.82793</b>	<b>0.660</b>

Tableau 3. Points de contrôle.

X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

Etiquette	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Total (cm)	Image (px)
target 118					0.495 (9)
target 131					0.472 (19)
target 156					0.016 (2)
<b>Total</b>					

Tableau 4. Points de vérification.

X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



## Modèle Numérique d'élévation

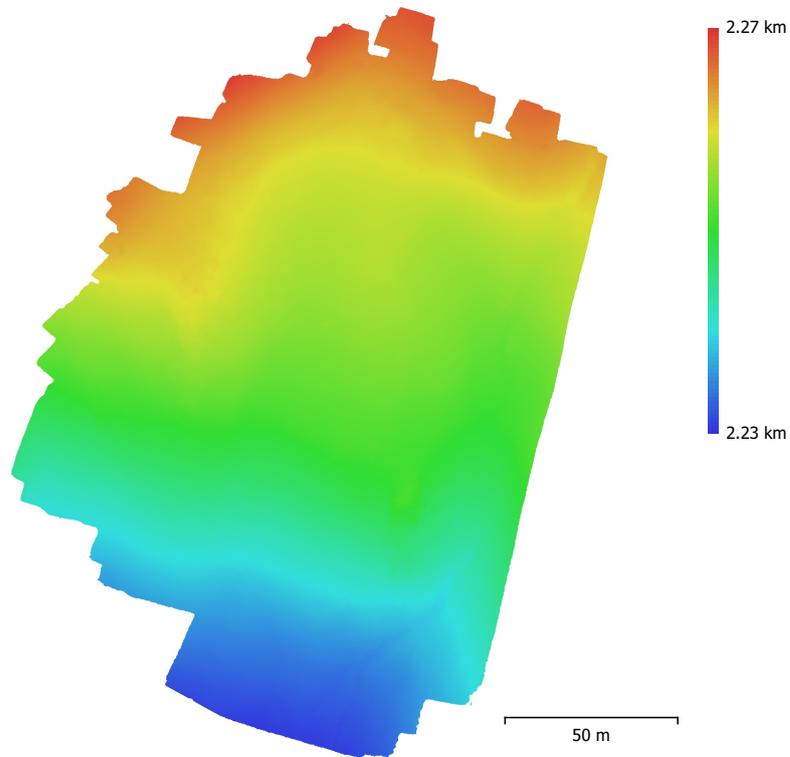


Fig. 4. Modèle numérique d'élévation reconstruit.

Résolution: 10 mm/px  
Densité des points: 1 points/cm<sup>2</sup>



# Paramètres de traitement

## Général

Caméras	532
Caméras alignées	519
Repères	20
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Angles de rotation	Lacet, Tangage, Roulis

## Nuage de point

Points	153,626 de 938,768
Erreur RMS de reprojection	0.144053 (0.648241 px)
Erreur Max de reprojection	0.868859 (3.51529 px)
Taille moyenne de point	4.46093 px
Couleurs des points	3 bandes, uint8
Points-clé	Non
Multiplicité moyenne des points de liaison	5.62198

## Paramètres d'alignement

Précision	Moyenne
Présélection générique	Non
Présélection par références	Source
Limite de points	50,000
Limite de points-clé par Mpx	5,000
Limite de points de liaison	10,000
Exclure les points de liaison fixes	Non
Correspondance d'images guidée	Non
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Temps de concordance	1 heure 51 minutes
Utilisation de la mémoire de correspondance	3.19 GB
Temps d'alignement	12 minutes 39 secondes
Utilisation de la mémoire d'alignement	828.91 MB

## Paramètres d'optimisation

Paramètres	f, b1, b2, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajuster les corrections supplémentaires	Oui
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Durée d'optimisation	44 secondes
Date de création	2023:12:27 12:39:44
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	86.80 MB

## Cartes de profondeur

Nombre	484
--------	-----

## Paramètres de génération des cartes de profondeur

Qualité	Moyenne
Mode de filtrage	Agressif
Max voisins	16
Temps de traitement	14 minutes 25 secondes
Utilisation de la mémoire	1.35 GB
Date de création	2023:12:28 12:17:07
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	954.55 MB

## Nuage de points dense

Points	60,393,539
Couleurs des points	3 bandes, uint8



<b>Paramètres de génération des cartes de profondeur</b>	
Qualité	Moyenne
Mode de filtrage	Agressif
Max voisins	16
Temps de traitement	14 minutes 25 secondes
Utilisation de la mémoire	1.35 GB
<b>Paramètres de génération du nuage de points dense</b>	
Temps de traitement	22 minutes 9 secondes
Utilisation de la mémoire	5.81 GB
Date de création	2023:12:28 12:39:17
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	877.05 MB
<b>Modèle</b>	
Faces	50,373,279
Sommets	25,190,040
Couleurs des sommets	3 bandes, uint8
<b>Paramètres de génération des cartes de profondeur</b>	
Qualité	Moyenne
Mode de filtrage	Agressif
Max voisins	16
Temps de traitement	14 minutes 25 secondes
Utilisation de la mémoire	1.35 GB
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Type de surface	Arbitraire
Données source	Nuage dense
Interpolation	Activé
Masques volumétriques stricts	Non
Temps de traitement	45 minutes 35 secondes
Utilisation de la mémoire	7.75 GB
Date de création	2023:12:28 17:51:06
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	1.13 GB
<b>MNE</b>	
Taille	17,220 x 21,883
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Données source	Maillage
Interpolation	Activé
Temps de traitement	14 minutes 32 secondes
Utilisation de la mémoire	2.58 GB
Date de création	2024:01:07 23:10:37
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	697.70 MB
<b>Orthomosaique</b>	
Taille	17,206 x 21,874
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Couleurs	3 bandes, uint8
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Mode de fusion	Mosaïque
Surface	MNE
Activer le remplissage des trous	Oui
Activer le filtre fantôme	Non
Temps de traitement	10 minutes 59 secondes
Utilisation de la mémoire	2.95 GB
Date de création	2024:01:07 23:19:24
Version du programme	1.8.5.15709



Taille du fichier	6.16 GB
<b>Système</b>	
Nom du programme	Agisoft Metashape Professional
Version du programme	1.8.5 build 15709
Système d'exploitation	Windows 64 bit
RAM	63.64 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-10875H CPU @ 2.30GHz
GPU(s)	Quadro RTX 3000



***Rapport de photogrammétrie - Secteur de L'Artigue (Castillon-de-Larboust - Haute-Garonne) (François Baleux)***

# **Rapport de Photogrammétrie par drone Artigue 2023**

**Rapport de traitements photogrammétriques d'images acquises avec un drone  
08 January 2024**



## Données du levé

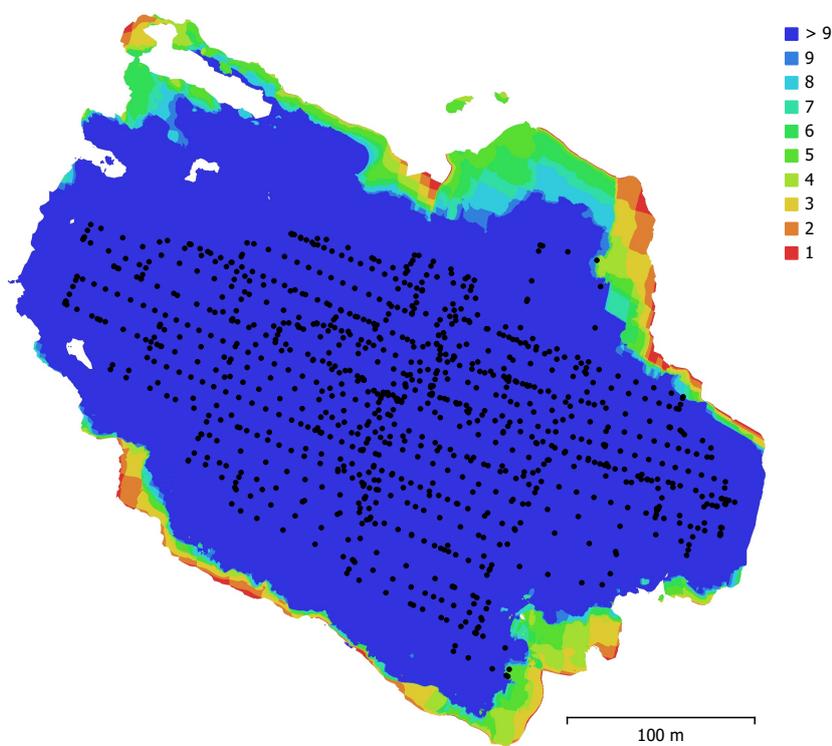


Fig. 1. Emplacements des caméras et chevauchement des images.

Nombre d'images:	1,146	Stations de caméras:	986
Altitude de vol:	53 m	Points de liaison:	126,158
Résolution au sol:	1.46 cm/px	Projections:	294,175
Zone de couverture:	0.0906 km <sup>2</sup>	Erreur de reprojection:	0.13 px

Modèle de caméra	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel	Précalibré
M3E (12.29mm)	5280 x 3956	12.29 mm	3.36 x 3.36 µm	Non

Tableau 1. Caméras.



## Calibration de la caméra

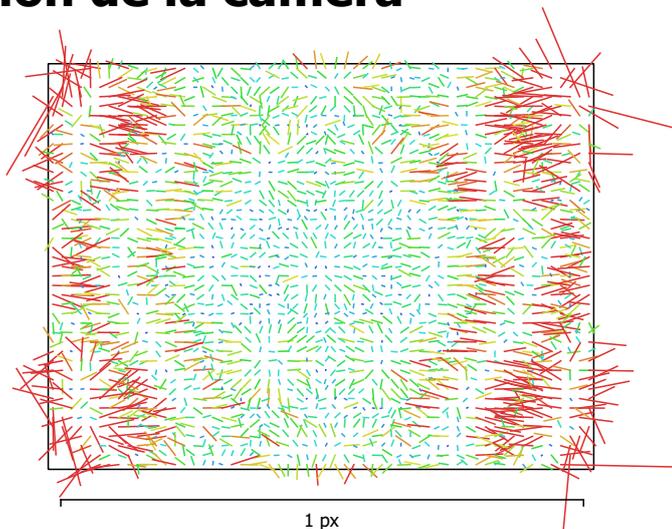


Fig. 2. Résiduelles des points de liaison pour M3E (12.29mm).

### M3E (12.29mm)

1146 images, Corrections additionnelles

Type	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel
<b>Cadre</b>	<b>5280 x 3956</b>	<b>12.29 mm</b>	<b>3.36 x 3.36 <math>\mu</math>m</b>

	Valeur	Erreur	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>3797.48</b>	1.2	1.00	-0.17	0.16	-0.67	-0.09	-0.40	0.53	-0.60	0.01	-0.00
<b>Cx</b>	<b>34.5853</b>	0.16		1.00	-0.08	0.20	0.18	0.04	-0.07	0.08	0.85	-0.03
<b>Cy</b>	<b>-10.2072</b>	0.18			1.00	-0.18	0.10	-0.04	0.06	-0.07	-0.03	0.88
<b>B1</b>	<b>-1.24431</b>	0.071				1.00	0.08	0.16	-0.26	0.32	0.04	0.02
<b>B2</b>	<b>0.377456</b>	0.036					1.00	0.01	-0.02	0.02	-0.02	0.13
<b>K1</b>	<b>-0.151296</b>	0.00059						1.00	-0.98	0.96	0.03	-0.02
<b>K2</b>	<b>0.342942</b>	0.0014							1.00	-0.99	-0.02	0.01
<b>K3</b>	<b>-0.223662</b>	0.0011								1.00	0.02	-0.01
<b>P1</b>	<b>0.00152465</b>	2.2e-05									1.00	-0.04
<b>P2</b>	<b>-0.000735741</b>	2.5e-05										1.00

Tableau 2. Coefficients de calibration et matrice de corrélation.



## Points de contrôle au sol

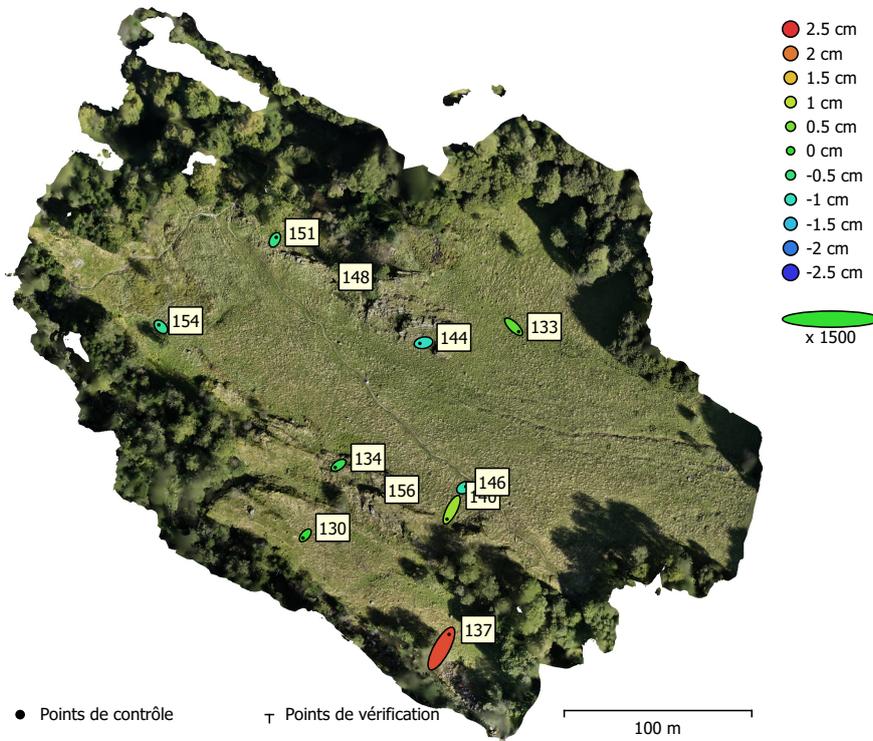


Fig. 3. Emplacements des points de contrôle au sol et estimations d'erreur.

L'erreur Z est représentée par la couleur de l'ellipse. Les erreurs X et Y sont représentées par la forme de l'ellipse. Les emplacements estimés des points de contrôle au sol sont marqués d'un point ou d'une croix.

Nombre	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Erreur XY (cm)	Total (cm)
9	0.286569	0.438115	0.991752	0.523514	1.12144

Tableau 3. Points de contrôle RMSE.

X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



Etiquette	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Total (cm)	Image (px)
130	-0.167243	-0.193948	0.0274971	0.25757	0.345 (12)
133	0.359951	-0.351137	0.319041	0.595524	0.436 (13)
134	-0.236594	-0.159089	-0.23302	0.368218	0.324 (10)
137	0.547362	1.01477	2.32862	2.59843	1.177 (14)
140	-0.334911	-0.670436	0.763623	1.06994	0.556 (12)
144	-0.257828	-0.0468557	-1.03372	1.06642	0.348 (13)
146	0.135938	0.0831231	-0.889782	0.903936	0.470 (11)
151	0.0944946	0.178888	-0.580884	0.615107	0.293 (12)
154	-0.141173	0.144686	-0.701404	0.729953	0.291 (16)
<b>Total</b>	<b>0.286569</b>	<b>0.438115</b>	<b>0.991752</b>	<b>1.12144</b>	<b>0.552</b>

Tableau 4. Points de contrôle.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

Etiquette	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Total (cm)	Image (px)
148					0.284 (15)
156					0.132 (12)
<b>Total</b>					

Tableau 5. Points de vérification.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



## Modèle Numérique d'élévation

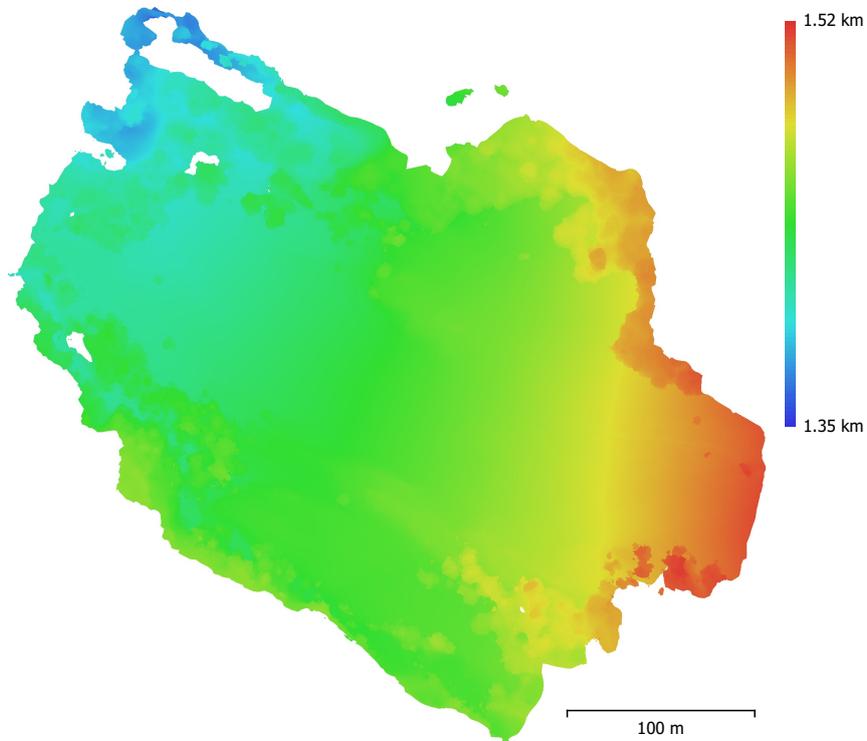


Fig. 4. Modèle numérique d'élévation reconstruit.

Résolution: 2 cm/px  
Densité des points: 0.25 points/cm<sup>2</sup>



# Paramètres de traitement

## Général

Caméras	1146
Caméras alignées	986
Repères	14
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Angles de rotation	Lacet, Tangage, Roulis

## Nuage de point

Points	126,158 de 4,316,416
Erreur RMS de reprojection	0.0615808 (0.13047 px)
Erreur Max de reprojection	0.188803 (0.554384 px)
Taille moyenne de point	2.09961 px
Couleurs des points	3 bandes, uint8
Points-clé	3.92 GB
Multiplicité moyenne des points de liaison	5.62944

## Paramètres d'alignement

Précision	Haute
Présélection générique	Oui
Présélection par références	Source
Limite de points	50,000
Limite de points-clé par Mpx	5,000
Limite de points de liaison	0
Exclure les points de liaison fixes	Oui
Correspondance d'images guidée	Non
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Temps de concordance	40 minutes 13 secondes
Utilisation de la mémoire de correspondance	1.85 GB
Temps d'alignement	3 heures 17 minutes
Utilisation de la mémoire d'alignement	2.43 GB

## Paramètres d'optimisation

Paramètres	f, b1, b2, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajuster les corrections supplémentaires	Oui
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Durée d'optimisation	48 secondes
Date de création	2023:12:14 11:16:24
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	478.85 MB

## Cartes de profondeur

Nombre	692
--------	-----

## Paramètres de génération des cartes de profondeur

Qualité	Haute
Mode de filtrage	Modéré
Max voisins	16
Temps de traitement	1 heure 21 minutes
Utilisation de la mémoire	3.10 GB
Date de création	2023:12:15 08:57:53
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	5.09 GB

## Nuage de points dense

Points	182,618,729
Couleurs des points	3 bandes, uint8



<b>Paramètres de génération des cartes de profondeur</b>	
Qualité	Haute
Mode de filtrage	Modéré
Max voisins	16
Temps de traitement	1 heure 21 minutes
Utilisation de la mémoire	3.10 GB
<b>Paramètres de génération du nuage de points dense</b>	
Temps de traitement	5 heures 17 minutes
Utilisation de la mémoire	20.99 GB
Date de création	2023:12:16 16:23:08
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	2.59 GB
<b>Modèle</b>	
Faces	31,552,667
Sommets	15,787,868
Couleurs des sommets	3 bandes, uint8
<b>Paramètres de génération des cartes de profondeur</b>	
Qualité	Haute
Mode de filtrage	Modéré
Max voisins	16
Temps de traitement	1 heure 21 minutes
Utilisation de la mémoire	3.10 GB
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Type de surface	Arbitraire
Données source	Cartes de profondeur
Interpolation	Activé
Masques volumétriques stricts	Non
Temps de traitement	1 heure 5 minutes
Utilisation de la mémoire	12.58 GB
Date de création	2023:12:15 10:01:13
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	722.36 MB
<b>MNE</b>	
Taille	20,154 x 19,778
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Données source	Maillage
Interpolation	Désactivée
Temps de traitement	5 minutes 40 secondes
Utilisation de la mémoire	1.62 GB
Date de création	2023:12:15 18:08:09
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	813.42 MB
<b>Orthomosaique</b>	
Taille	20,177 x 19,801
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Couleurs	3 bandes, uint8
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Mode de fusion	Mosaïque
Surface	MNE
Activer le remplissage des trous	Oui
Activer le filtre fantôme	Non
Temps de traitement	1 heure 4 minutes
Utilisation de la mémoire	3.05 GB
Date de création	2023:12:16 07:15:40
Version du programme	1.8.5.15709



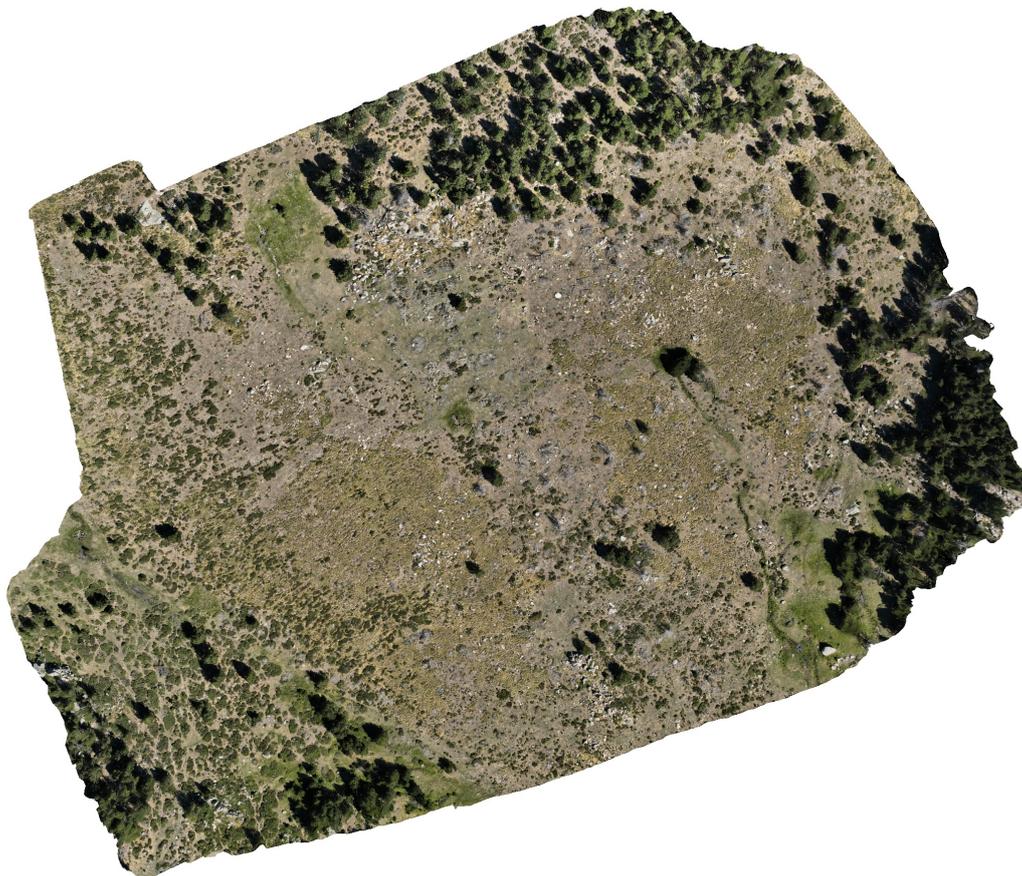
Taille du fichier	19.63 GB
<b>Système</b>	
Nom du programme	Agisoft Metashape Professional
Version du programme	1.8.5 build 15709
Système d'exploitation	Windows 64 bit
RAM	63.64 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-10875H CPU @ 2.30GHz
GPU(s)	Quadro RTX 3000



***Rapport de photogrammétrie - Secteur du Collet de la Mula (Enveitg -  
Pyrénées-Orientales) (François Baleux)***

## **Rapport de Photogrammétrie par drone Cerdagne 2023**

**Rapport de traitements photogrammétriques d'images acquises avec un drone  
08 January 2024**



## Données du levé

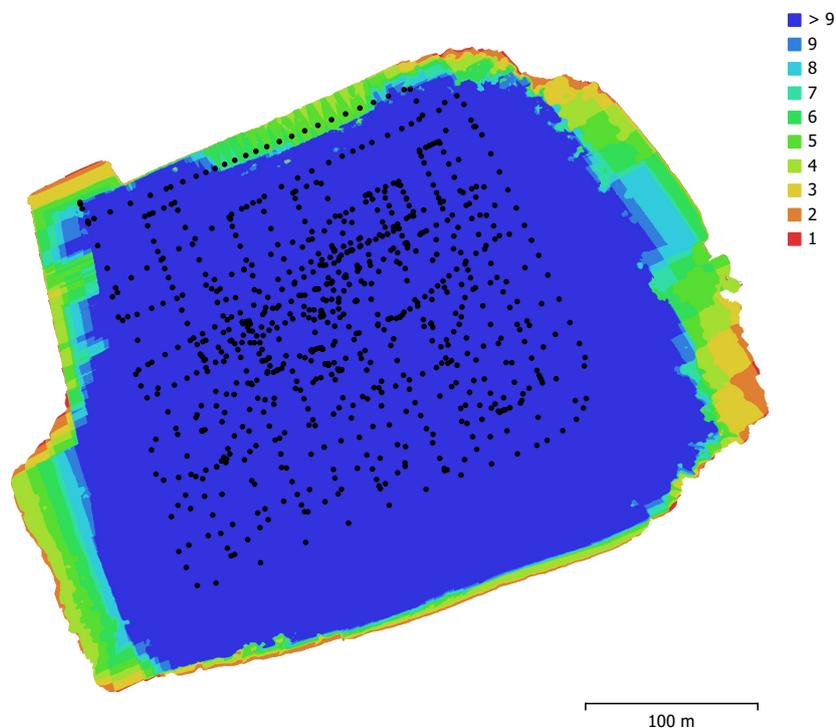


Fig. 1. Emplacements des caméras et chevauchement des images.

Nombre d'images:	857	Stations de caméras:	832
Altitude de vol:	57.1 m	Points de liaison:	144,937
Résolution au sol:	1.57 cm/px	Projections:	582,077
Zone de couverture:	0.114 km <sup>2</sup>	Erreur de reprojection:	0.257 px

Modèle de caméra	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel	Précalibré
M3E (12.29mm)	5280 x 3956	12.29 mm	3.36 x 3.36 µm	Non

Tableau 1. Caméras.



## Calibration de la caméra

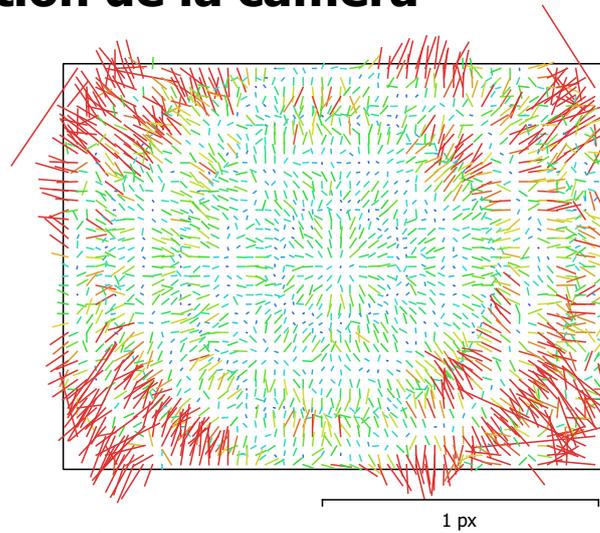


Fig. 2. Résiduelles des points de liaison pour M3E (12.29mm).

### M3E (12.29mm)

857 images, Corrections additionnelles

Type	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel
<b>Cadre</b>	<b>5280 x 3956</b>	<b>12.29 mm</b>	<b>3.36 x 3.36 µm</b>

	Valeur	Erreur	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
<b>F</b>	<b>3638.6</b>	0.82	1.00	0.26	0.46	-0.44	-0.29	-0.56	0.50	-0.39	0.25	-0.06	-0.04
<b>Cx</b>	<b>33.8509</b>	0.15		1.00	0.25	-0.24	-0.49	0.01	-0.02	0.04	-0.06	0.63	-0.00
<b>Cy</b>	<b>-18.4785</b>	0.17			1.00	0.02	-0.42	0.01	-0.05	0.11	-0.18	0.01	0.43
<b>B1</b>	<b>1.81568</b>	0.042				1.00	0.14	0.11	-0.08	0.02	0.04	0.14	-0.00
<b>B2</b>	<b>1.09345</b>	0.038					1.00	0.02	0.00	-0.03	0.07	0.01	0.08
<b>K1</b>	<b>0.122368</b>	0.0011						1.00	-0.99	0.96	-0.90	0.08	0.03
<b>K2</b>	<b>-0.568694</b>	0.0037							1.00	-0.99	0.95	-0.07	-0.03
<b>K3</b>	<b>1.10944</b>	0.0054								1.00	-0.99	0.05	0.02
<b>K4</b>	<b>-0.72506</b>	0.003									1.00	-0.02	-0.02
<b>P1</b>	<b>0.00257904</b>	1.7e-05										1.00	0.01
<b>P2</b>	<b>-0.000730665</b>	1.3e-05											1.00

Tableau 2. Coefficients de calibration et matrice de corrélation.



## Points de contrôle au sol

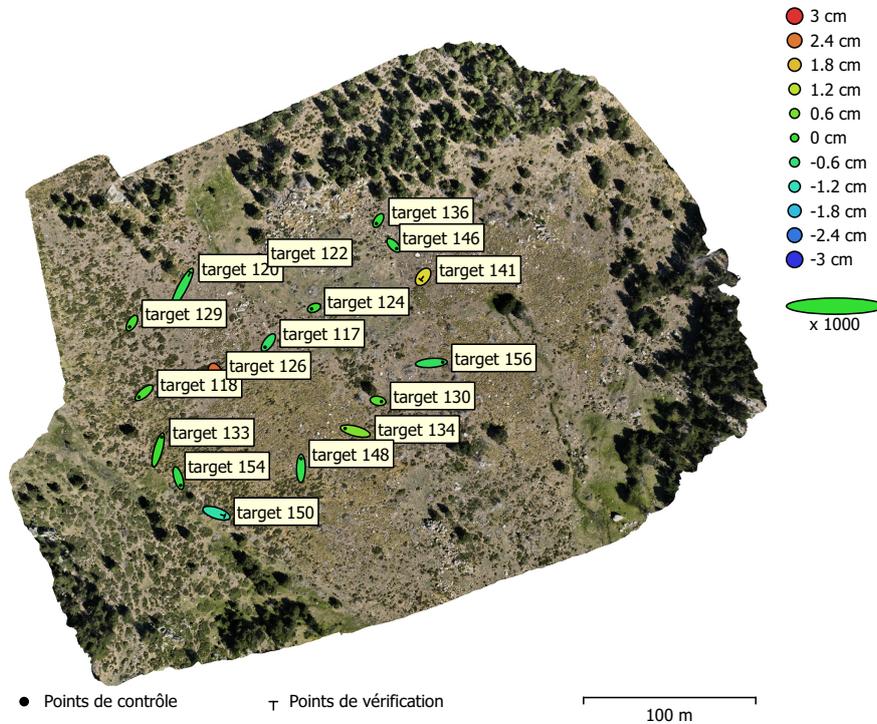


Fig. 3. Emplacements des points de contrôle au sol et estimations d'erreur.

L'erreur Z est représentée par la couleur de l'ellipse. Les erreurs X et Y sont représentées par la forme de l'ellipse. Les emplacements estimés des points de contrôle au sol sont marqués d'un point ou d'une croix.

Nombre	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Erreur XY (cm)	Total (cm)
13	0.578924	0.648286	0.294949	0.869154	0.917836

Tableau 3. Points de contrôle RMSE.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

Nombre	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Erreur XY (cm)	Total (cm)
4	0.694137	0.976647	1.58111	1.19819	1.98383

Tableau 4. Points de vérification RMSE.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



Etiquette	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Total (cm)	Image (px)
target 124	-0.286387	-0.112953	0.0880414	0.320199	0.473 (8)
target 117	-0.388139	-0.541007	-0.41393	0.784014	0.359 (10)
target 118	-0.591844	-0.49871	0.223463	0.80556	0.683 (11)
target 122	0.184042	0.192262	-0.233538	0.354084	1.047 (11)
target 129	-0.267898	-0.446657	0.146005	0.540915	0.650 (10)
target 130	0.395479	-0.0763734	0.357176	0.538341	0.595 (9)
target 133	0.410462	1.51178	0.078019	1.56845	0.688 (10)
target 134	-1.17186	0.306965	0.677761	1.3881	1.022 (8)
target 136	-0.228793	-0.356528	-0.0328656	0.424898	0.329 (11)
target 146	0.357955	-0.373666	-0.123417	0.531968	0.631 (9)
target 148	0.0177204	1.14116	-0.248922	1.16813	0.593 (5)
target 154	0.256335	-0.84216	-0.157152	0.894225	1.072 (9)
target 156	1.31293	0.0958954	-0.360641	1.36493	0.609 (8)
<b>Total</b>	<b>0.578924</b>	<b>0.648286</b>	<b>0.294949</b>	<b>0.917836</b>	<b>0.714</b>

Tableau 5. Points de contrôle.

X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

Etiquette	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Total (cm)	Image (px)
target 120	0.936968	1.78219	-0.2931	2.0347	1.260 (8)
target 126	0.192276	-0.636036	2.54257	2.62796	0.403 (6)
target 141	-0.267239	-0.356889	1.55393	1.61663	0.940 (8)
target 150	0.970056	-0.327501	-1.01703	1.44313	0.219 (5)
<b>Total</b>	<b>0.694137</b>	<b>0.976647</b>	<b>1.58111</b>	<b>1.98383</b>	<b>0.882</b>

Tableau 6. Points de vérification.

X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



## Modèle Numérique d'élévation

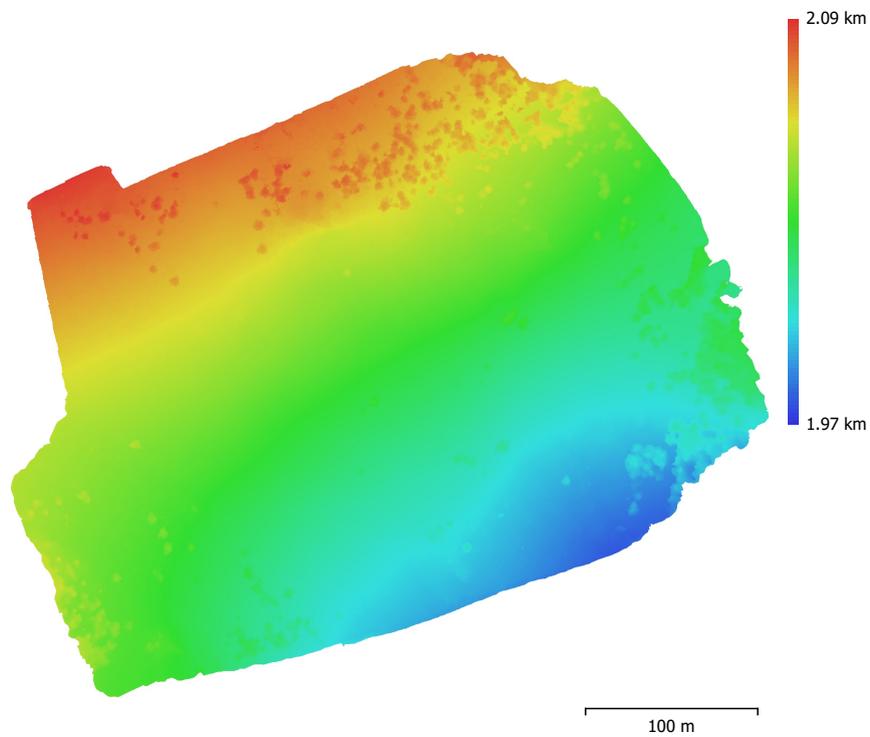


Fig. 4. Modèle numérique d'élévation reconstruit.

Résolution: 2 cm/px  
Densité des points: 0.25 points/cm<sup>2</sup>



# Paramètres de traitement

## Général

Caméras	857
Caméras alignées	832
Repères	17
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Angles de rotation	Lacet, Tangage, Roulis

## Nuage de point

Points	144,937 de 4,564,776
Erreur RMS de reprojection	0.11977 (0.256816 px)
Erreur Max de reprojection	0.257648 (1.17748 px)
Taille moyenne de point	2.12265 px
Couleurs des points	3 bandes, uint8
Points-clé	Non
Multiplicité moyenne des points de liaison	5.64558

## Paramètres d'alignement

Précision	Haute
Présélection générique	Oui
Présélection par références	Source
Limite de points	60,000
Limite de points-clé par Mpx	5,000
Limite de points de liaison	0
Exclure les points de liaison fixes	Oui
Correspondance d'images guidée	Non
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Temps de concordance	29 minutes 27 secondes
Utilisation de la mémoire de correspondance	1.98 GB
Temps d'alignement	2 heures 40 minutes
Utilisation de la mémoire d'alignement	2.93 GB

## Paramètres d'optimisation

Paramètres	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Ajuster les corrections supplémentaires	Oui
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Durée d'optimisation	30 secondes
Date de création	2023:11:30 13:24:20
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	409.72 MB

## Cartes de profondeur

Nombre	820
--------	-----

## Paramètres de génération des cartes de profondeur

Qualité	Haute
Mode de filtrage	Modéré
Max voisins	16
Temps de traitement	1 heure 48 minutes
Utilisation de la mémoire	5.26 GB
Date de création	2023:12:07 11:21:42
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	6.04 GB

## Modèle

Faces	25,609,277
Sommets	12,809,654



Couleurs des sommets	3 bandes, uint8
Texture	8,192 x 8,192, 4 bandes, uint8
<b>Paramètres de génération des cartes de profondeur</b>	
Qualité	Haute
Mode de filtrage	Modéré
Max voisins	16
Temps de traitement	1 heure 48 minutes
Utilisation de la mémoire	5.26 GB
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Type de surface	Arbitraire
Données source	Cartes de profondeur
Interpolation	Activé
Masques volumétriques stricts	Non
Temps de traitement	1 heure 3 minutes
Utilisation de la mémoire	14.22 GB
<b>Paramètres de texturation</b>	
Mode de mappage	Générique
Mode de fusion	Mosaïque
Taille de la texture	8,192
Activer le remplissage de trous	Oui
Activer le filtre fantôme	Oui
Temps de paramétrisation UV	3 minutes 52 secondes
Utilisation de la mémoire du mapping UV	4.51 GB
Temps de fusion	42 minutes 33 secondes
Utilisation de la mémoire d'assemblage	7.19 GB
Utilisation de la mémoire d'assemblage	2.98 GB
Date de création	2023:12:07 23:56:50
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	1.17 GB
<b>MNE</b>	
Taille	21,947 x 18,901
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Données source	Maillage
Interpolation	Activé
Temps de traitement	12 minutes 32 secondes
Utilisation de la mémoire	1.77 GB
Date de création	2023:12:08 11:24:54
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	985.20 MB
<b>Orthomosaïque</b>	
Taille	43,957 x 37,856
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Couleurs	3 bandes, uint8
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Mode de fusion	Mosaïque
Surface	MNE
Activer le remplissage des trous	Oui
Activer le filtre fantôme	Non
Temps de traitement	52 minutes 10 secondes
Utilisation de la mémoire	2.33 GB
Date de création	2023:12:08 12:08:16
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	44.45 GB
<b>Système</b>	
Nom du programme	Agisoft Metashape Professional



Version du programme	1.8.5 build 15709
Système d'exploitation	Windows 64 bit
RAM	63.64 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-10875H CPU @ 2.30GHz
GPU(s)	Quadro RTX 3000



***Rapport de photogrammétrie - Secteur de Nekexare (Lecumberry - Pyrénées-Atlantiques) (François Baleux)***

# **Rapport de Photogrammétrie par drone nekexare 2023**

**Rapport de traitements photogrammétriques d'images acquises avec un drone  
08 January 2024**



## Données du levé

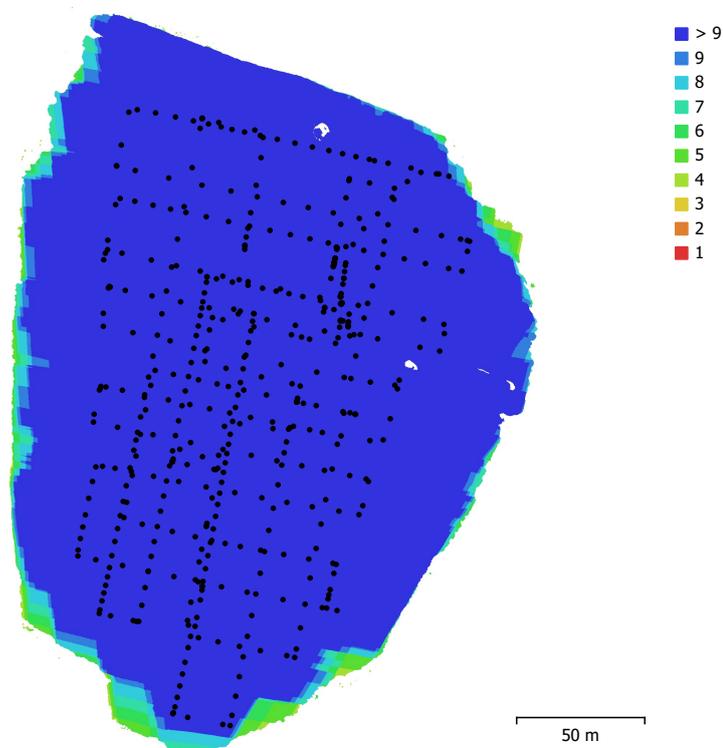


Fig. 1. Emplacements des caméras et chevauchement des images.

Nombre d'images:	530	Stations de caméras:	507
Altitude de vol:	41.5 m	Points de liaison:	111,112
Résolution au sol:	1.11 cm/px	Projections:	414,457
Zone de couverture:	0.0432 km <sup>2</sup>	Erreur de reprojection:	0.385 px

Modèle de caméra	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel	Précalibré
M3E (12.29mm)	5280 x 3956	12.29 mm	3.36 x 3.36 µm	Non

Tableau 1. Caméras.



## Calibration de la caméra

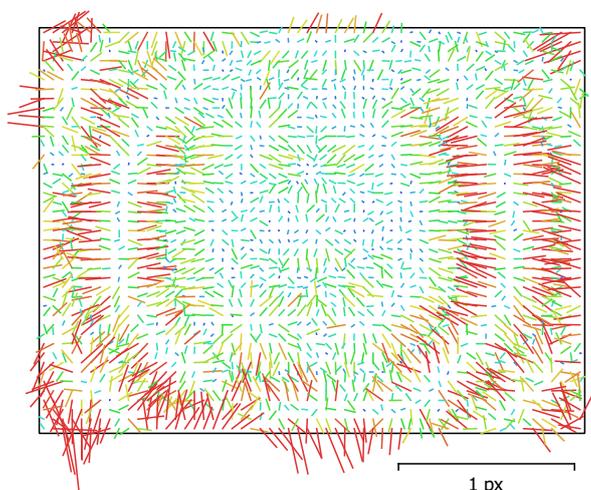


Fig. 2. Résiduelles des points de liaison pour M3E (12.29mm).

### M3E (12.29mm)

530 images, Corrections additionnelles

Type	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel
<b>Cadre</b>	<b>5280 x 3956</b>	<b>12.29 mm</b>	<b>3.36 x 3.36 µm</b>

	Valeur	Erreur	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>3785.52</b>	0.76	1.00	0.35	0.56	-0.10	-0.64	-0.47	0.55	-0.59	-0.01	-0.02
<b>Cx</b>	<b>40.0564</b>	0.21		1.00	0.28	-0.16	-0.53	-0.02	0.04	-0.06	0.70	0.00
<b>Cy</b>	<b>-5.81032</b>	0.28			1.00	0.23	-0.62	-0.02	0.08	-0.11	0.01	0.55
<b>B1</b>	<b>-1.24586</b>	0.044				1.00	0.04	0.07	-0.10	0.11	0.16	0.02
<b>B2</b>	<b>-1.36773</b>	0.058					1.00	0.06	-0.12	0.16	-0.02	0.08
<b>K1</b>	<b>-0.134673</b>	0.00053						1.00	-0.99	0.97	0.03	0.04
<b>K2</b>	<b>0.299961</b>	0.0012							1.00	-0.99	-0.03	-0.04
<b>K3</b>	<b>-0.189925</b>	0.00081								1.00	0.04	0.04
<b>P1</b>	<b>0.00234082</b>	2.4e-05									1.00	-0.00
<b>P2</b>	<b>-0.000848163</b>	2.4e-05										1.00

Tableau 2. Coefficients de calibration et matrice de corrélation.



## Points de contrôle au sol

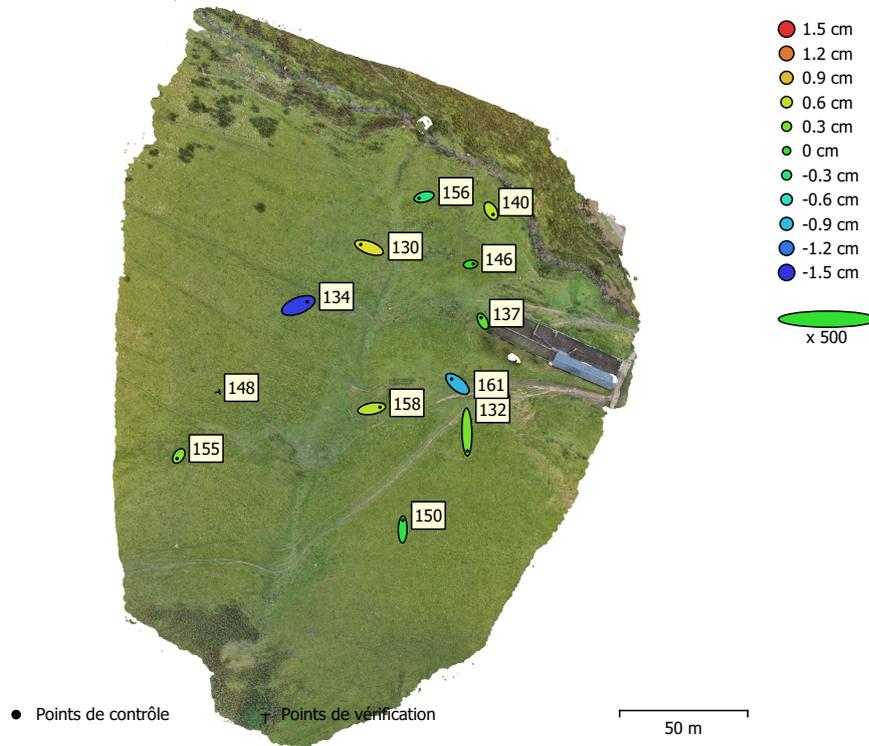


Fig. 3. Emplacements des points de contrôle au sol et estimations d'erreur.

L'erreur Z est représentée par la couleur de l'ellipse. Les erreurs X et Y sont représentées par la forme de l'ellipse. Les emplacements estimés des points de contrôle au sol sont marqués d'un point ou d'une croix.

Nombre	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Erreur XY (cm)	Total (cm)
11	0.810714	1.08733	0.646068	1.3563	1.50232

Tableau 3. Points de contrôle RMSE.

X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



Etiquette	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Total (cm)	Image (px)
130	-1.3071	0.485772	0.741795	1.57948	0.643 (12)
132	0.0633571	-2.98175	0.31616	2.99913	0.662 (11)
134	1.39453	0.564964	-1.44005	2.0827	0.897 (16)
137	-0.291698	0.573378	0.180045	0.668032	0.779 (13)
140	0.315947	-0.552378	0.597945	0.873202	0.742 (10)
146	0.456136	0.0621267	0.0348647	0.461666	0.481 (20)
150	0.0268224	1.43853	-0.114607	1.44334	0.478 (7)
155	-0.268681	-0.40145	0.372825	0.610205	0.387 (8)
156	-0.780153	-0.194214	-0.355429	0.879027	0.623 (8)
158	1.29581	0.230248	0.588945	1.44187	1.028 (12)
161	-0.904967	0.77477	-0.922499	1.50673	0.930 (14)
<b>Total</b>	<b>0.810714</b>	<b>1.08733</b>	<b>0.646068</b>	<b>1.50232</b>	<b>0.738</b>

Tableau 4. Points de contrôle.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

Etiquette	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Total (cm)	Image (px)
148					0.328 (6)
<b>Total</b>					

Tableau 5. Points de vérification.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



## Modèle Numérique d'élévation

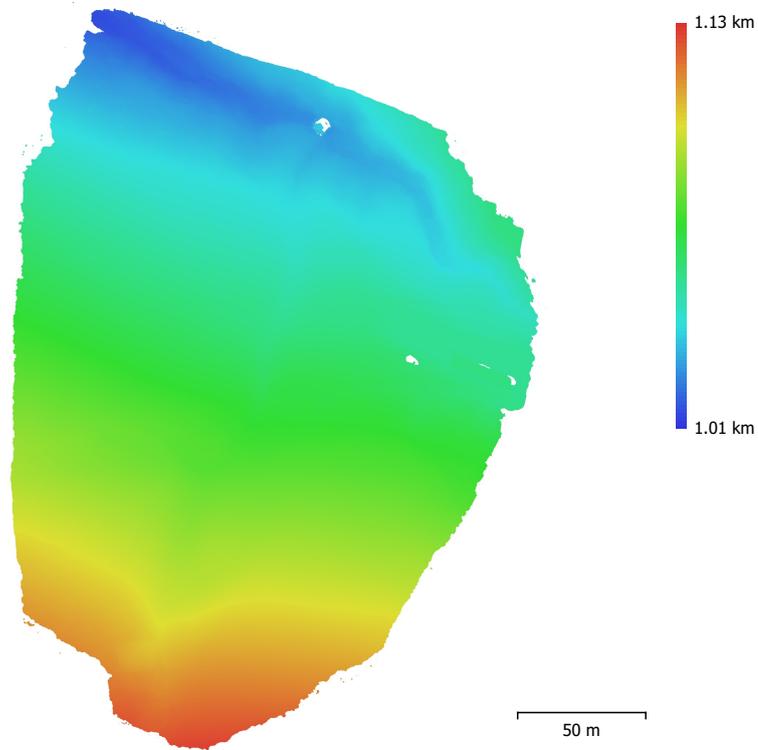


Fig. 4. Modèle numérique d'élévation reconstruit.

Résolution: 2.5 cm/px  
Densité des points: 0.16 points/cm<sup>2</sup>



# Paramètres de traitement

## Général

Caméras	530
Caméras alignées	507
Repères	12
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Angles de rotation	Lacet, Tangage, Roulis

## Nuage de point

Points	111,112 de 764,791
Erreur RMS de reprojection	0.176472 (0.384635 px)
Erreur Max de reprojection	0.634499 (2.09018 px)
Taille moyenne de point	2.15489 px
Couleurs des points	3 bandes, uint8
Points-clé	Non
Multiplicité moyenne des points de liaison	7.82417

## Paramètres d'alignement

Précision	Haute
Présélection générique	Non
Présélection par références	Source
Limite de points	50,000
Limite de points-clé par Mpx	5,000
Limite de points de liaison	10,000
Exclure les points de liaison fixes	Non
Correspondance d'images guidée	Non
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Temps de concordance	1 heure 18 minutes
Utilisation de la mémoire de correspondance	5.51 GB
Temps d'alignement	22 minutes 31 secondes
Utilisation de la mémoire d'alignement	885.22 MB

## Paramètres d'optimisation

Paramètres	f, b1, b2, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajuster les corrections supplémentaires	Oui
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Durée d'optimisation	20 secondes
Date de création	2023:12:30 13:38:57
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	96.11 MB

## Cartes de profondeur

Nombre	477
--------	-----

## Paramètres de génération des cartes de profondeur

Qualité	Haute
Mode de filtrage	Agressif
Max voisins	16
Temps de traitement	1 heure 3 minutes
Utilisation de la mémoire	4.48 GB
Date de création	2023:12:31 00:29:13
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	3.76 GB

## Nuage de points dense

Points	134,783,851
Couleurs des points	3 bandes, uint8



<b>Paramètres de génération des cartes de profondeur</b>	
Qualité	Haute
Mode de filtrage	Agressif
Max voisins	16
Temps de traitement	1 heure 3 minutes
Utilisation de la mémoire	4.48 GB
<b>Paramètres de génération du nuage de points dense</b>	
Temps de traitement	3 heures 48 minutes
Utilisation de la mémoire	16.12 GB
Date de création	2023:12:31 04:17:34
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	1.89 GB
<b>Modèle</b>	
Faces	50,247,108
Sommets	25,127,408
Couleurs des sommets	3 bandes, uint8
<b>Paramètres de génération des cartes de profondeur</b>	
Qualité	Haute
Mode de filtrage	Agressif
Max voisins	16
Temps de traitement	1 heure 3 minutes
Utilisation de la mémoire	4.48 GB
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Type de surface	Arbitraire
Données source	Nuage dense
Interpolation	Activé
Masques volumétriques stricts	Non
Temps de traitement	30 minutes 58 secondes
Utilisation de la mémoire	12.96 GB
Date de création	2023:12:31 07:58:20
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	1.12 GB
<b>MNE</b>	
Taille	8,331 x 11,804
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Données source	Maillage
Interpolation	Activé
Temps de traitement	5 minutes 24 secondes
Utilisation de la mémoire	2.81 GB
Date de création	2023:12:31 08:08:44
Version du programme	1.8.5.15709
Taille du fichier	265.61 MB
<b>Orthomosaique</b>	
Taille	8,331 x 11,804
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Couleurs	3 bandes, uint8
<b>Paramètres de reconstruction</b>	
Mode de fusion	Mosaïque
Surface	MNE
Activer le remplissage des trous	Oui
Activer le filtre fantôme	Non
Temps de traitement	4 minutes 55 secondes
Utilisation de la mémoire	588.99 MB
Date de création	2023:12:31 08:12:46
Version du programme	1.8.5.15709



Taille du fichier	3.79 GB
<b>Système</b>	
Nom du programme	Agisoft Metashape Professional
Version du programme	1.8.5 build 15709
Système d'exploitation	Windows 64 bit
RAM	63.64 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-10875H CPU @ 2.30GHz
GPU(s)	Quadro RTX 3000



## Notification AlphaTango - Secteur du Collet de la Mula (Enveitg - Pyrénées-Orientales)

### [AlphaTango] Notification de vol aux Armées: 13/09/2023 / CP66760

**De:** [ne-pas-repondre-alphatango@aviation-civile.gouv.fr](mailto:ne-pas-repondre-alphatango@aviation-civile.gouv.fr)  
**Reply-To:** [dirsu.drones@cnrs.fr](mailto:dirsu.drones@cnrs.fr)  
**À:** [notifications@clearance.aero](mailto:notifications@clearance.aero)  
**Cc:** [carine.calastrenc@univ-tlse2.fr](mailto:carine.calastrenc@univ-tlse2.fr), [dirsu.drones@cnrs.fr](mailto:dirsu.drones@cnrs.fr)  
**Sujet:** [AlphaTango] Notification de vol aux Armées: 13/09/2023 / CP66760  
**Date:** Lundi, 11 Septembre 2023 06:00  
**Taille:** 25 Ko

---



### LE PORTAIL PUBLIC DES UTILISATEURS D'AÉRONEFS TÉLÉPILOTÉS

CNRS  
[dirsu.drones@cnrs.fr](mailto:dirsu.drones@cnrs.fr)

Bonjour,

Une notification de vol vous concernant a bien été enregistrée.

Elle sera adressée au ministère des Armées, parce qu'il a été indiqué qu'il s'agit de vols d'un aéronef de plus de 900g dans une zone de manoeuvre ou d'entraînement militaire ou de vols hors vue du télépilote.

ATTENTION : l'enregistrement de cette notification ne signifie pas que les vols décrits sont réglementairement possibles. La zone de vol déclarée peut être interdite aux aéronefs télépilotes ou d'autres démarches peuvent être nécessaires :

- Vols en zone peuplée : notification avec un préavis de 5 jours ouvrables à la préfecture territorialement compétente
- Vols de nuit hors espace aérien ségrégué : dérogation préfectorale
- Vols à proximité d'un aéroport ou dans un espace aérien contrôlé ou réglementé : autorisation du gestionnaire de la zone

Ces démarches sont à réaliser **séparément** et peuvent requérir des préavis incompatibles avec la date de début de vols déclarée.

Pour plus d'information, consulter les guides sur les pages web de la DGAC relatives aux aéronefs télépilotes (voir les liens utiles dans le pied de page du portail AlphaTango).

Résumé des informations déclarées :

**Exploitant qui réalisera les vols:**

CNRS  
[dirsu.drones@cnrs.fr](mailto:dirsu.drones@cnrs.fr)

**Personne/société ayant déclaré les vols :**

Clearance  
[notifications@clearance.aero](mailto:notifications@clearance.aero)  
DEL4

**Date des vols :**

Début : le 13/09/2023 à 08h30  
Fin : le 13/09/2023 à 17h30

**Type de vol :**

Scénarios standard nationaux  
Scénario : S1

**Hauteur maximale :** 30 m



**Lieu des vols :**

Lieu : 66760 ENVEITG

Centre de la zone de vol : longitude : 1,873, latitude : 42,503, rayon : 500m

Vous pouvez consulter, modifier ou supprimer cette notification depuis votre compte sur le portail AlphaTango.

Cordialement,  
L'équipe AlphaTango



## Notification AlphaTango - Secteur de Nekexare (Lecumberry - Pyrénées-Atlantiques)

### [AlphaTango] Notification de vol aux Armées: 21/09/2023 / CP64220

**De:** [ne-pas-repondre-alphatango@aviation-civile.gouv.fr](mailto:ne-pas-repondre-alphatango@aviation-civile.gouv.fr)  
**Reply-To:** [dirsu.drones@cnrs.fr](mailto:dirsu.drones@cnrs.fr)  
**À:** [notifications@clearance.aero](mailto:notifications@clearance.aero)  
**Cc:** [carine.calastrenc@univ-tlse2.fr](mailto:carine.calastrenc@univ-tlse2.fr), [dirsu.drones@cnrs.fr](mailto:dirsu.drones@cnrs.fr)  
**Sujet:** [AlphaTango] Notification de vol aux Armées: 21/09/2023 / CP64220  
**Date:** Mardi, 19 Septembre 2023 06:00  
**Taille:** 25 Ko

---



### LE PORTAIL PUBLIC DES UTILISATEURS D'AÉRONEFS TÉLÉPILOTÉS

CNRS  
[dirsu.drones@cnrs.fr](mailto:dirsu.drones@cnrs.fr)

Bonjour,

Une notification de vol vous concernant a bien été enregistrée.

Elle sera adressée au ministère des Armées, parce qu'il a été indiqué qu'il s'agit de vols d'un aéronef de plus de 900g dans une zone de manoeuvre ou d'entraînement militaire ou de vols hors vue du télépilote.

ATTENTION : l'enregistrement de cette notification ne signifie pas que les vols décrits sont réglementairement possibles. La zone de vol déclarée peut être interdite aux aéronefs télépilotes ou d'autres démarches peuvent être nécessaires :

- Vols en zone peuplée : notification avec un préavis de 5 jours ouvrables à la préfecture territorialement compétente
  - Vols de nuit hors espace aérien ségrégué : dérogation préfectorale
  - Vols à proximité d'un aérodrome ou dans un espace aérien contrôlé ou réglementé : autorisation du gestionnaire de la zone
- Ces démarches sont à réaliser **séparément** et peuvent requérir des préavis incompatibles avec la date de début de vols déclarée.

Pour plus d'information, consulter les guides sur les pages web de la DGAC relatives aux aéronefs télépilotes (voir les liens utiles dans le pied de page du portail AlphaTango).

Résumé des informations déclarées :

**Exploitant qui réalisera les vols:**

CNRS  
[dirsu.drones@cnrs.fr](mailto:dirsu.drones@cnrs.fr)

**Personne/société ayant déclaré les vols :**

Clearance  
[notifications@clearance.aero](mailto:notifications@clearance.aero)  
DEL4

**Date des vols :**

Début : le 21/09/2023 à 08h30  
Fin : le 21/09/2023 à 17h30

**Type de vol :**

Scénarios standard nationaux  
Scénario : S1

**Hauteur maximale :** 20 m



**Lieu des vols :**

Lieu : 64220 LECUMBERRY

Centre de la zone de vol : longitude : -1,129, latitude : 43,033, rayon : 500m

Vous pouvez consulter, modifier ou supprimer cette notification depuis votre compte sur le portail AlphaTango.

Cordialement,  
L'équipe AlphaTango



## Bibliographie

- Abelanet, 1976, Les gravures rupestres du Roussillon, T. 2, Université Paul Valéry, Montpellier
- Agapiou, A., Hadjimisis, D. G., & Alexakis, D. D. (2012). Evaluation of Broadband and Narrowband Vegetation Indices for the Identification of Archaeological Crop Marks. *Remote Sensing*, 3892-3919. doi:10.3390/rs4123892
- Agapiou, A., Lysandrou, V., Lasaponara, R., Masini, N., & Hadjimisis, D. G. (2016). Study of the Variations of Archaeological Marks at Neolithic Site of Lucera, Italy Using High-Resolution Multispectral Datasets. *Remote Sens*, 8(9). doi:10.3390/rs8090723
- Albrecht, M. (1867). La photogrammétrie. *Wochenblatt des Architektenvereins zu Berlin*, pp. 471-472.
- Stéphane Alix, Thibaud Canillos. ARCHAEDYN. Présentation de la zone d'étude Tave-Cèze (Gard). 2021. ffhalshs-03137677f
- Abate, N.; Frisetti, A.; Marazzi, F.; Masini, N.; Lasaponara, R. Multitemporal–Multispectral UAS Surveys for Archaeological Research: The Case Study of San Vincenzo Al Volturno (Molise, Italy). *Remote Sens*. 2021, 13, 2719. <https://doi.org/10.3390/rs13142719>
- (Bal et al, 2010) Bal, M.–C., Rendu C., Ruas M.–P., Campmajo P, Paleosol charcoal : Reconstructing vegetation history in relation to agro–pastoral activities since the Neolithic. A case study in the Eastern French Pyrenees. *Journal of Archaeological Science*, 37, 2010, p.1785–1797.
- Baret, F., Guyot, G., & Major, D. (1989). TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1989. IGARSS'89. 12th Canadian Symposium on Remote Sensing, (pp. 1355-1358).
- (Bellerby et al, 1990) Bellerby, T., Noel, M., & Branigan, K., A thermal method for archaeological prospection : preliminary investigation *Archaeometry*, 1990, 32(2), pp. 191-203.
- Bertonecello. F, Tannier. C, Gandini. C, Configurations spatiales et hiérarchiques du peuplement antique : des indicateurs quantitatifs pour une



configuration interrégionale, 2011, XXXIIème rencontres internationales d'archéologie et d'histoire (Antibes, France), Vol ; Vulnérabilités environnementales, mutations sociales, nature, intensités, échelles et temporalité des changements, pp. 175-190

- Beucher, S. (2014). Segmentation d'image et morphologie mathématique. Cours du Master OIV (Saint Etienne)- Mines ParisTech. Récupéré sur [http://www.cmm.mines-paristech.fr/~beucher/publi/Segmentation\\_MasterOIV\\_2014.pdf](http://www.cmm.mines-paristech.fr/~beucher/publi/Segmentation_MasterOIV_2014.pdf)
- BLOOR, J., JAY-ROBERT, P., LE MORVAN, A., & FLEURANCE, G. (2012). Déjections des herbivores domestiques au pâturage : caractéristiques et rôle dans le fonctionnement des prairies. *INRAE Productions Animales*, 25(1), 45–56. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2012.25.1.3196>
- Buissan Georges, 1991, Des cabanes et des hommes. Vie pastorale et cabanes de pâtres dans les Pyrénées Centrales (vallées de Campan et de Lesponne)
- Cailloce, L. (2015, 03 03). Les drones, nouveaux outils de la recherche. *Le journal du CNRS* .
- (Calastrenc et al, 2022) Calastrenc Carine, Baleux François et al., « Inspecter les zones d'altitude : Développement d'une procédure multi-sources pour la prospection archéologique des terrains d'altitude »,XXIIIe colloque du GMPCA, Chambéry, [France](#), 2022
- (Calastrenc et al, 2021) Calastrenc Carine, Baleux François et al., « Inspecting high altitude areas. Development of a multi-source procedure for the archaeological prospection of high altitude areas »,27th Annual Meeting of the EAA- Widening Horizons, Kiel (en distanciel), [Allemagne](#), 2021
- (Calastrenc et al, 2020/2021) Calastrenc Carine, Baleux François et al., Inspecter les zones d'altitude. Développement d'une méthode intégrée multi-source pour la prospection archéologique des terrains d'altitude- 2020-2021 (code opération : 1411373) ,2021
- CALASTRENC Carine, BALEUX François et al., Programme Télédétection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne (TAHMM)- 2019 ,2020
- CALASTRENC Carine, BALEUX François et al., Programme Télédétection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne (T.A.H.M.M.)- Campagne 2019 ,2019
- CALASTRENC Carine, BALEUX François et al., Programme Télédétection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne (T.A.H.M.M.)- Campagne 2018 ,2019
- Calastrenc Carine, Le Couédic Mélanie, Barge, Olivier., & Bal, Marie-Claude (2007). Archéologie pastorale en vallée d'Ossau – Atelier 2 du PCR « Dynamiques sociales, spatiales et environnementales dans les Pyrénées centrales – Rapport de sondages archéologiques et prospections – campagne 2007, 216 p.



- Calastrenc Carine, Mélanie Le Couédic, (2006) Archéologie pastorale en vallée d'Ossau – Atelier 2 du PCR « Dynamiques sociales, spatiales et environnementales dans les Pyrénées centrales – Rapport de sondages archéologiques et prospections – campagne 2006, 203 p.
- Calastrenc Carine, Mélanie Le Couédic,(2005) Rapport de prospection-inventaire et de sondages archéologiques – campagne 2005 – Archéologie pastorale en vallée d'Ossau, 2 tomes, 325 p.-118 p.
- CALASTRENC Carine, LE COUÉDIC Mélanie et al., Prospection inventaire- Archéologie pastorale en vallée d'Ossau 2004 ,\_2006
- Calastrenc, C., & Lemaitre, V. (2010). Archéologie pastorale en vallée d'Ossau- Rapport d'opération de fouille- Campagne 2010.
- Calastrenc, C., & Rendu, C. (2009). Archéologie pastorale en vallée d'Ossau- Atelier 2 du PCR "Dynamiques sociales, spatiales et environnementales dans les Pyrénées centrales" Fouilles archéologiques- Campagne 2009.
- Calastrenc, C., Rivas, F., & Ona Gonzalez, J. (2004). Inventario de cabañas y otras construcciones historicas en el Pllan del Hospital- Benasque (Huesca). Fubdacion Hospital de Benasque. Récupéré sur <http://www.fundacion-hospital-benasque.org/arqueologia/prospecciones-y-catas/plandelhospital>
- Calastrenc, C., Rivas, F., & Ona Gonzalez, J. L. (2005). Inventario de cabañas y otras construcciones historicas en el entorno del Portillon y el puerto de la Picada- Benasque (Huesca). Fundacion Hospital de Benasque.
- Calastrenc, C., Rivas, F., & Ona Gonzalez, J. L. (2006). Inventario y otras construcciones historicas en el puerto de Gorgutes-la Gl\_re- Benasque (Huesca). Fundacion Hospital de Benasque.
- Campmajo. P, 2015, Nouveau jalon gravé des marques de territoire en Cerdagne. Le site de Sainte Léocadie – Zone 1, Revue Sources, n°3 , 2015, pp. 3-63
- Pierre Campmajo. Ces pierres qui nous parlent. Les gravures rupestres de Cerdagne (Pyrénées orientales) de la fin de l'âge du Fer à l'époque Contemporaine. [Trabucaire](#), 2012, 978-2-84974-144-3. [hal-03565930](#)
- Casana, J. W. (2017). Archaeological Aerial Thermography in Theory and Practice. *Advances in Archaeological Practice* , 5 (4), pp. 310-327.
- Cool, A. C. (2015). Aerial thermography in archaeological Prospection. Applications and processing. Fayetteville: Thèse- Master of Arts in Anthropology- University of Arkansas.



- • Crawford, O.-G.-S., & Keiller, A. (1928). *Wessex from the air*. Oxford University Press.
- • De Laet, V., & Lambers, K. (2009). Archaeological prospecting using high-resolution digital satellite imagery : recent advances and future prospects. *Computer applications and quantitative methods in archaeology (CAA)*, (pp. 9-17). Williamsburg (USA).
- Cutugno, Matteo, Umberto Robustelli, et Giovanni Pugliano. 2022. « Structure-from-Motion 3D Reconstruction of the Historical Overpass Ponte Della Cerra: A Comparison between MicMac® Open Source Software and Metashape® ». *Drones* 6 (9): 242. <https://doi.org/10.3390/drones6090242>
- • DGM, AB, & RM. (sd). *CloudCompare- Manuel d'utilisateur de la version 2.4*. [www.danielgm.net/cc](http://www.danielgm.net/cc).
- Doneus, M. (2013). Openness as Visualization Technique for Interpretative Mapping of Airborne Lidar Derived Digital Terrain Models. *Remote Sensing*, 5(12), 6427-6442. doi:10.3390/rs5126427
- Ducrot, D. (2005). *Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multisources. Extraction de caractéristiques dy paysage (HDR)*. Toulouse: Laboratoire CESBIO.
- Elliott, S., Bendrey, R., Whitlam, J., Rauf Aziz, K., & Evans, J. (2014). Preliminary ethnoarchaeological research on modern animal husbandry in Bestansur, Iraqi Kurdistan : integrating animal, plant and environmental data. *Environmental archaeology*, 283-303.
- Eppelbaum, L. (2009, Décembre). Near-surface temperature survey : An independant tool for delineation of buried archaeological targets. *Journal of Cultural Heritage*, 10(Supplément 1), 93-103.
- Evans, R., & Jones, R.-J.-A. (1977, 03 01). Crop marks and soils at two archaeological sites in Britain. *Journal of archaeological Science* , 4 (1), pp. 63-76.
- Jc Fardeau, José Martinez. *Épandages de lisiers : conséquences sur le phosphore biodisponible et sur la concentration de quelques cations dans la solution du sol*. *Agronomie*, EDP Sciences, 1996, 16 (3), pp.153-166. [hal-00885784](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00885784)
- Ferdière. A, Fourteau. A.M., *Gestion des archives du sol en milieu rural Expérience de prospection systématique à Lion-en-Beauce (Loiret)*, *Revue ArchéoScience*, Vol. 3, pp. 67-96
- Fernández Lozano, J., & Gutiérrez Alonso, G. (2016). Improving archaeological prospecting using localized UAVs assisted photogrammetry: An example from the Roman Gold District of the Eria River Valley (NW Spain). *Journal of archaeological science : Reports*, 509-520.



- Florez, M., Dousteysier, B., Vautier, F., Roussel, E., Toumazet, J.-P., Faure, M., et al. (2014). Archaeomorphological approaches and LIDAR data analysis to study a hidden mid-mountain cultural Landscape. The study case of Puy de Dôme (France). 3rd International landscape archaeology conference. Rome (Italie).
- Florez, M., Toumazet, J.-P., Roussel, E., Vautier, F., Dousteysier, B., Mohamed, A., & Rieutort, L. (2013). Restitution d'un paysage culturel de moyenne montagne dans la chaîne des Puys (Auvergne, France) : le projet LIDARCHEO. XIXe Colloque d'Archéométrie du Groupe des Méthodes Pluridisciplinaires Contribuant à l'Archéologie. Caen.
- Galop. D., (1998). LA FORÊT L'HOMME ET LE TROUPEAU DANS LES PYRÉNÉES. 6000 ANS D'HISTOIRE DE L'ENVIRONNEMENT ENTRE GARONNE ET MÉDITERRANÉE. GEODE, Laboratoire d'Ecologie Terrestre et FRAMESPA, Toulouse : 303
- Gasco. Jean, 2002, Structures de combustion et préparation des végétaux de la Préhistoire récente et de la Protohistoire en France méditerranéenne, Revue internationale d'anthropologie et de sciences humaines Civilisations, n° 49, pp. 285-309
- Gassia Casas, D. (2018). Arqueologia d'un territori d'alta montanya del Pirineu central. Persones, ramats i prats al llarg de la historia al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Mémoire de thèse). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Gassiot, E. ; Pélachs, A.; Bal, M. C, García, V.; Julià, R.; Pérez, R.; Rodríguez, D.; Astrou, A. Ch. (2010). Dynamiques des activités anthropiques sur un milieu montagnard dans les Pyrénées occidentales catalanes durant la Préhistoire: une approche multidisciplinaire. A: Tzortzis, S.; Delestre, X. (coord). Archéologie de la montagne européenne . Bibliothèque d'archéologie méditerranéenne et africaine, 4, pp. 33-43.
- Gassiot, E., Rodríguez-Antón, D., Burjachs, F., Antolín, F., & Ballesteros, A. (2012). Poblamiento explotación y entorno natural de los estados alpinos y subalpinos del Pirineo central durante la primera mitad del Holoceno. Revisata Cuaternario y Geomorfología, 26(3-4), 29-45.
- Gassiot, E., Rodríguez-Antón, D., Pélachs, A., Pérez Obiol, R., Julià, R., Bal, M. C., et al. (2013). La alta montaña durante la Prehistoria : 10 años de investigación en el Pirineo catalan occidental. Revista Prehistoria Alpina .
- Gassiot, Ermengol (dir.) et al. (2016) Arqueología del pastoralismo en el Parque Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Montañas humanizadas, Organismo Autónomo Parques Nacionales, ISBN: 978-2-9523824-5-8



- Gassiot, Ermengol, Ignacio Clemente-Conte, Niccolò Mazzucco, David Garcia Casas, Laura Obea Gómez, et David Antón. (2016) Surface Surveying in High Mountain Areas, Is It Possible? Some Methodological Considerations. *Quaternary International*, Elsevier, vol. 402, pp.35-45. <https://doi.org/10.1016/j.j.2015.09.103>.
- Gauthier, E, Pétrequin, P, Interprétations sociales des transferts de grandes lames polies en jades alpins dans l'Europe néolithique. *Analyses spatiales dans le cadre du programme ANR JADE2*, 2017, *Revue ArchéoSciences*, pp. 7-23
- Gavazzi, B., & Calou, P. (2016). Le géomagnétisme à la recherche des vestiges. Réseau documentaire Nordoc'Archéo.
- Georges-Leroy, M., Bock, J., Dambrine, E., & Dupouey, J.-L. (2011). Apport du lidar à la connaissance de l'histoire de l'occupation du sol en forêt de Haye. *Revue d'archéométrie*, 117-129.
- GIRARD, M.-C., & GIRARD, C. (s.d.). Cours introductif à la télédétection. Récupéré sur [https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/main/document/showinframes.php?cidReq=TELEDETECTION&&curdirpath=/cours\\_teledetection&file=/cours\\_teledetection/index.htm](https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/main/document/showinframes.php?cidReq=TELEDETECTION&&curdirpath=/cours_teledetection&file=/cours_teledetection/index.htm)
- González Álvarez, D., & Rodríguez Hernández, J. (2011). Arqueología en áreas de montaña. Ganadería, movimientos pastoriles y cultura material. *Actas de las II Jornadas de Jóvenes en Investigación Arqueológica (JIA 2009)*, tomo I, Publisher: Libros Pórtico, Editors: OrJIA, pp.121-122
- González Álvarez, D., Fernández Mier, M., & López Gómez, P. (2016). An Archaeological Approach to the Brañas: Summer farms in the pastures of the Cantabrian Mountains (northern Spain). in *Summer Farms Seasonal exploitation of the uplands from prehistory to the present*, Edition: 2016, éditeurs John Collis, Mark Pearce and Franco Nicolis, pp.203-219
- GAUTHIER M. 2022 : Approche ethnoarchéologique des pratiques d'estivage porcin, en Cize et en Soule, du Moyen Âge à l'époque contemporaine, Mémoire de master 1, sous la direction de HAUTEFEUILLE F. et RENDU C. Université Jean Jaurès, Toulouse
- Guédon, F. (2013). Prospection archéologique de deux sites de hauteur du luchonnais. *Revue de Comminges et des Pyrénées centrales*, 143-166.
- Guédon, F., (2006), Occupation du sol et peuplement en montagne des origines aux temps modernes : le Haut Lavedan, Université de Toulouse, Thèse de 3ème cycle
- Guillot, F. (2017). Rapport de sondages archéologiques (Soulcem- Auzat (09)) 2017. Pour une archéologie de la montagne.



- Charline Giguët-Covex, Florence Mocci, Kevin Walsh. Le pastoralisme dans les Alpes occidentales entre la Protohistoire et le Moyen âge : une évaluation des origines. Le développement de la grande transhumance à travers des analyses zooarchéologiques, isotopiques, et l'ADN ancien sédimentaire.. Table ronde Approches et méthodes clés pour l'analyse et l'opérationnalisation des trajectoires d'adaptation au changement climatique, Jun 2019, Le Monétier-les-Bains, France. [\[hal-03527686\]](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03527686)
- Harrault, L., Aronsson, K., Domene Lopez, G., Milek, K., & Anderson, D. (2017). Geoaarchaeological tools to contextualise ancient pastoral sites in Suollagavalda, northern Sweden. Humanor project meeting . University of Aberdeen (UK).
- Harris, C., & Stephens, M. (1988). A Combined Corner and Edge Detector. Alvey Vision Conference, (pp. 147-152). Manchester.
- HART, Pauline. Foyers et temporalités In : Biais, hiatus et absences en archéologie [en ligne]. Paris : Éditions de la Sorbonne, 2019 (généré le 01 décembre 2022). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/psorbonne/19002>>. ISBN : 9791035103224. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.psorbonne.19002>.
- Hesse, R. (2010). LiDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. *Archaeological prospection*, 67-72.
- Hinz Martin (2019), *Statistical methods for archaeological data analysis 1 : Basic methodes*. 11-Cluster analysis, Institut für Archäologische Wissenschaften, Universität Bern, 22.05.2019
- Hodson. F. R, *Cluster analysis and archaeology : some new developments and applications*, *World archaeology*, 1970, T. 1, n° 3, pp. 299-320
- Holliday, V., & Gartner, W. (2006). Methods of soil P analysis in archaeology. *Journal of archaeological Science*, 301-333.
- Jones, M.-U., Evison, V.-I., & Myres, J.-N.-L. (1968, 09). Crops-marks sites at mucking, Essex. *The antiquaries Journal* , pp. 210-230.
- Jonhsom, J., & Brian, H. (2006). A cost-benefit analysis of remote sensing application in cultural resource mangement archaeology. In J. Jonhsom, *Remote sensing in archaeology. An explicitly north american perspective* (pp. 33-77). University of Alabama press.
- Kokalj, Z., Zaksek, K., & Ostir, K. (2011). Application of sky-view factor for thevisualisation of historic landscapefeatures in lidar-derived relief models. *Antiquity*, 263-273.



- Lambers, K., & Zingman, I. (2012a). Am Boden, aus der Luft, aus dem All: Prospektion archäologischer Fundstellen in der Silvretta. Letzte Jäger, erste Hirten. Hochalpine Archäologie in der Silvretta, Edition: Archäologie in Graubünden – Sonderheft 1, Publisher: Südostschweiz Buchverlag, Editors: Thomas Reitmaier, pp.71-85
- Lambers, K., & Zingman, I. (2012b). Towards detection of archaeological objects in high-resolution remotely sensed images: the Silvretta case study. 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton, 26-30 March 2012, At Southampton, Volume: Earl, Graeme et al. eds. 2013. Archaeology in the digital era, volume II- e-papers <https://doi.org/10.13140/2.1.4614.9120>
- Lambers, K., & Zingman, I. (2013). Texture segmentation as a first step towards archaeological object detection in high-resolution satellite images of the Silvretta Alps. 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton- 26-30 Mars 2012. II, pp. 327-329. Vienne: Wolfgang et al edition.
- Lasaponara, R., & Masini, N. (2006). Identification of Archaeological Buried Remains. IEE Geoscience and Remote Sensing, 3(3), 325-328.
- Le Couédic, M., Rendu, C., Garcia Casas, D., Gassiot Ballbè, E., Calastrenc, C., Clemente, I., . . . Rodriguez, D. (2016). Comparer et modéliser les sites, les territoires et les systèmes pastoraux pyrénéens dans la diachronie: présentation et premiers résultats du projet collaboratif DEPART. Dans P. Debofle, & J.-C. Sanchez, Pays pyrénéens et environnement. Actes du 62e Congrès de la Fédération historique de Midi-Pyrénées, Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées), 12-13-14 juin 2015 : 150e anniversaire de la Société Ramond (1865-2015) dans le cadre des commémorations nationales (pp. 321-338).
- Mélanie Le Couédic. Les cayolars et leur environnement (Pays basque) : approche croisée entre histoire et archéologie. Actualité de la recherche sur le pastoralisme. Séminaire TERRAE, Sylvain Burri, Feb 2020, Toulouse, France. [hal-02950254](https://hal-02950254)
- Le Couédic, M., Champagne, A., Contamine, T., Coughlan, M., Gragson, T., & Haley, B. S. (2014). Rapport de prospection et sondages, Larrau, Pyrénées-Atlantiques. Campagne 2014 (Research Report) (p. 129). ITEM, EA 3002, Université de Pau et des Pays de l'Adour. Consulté à l'adresse <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01317581>
- Le Couédic, Mélanie. (2004). La montagne d'Enveitg (66) : mise en œuvre des données archéologiques, environnementales et planimétriques à l'aide d'un Système d'Information



géographique, université François-Rabelais de Tours, 2 vol.

- Le Couédic, Mélanie. (2010). Les pratiques pastorales d'altitude dans une perspective ethnoarchéologique. Cabanes, troupeaux et territoires pastoraux pyrénéens dans la longue durée. Phdthesis, Université François Rabelais- Tours.
- Leanardi, G., Miglavassa, M., & Nardi, S. (1999). Soil phosphorus analysis as an integrative tool for recognizing buried ancient ploughsoil. *Journal of archaeological science*, 343-352.
- Lowe, D. (1999). Object Recognition from Local Scale-Invariant Features. *Proceeding*, 2, p. 1150.
- Lunden, B. (1985). Aerial Thermography—A Remote Sensing Technique Applied to Detection of Buried Archaeological Remains at a Site in Dalecarlia, Sweden. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 67 (1-2), pp. 161-166.
- Manzanera, A. (2005). Cours de morphologie mathématique (ENSTA-LEI ParisTech). Retrieved from [http://perso.ensta-paristech.fr/~manzaner/Cours/IAD/TERI\\_MorphoMath.pdf](http://perso.ensta-paristech.fr/~manzaner/Cours/IAD/TERI_MorphoMath.pdf)
- Matloka, A., Karliński-Kociuba, J., Pilaczyński, L., Fejfer, M., Nowaczyk, S., & Siepak, J. (2015). An examination of the level of phosphorus in the soil as an indicator of human activity in prehistory at archaeological site no. 15a in Biskupin. *Ekologia i Technika*, 71-79.
- Mattingly, G., & Williams, R. (1962). A note on the chemical analysis of a buried since roman times. *European Journal of Soil Science*, 254-258.
- Clément Menbrivès, Christophe Petit, Elliott Michelle, Wassel Eddargach, Kai Fechner. Feux agricoles, des techniques méconnues des archéologues. L'apport de l'étude archéopédologique des résidus de combustion de Transinne (Belgique). *Soils as records of past and Present. From soil surveys to archaeological sites: research strategies for interpreting soil characteristics*, Judit Deák; Carole Ampe; Jari Hinsch Mikkelsen, Nov 2019, Bruges, Belgique. pp.121-139, [ff10.5281/zenodo.3420749](https://doi.org/10.5281/zenodo.3420749). [ffhalshs-02444363f](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2444363)
- Météosat seconde génération, U. P. (s.d.). Météosat Seconde Génération. (U. P. 1, Éd.) Paris. Récupéré sur <https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uvved/envcal/html/vegetation/index.html>
- Millett, M., Pasquinucci, M., & Tremont, F. (2000). The comparison of surface and stratified artifact assemblages. *Non-destructive techniques applied to landscape archaeology. The Archaeology of Mediterranean Landscapes*, 4, 216-222.
- Florence Mocci, Josep Maria Palet Martinez, Maxence Segard, Stéphane Tzortzis, Kevin Walsh. Peuplement, pastoralisme et modes d'exploitation de la moyenne et haute montagne depuis la



Préhistoire dans le Parc National des Écrins. Florence Verdin et Alain Bouet. Territoires et paysages de l'âge du Fer au Moyen Âge. Mélanges offerts à Philippe Leveau, Presses universitaires de Bordeaux, pp.197-212, 2005, Collection Ausonius. [halshs-00129518](#)

- Florence Mocci, Kevin Walsh, Brigitte Talon, Stéfan Tzortzis, Mona Court-Picon, et al.. Structures pastorales d'altitude et paléoenvironnement : Alpes méridionales françaises du Néolithique final à l'âge du Bronze. Jean-Pascal Jospin & Tassadite Favrie. Premiers bergers des Alpes : de la préhistoire à l'Antiquité, Infolio Editions, pp.92-101, 2008. [halshs-00409403](#)
- Florence Mocci, Claudia Defrasne, Vincent Dumas, Stéphane Renault, Stefan Tzortis, et al.. Rapport Final d'Opération dans le Parc National des Écrins et en périphérie (Hautes-Alpes). Prospections pédestres thématiques et relevés de terrain dans les massifs du Pinier (Freissinières) et de l'Eychauda (Pelvoux), secteur Argentiérais/Vallouise (alt. 2350- 2800 m.). [Rapport de recherche] Centre Camille Jullian; Service Régional de l'Archéologie Provence-Alpes-Côte-d'Azur. 2010. [hal-01440781](#)
- Moyes, H., & Montgomery, S. (2016). Mapping ritual landscapes using Lidar. Cave detection through Local Relief Modelling. *Advances in Archaeological Practice*, 249-267.
- Novak, D. (2014). Local Relief Model (LRM) Toolbox for ArcGis. Prague: Insitute of Archaeology Czech Academy of Science.
- Orengo Hector, [Arqueología de un paisaje cultural pirenaico de alta montaña. Dinámicas de ocupación del valle del madriu-perafita-claror \(andorra\)](#), 2010, Thèse, Tarragona: Universitat Rovira i Virgili. Institut català d'arqueologia clàssica
- Opitz, R. (2016). Airborne Laserscanning in Archaeology: Maturing. Dans M. Forte, & S. Campana, *Digital Methods and Remote Sensing in Archaeology. Archaeology in the Age of Sensing*. Springer.
- Opiz, R. S., & Cowley, D. C. (2013). *Interpreting archaeological topography*. Oxbow Books.
- Orengo, H, Garcia\_Molsosa, 2019, A brave new world for archaeological survey: Automated machine learning-based potsherd detection using high-resolution drone imagery, *Journal of archaeological science*, Vol. 112, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.105013>
- Over, Jin-Si R., Andrew C. Ritchie, Christine J. Kranenburg, Jenna A. Brown, Daniel D. Buscombe, Tom Noble, Christopher R. Sherwood, Jonathan A. Warrick, et Phillipe A. Wernette. 2021. « Processing Coastal Imagery with Agisoft Metashape Professional Edition, Version 1.6—Structure from Motion Workflow Documentation ». 2021-1039. Open-File Report. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/ofr20211039>.



- • Josep Maria Palet, Arnau García, Héctor A Orenge, Tania Polonio, [Ocupacions ramaderes altimontanes a les capçaleres del Ter \(Vall de Núria i Coma de Vaca, Queralbs\): resultats de les intervencions arqueològiques 2010-2015](#), 2016, Tretzenes Jornades d'Arqueologia de les comarques de Girona (Banyoles, del 10 al 11 de juny 2016). Banyoles: Generalitat de Catalunya, pp. 67-75
- Pierrot-Deseilligny, M., & Clery, I. (2011). Evolution récentes en photogrammétrie et modélisation 3D par photo des milieux naturels. Collection EDYTEM , 12, pp. 51-64.
- Poidebard, A. (1934). La trace de Rome dans le désert de Syrie. Le limes de Trajan à la conquête arabe. Recherches aériennes (1925-1932) (Vol. XVIII). Bibliothèque arch, et hist, du Service des Antiquités de Syrie.
- Nicolas Poirier, « Tracé LGV – REPÉRAGE (Recherches sur les Espaces, le Peuplement et les Réseaux Anciens de la Garonne) » [notice archéologique], *ADLFI. Archéologie de la France - Informations* [En ligne], Occitanie, mis en ligne le 28 janvier 2021, consulté le 14 décembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/adlfi/53422>
- Poirier N, Hautefeuille F, Calastrenc. C, (2013), Low Altitude Thermal Survey by Means of an Automated Unmanned Aerial Vehicle for the Detection of Archaeological Buried Structures. *Archaeological Prospection*, Wiley, 20 (4), pp.303-307
- Poirier N, Hautefeuille F, Calastrenc. C, (2017), L'utilisation des microdrone pour la prospection archéologique à basse altitude, *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, Vol. 2013, p. 81-94
- Poirier, N. (2010). Un espace rural à la loupe : paysage, peuplement et territoires en Berry de la Préhistoire à nos jours : Perspectives historiques. Tours : Presses Universitaires François-Rabelais.
- Poirier, N. (2012). Thermographie aéroportée. Récupéré sur Archéodrone: <https://blogs.univ-tlse2.fr/archeodrone/thermographie-aeroportee/>
- Poirier, N. (2016). Géophysique. Retrieved 09 19, 2018, from Reperage: <https://sites.google.com/view/reperage/g%C3%A9ophysique?authuser=0>
- Poirier, N. (2016). Prospection aérothermique. Retrieved 09 19, 2012, from Repérage- Recherches sur les Espaces, le PEuplement et les Réseaux Anciens de la GaronnE: <https://sites.google.com/view/reperage/prospection-a%C3%A9rothermique?authuser=0>
- Poirier, N. (2018). Les défis d'une approche multisources des dynamiques d'occupation du sol :



l'exemple de la vallée de la Garonne. Archéologie, Histoire et Analyse spatiale. Dialogue interdisciplinaire sur la question des SIG archéologiques et historiques, (p. s/n). Lille.

- Poirier, N., & Hautefeuille, F. (2017). REPERAGE- Recherches sur le Peuplement, les Espaces et les Réseaux Anciens de la Garonne. Toulouse.
- Poirier, N., Calastrenc, C., & Hautefeuille, F. (2016, Octobre 01). Archeodrone. Drones for archaeological survey. Toulouse, France.
- Poirier, Nicolas, et Florent Hautefeuille. (2014) REPERAGE- Recherches sur le Peuplement, les Espaces et les Réseaux Anciens de la Garonne. Research Report. UMR 5608 TRACES ; DRAC Midi-Pyrénées, décembre 2014. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01420799>.
- Poirier, Nicolas, et Florent Hautefeuille. (2015) REPERAGE- Recherches sur le Peuplement, les Espaces et les Réseaux Anciens de la Garonne. Research Report. UMR 5608 TRACES ; DRAC Midi-Pyrénées, décembre 2015. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01420788>.
- Poirier, Nicolas, et Florent Hautefeuille. (2016) REPERAGE- Recherches sur le Peuplement, les Espaces et les Réseaux Anciens de la Garonne. Research Report. UMR 5608 TRACES ; DRAC Midi-Pyrénées, décembre 2016. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01420797>.
- Poirier, N, Du temps long au temps court : modéliser l'évolution spatiale de l'exploitation du sol, 2006, Colloque : Interactions natures-Société (Poster)
- Power, J. P., & Bruce M. S. Campbell. (1992). Cluster Analysis and the Classification of Medieval Demesne-Farming Systems. Transactions of the Institute of British Geographers, 17(2), 227–245. <https://doi.org/10.2307/622548>
- Prevost-Dermarkar Sandra, Les foyers et les fours domestiques en Egée au Néolithique et à l'Âge du Bronze, Revue internationale d'anthropologie et de sciences humaines Civilisations, n° 49, pp. 223-237
- R.-P., P. (1937). La trace de Rome dans le désert de Syrie. Organisation du limes [. Mélanges de l'école française de Rome , 5-24.
- Reitmaier, T. &.-N. (2013). Alpine Archäologie in der Silvretta. Archäologie Schweiz , 36, pp. 4-15.
- Reitmaier, T. (2010). Auf der Hut — Methodische Überlegungen zur prähistorischen Alpwirtschaft in der Schweiz. ANISA. Verein für alpine Forschung , pp. 219-239.
- Reitmaier, T. L. (2013). Silvretyta Historica : Satellite-assisted Archaeological Survey in an Alpine



Environment. 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Granada, Spain, April 2010, (pp. 543-546). Granada (Espagne).

- Rendu, C. (2021, Novembre 15). La fabrique des espaces d'altitude. Un parcours pyrénéen entre pastoralisme et agriculture. Habilitation à Diriger des Recherches. Vol. 1 et 2, Paris.
- Rendu C, Calastrenc C, Le Couédic M, Galop D, Rius D, et al., (2013), Montagnes et campagnes d'Oloron dans la longue durée. Premiers résultats d'un programme interdisciplinaire. Aquitania, Pessac : Fédération Aquitania
- Rendu C. (coord.), Bal, M.-C., Bille E, Calastrenc C, Campmajo P, Crabol D, Harfouche R, Le Couédic M, Parent G, Poupet, Ruas M-P (2005) Rapport de PCR, PCR Cerdagne. Estivage et structuration sociale d'un espace montagnard, rapport 2005, SRA Languedoc-Roussillon, 129 p.
- Rendu C., Passarius S O., Calastrenc C., Julia R., Llubes M., Illes P., Campmajo P., Jordy C., Crabol D., Bille E., Conesa M., Bbousquet D., Lallemand V. (2015). Reconstructing past terrace fields in the Pyrenees insights into land management and settlement from the Bronze Age to the Early Modern era at Vilalta (1650 masl, Cerdagne, France), JOURNAL OF FIELD ARCHAEOLOGY, p. 1-20
- Rendu Ch., Campmajo P., Crabol D. (2012), Etagement, saisonnalité et exploitation des ressources agro-pastorales en montagne à l'âge du bronze. Une possible « ferme d'altitude » à Enveig (Pyrénées-Orientales), Bulletin de l'Association pour la Recherche sur l'Âge du Bronze, p.58-61
- Rendu, C. (2000). Fouiller des cabanes de berger pourquoi faire ? Etudes rurales , 151-176.
- Rendu, C. (2002). Pistes et propositions pour une archéologie de l'estivage à partir d'une expérience dans les Pyrénées de l'Est : Dossier spécial sur Les Habitats et systèmes pastoraux d'altitude (Pyrénées, Alpes, Massif Central). L'occupation de la haute montagne, première. Table ronde de Lattes (pp. 147-157). Lattes: Archéologie du Midi Médiéval.
- Rendu, C. (2003). La montagne d'Enveig. Une estive pyrénéenne dans la longue durée. Perpignan: Trabucaire.
- Rendu, C. (2003). Pour faire le portait d'une montagne. Ombres et lumières autour d'Enveig (Cerdagne, Pyrénées-Orientales). Etudes rurales , 11-30.
- Rendu, C., Bille, E., Conesa, M., Campmajo, P., & Crabol, D. (2009). Margins and centers in the shaping of the Pyrenean slopes. Medieval dynamics within the long-term perspective. In J. Klapste, & P. Sommer, Medieval rural settlement in marginal landscape. Ruralia VII (pp. 235-251). Cardiff: Brepols.
- Rendu, C., Calastrenc, C., & Le Couédic, M. (2006). Archéologie pastorale en vallée d'Ossau,



rapport final d'opération, campagne 2006, sondages et prospections.

- Rendu, C., Calastrenc, C., Le Couédic, M., & Berdoy, A. (2016). Estives d'Ossau. 7000 ans de pastoralisme dans les Pyrénées. Toulouse: Pas d'Oiseau.
- Rendu, C., Campmajo, P., & Crabol, D. (2012). Etagement, saisonnalité et exploitation des ressources agro-pastorales en montagne à l'âge du bronze. Une possible " ferme d'altitude " à Enveig (Pyrénées-Orientales). Bulletin de l'Association pour la promotion des recherches sur l'âge du Bronze , 58-61.
- Rendu, C., Campmajo, P., Davasse, B., & Galop, D. (1995). Habitat, environnement et systèmes pastoraux en montagne : acquis et perspectives de recherches à partir de l'étude du territoire d'Enveig. X Colloqui internacional d'arqueologia de Puigcerda, (pp. 661-675). Puigcerda et Osseja.
- Christine Rendu, Pierre Campmajo. Bergers et troupeaux de Cerdagne : Pastors i ramats de Cerdanya. Musée de Cerdagne, 75 p., 1995. [halshs-00963438](https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00963438)
- Roman, A., Ursu, T.-M., Lăzărescu, V.-A., Opreanu, C. H., & Fărcaș, S. (2017). Visualization techniques for an airborne laser scanning-derived digital terrain model in forested steep terrain: Detecting archaeological remains in the subsurface. *Geoarchaeology*, 549-562.
- Saint Joseph, K. (1966). The uses of air photography. Londres: John Baker.
- Saint-Sever, G., Remicourt, M., & Soula, F. (2016). Fouille Archéologique de la Haille de Pout, Cirque de Troumouse, Gèdre (Hautes-Pyrénées), Rapport de fouille programmée.
- Saligny, L. (2003). Ecole thématique. Système d'information à référence spatiale et archéologie-Tours- 8-13 septembre 2003. Tours.
- Sappington, J., & Thompson, D. (2007). Quantification de la robustesse du paysage pour l'analyse de l'habitat animal: une étude de cas utilisant le mouflon d'Amérique dans le désert de Mojave. *Journal of Wildlife Management* , 1419-1426.
- Selskien', A., Simnikyt'-Strimaitien', A., Vaišien', J., Paktas, V., Karpavien', V., & Giraitis, R. (2017). Phosphorus in archaeological soil: comparison of. *chemija*, 28(3), 160-171. RĖcupĖrĖ sur [https://www.researchgate.net/profile/Andra\\_Simniskyte/publication/320330605\\_Phosphorus\\_in\\_archaeological\\_soil\\_Comparison\\_of\\_different\\_extraction\\_methods/links/59de1e330f7e9bec3bae15a4/Phosphorus-in-archaeological-soil-Comparison-of-different-extraction-me](https://www.researchgate.net/profile/Andra_Simniskyte/publication/320330605_Phosphorus_in_archaeological_soil_Comparison_of_different_extraction_methods/links/59de1e330f7e9bec3bae15a4/Phosphorus-in-archaeological-soil-Comparison-of-different-extraction-me)
- SEOS Project, T. e. (s/d). SEOS Project Télédétection et SIG en agriculture. Récupéré sur <http://>



[www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c01-s02.fr.html](http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c01-s02.fr.html)

- Sparfel, L., Gourmelon, F., & Le Berre, I. (2008). Approche orientée-objet de l'occupation des sols en zone côtière. *Revue de télédétection*, 237-356.
- Stular, B., Kokalj, Z., Ostir, K., & Nuninger, L. (2012). Visualization of lidar-derived relief models for detection of archaeological features. *Journal of Archaeological Science*, 3354-3360.
- Tabbagh, A. (1977). II-Prospections thermiques et électriques- Habitat néolithique de fond de vallée alluviale à Noyen-sur-Seine (Seine-et-Marne). *Gallia Préhistoire*, 271-280.
- Tarini, M., Cignoni, P., & Scopigno, R. (2003). Visibility based methods and assessment for detail-recovery. *IEEE Computer Society- VIS '03 Proceedings of the 14th IEEE Visualization 2003*, (p. 60). Washington DC.
- Terry, R., Nelson, S., Carr, J., Parnell, J., Hardin, P., Jackson, M., S. (2000). Quantitative phosphorus measurement: A field test procedure for archaeological site analysis at Piedras Negras, Guatemala. *Geoarchaeology*.
- Thirion-Merle, V. (2014). Spectrométrie de fluorescence X. In *Circulation et provenance des matériaux dans les sociétés anciennes*. Collection Sciences Archéologiques. Editions des archives contemporaines. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01393984>.
- Tisseyre, B. (2014). La télédétection appliquée à la viticulture. Principe et état de lieux. Récupéré sur [https://www.agrotic.org/blog/wp-content/uploads/2014/06/3\\_t%C3%A9l%C3%A9d%C3%A9tection\\_appliqu%C3%A9e\\_viticulture.pdf](https://www.agrotic.org/blog/wp-content/uploads/2014/06/3_t%C3%A9l%C3%A9d%C3%A9tection_appliqu%C3%A9e_viticulture.pdf)
- Toumazet, J.-P., Vautier, F., Roussel, E., Rassat, G., & Doustreysier, B. (2016). Automatic detection of archaeological structures in LiDAR data : a first approach. *Training and research on the archaeological interpretation of LiDAR 2016*.
- Trachet, J., Poulain, M., Delefortie, S., Van Meirvenne, M., & De Clercq, W. (2017). Making a Mountain Out of a Molehill? A Low-Cost and Time-Efficient Molehill Survey of the Lost Medieval Harbor Site of Monnikerede, Belgium. *Journal of Field Archaeology*, 42(6).
- Trément, F. (2011). La prospection au sol systématique. *Les Arvernes et leurs voisins du Massif Central à l'époque romaine. Une archéologie du développement des territoires*, 1, 51-96.
- Stephan Tzortzis, Florence Mocci, Kevin Walsh, Claudia Defrasne, Brigitte Talon, et al.. L'occupation préhistorique et protohistorique de la montagne et de l'abri Faravel dans le parc national des Écrins (Hautes-Alpes, France). Pierre Bintz; Christophe Griggo; Lucie Martin; Régis Picavet. *L'Homme*



dans les Alpes, de la pierre au métal, Presses universitaires Savoie Mont Blanc; Laboratoire EDYTEM, 2019, 978-2-919732-87-6. [halshs-01767885](https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01767885)

- Walsh, K., & Mocci, F. (2011). Mobility in the Mountains: Late Third and Second Millennia Alpine Societies' Engagements with the High-Altitude Zones in the Southern French Alps. *European Journal of Archaeology*, 14(1-2), 88-115. doi:10.1179/146195711798369427
- Walsh, K. J., Court-Picon, M., Mocci, F., Segard, M., & Palet-Martinez, J. M. (2007). Occupation de la montagne et transformation des milieux dans les Alpes méridionales au cours de l'Âge du Bronze: approche croisée des données palynologiques et archéologiques en Champsaur et Argentiérois (Hautes-Alpes, France). In C. Mordant, & M. Magny (Eds.), *Environnements et cultures à l'Âge du Bronze en Europe occidentale* (pp. 89-106)
- Wells, J. (2011). Kite aerial thermography. *Soc. Archaeol. Prospect. News*, 29, pp. 9-10.
- Wilson, A., Davidson, D., & Cresser, M. (2008). Multi-element soil analysis: an assessment of its potential as an aid to archaeological interpretation. *Journal of archaeological Science*, 412-424.
- Wooster, M., Roberts, G., Smith, A., Johnston, J., Freeborn, P., Amici, S., & Hudak, A. (2013). Thermal Remote Sensing of Active Vegetation Fires and Biomass Burning Events. Dans C. Kuenzer, S. Dech, & Springer (Éd.), *Thermal Infrared Remote Sensing* (Vol. 17, pp. 347-3900).
- Zadora-Rio, E. Archéologie d'un espace rural : la genèse du parcellaire de la commune de Blou (Maine-et-Loire), *Revue Géographique de l'Est*, 1986, Vol. 26, T.3-4, pp. 155-166
- Zaksek, K., Ostir, K., & Kokalj, Z. (2011). Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique . *Remote Sensing*, 389-415.
- Zingman, I., Saupe, D., & Lambers, K. (2012). Morphological operators for segmentation of high contrast textured regions in remotely sensed imagery. *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Munich, Germany, 22-27 July 2012, Volume: 2012, pp. 3451-3454 <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2012.6350678>
- Zingman, I., Saupe, D., & Lambers, K. (2013a). Automated search for livestock enclosures of rectangular shape in remotely sensed imagery (Vol. 8892). *Image and Signal Processing for Remote Sensing XIX*, Dresden, Germany <https://doi.org/10.1117/12.2027704>
- Zingman, I., Saupe, D., & Lambers, K. (2013b). Detection of Texture and Isolated Features Using Alternating Morphological Filters. 11th International Symposium, ISMM 2013, Uppsala, Sweden, May 27-29, 2013, pp. 440-451, Volume: *Mathematical Morphology and Its Applications to Signal and Image*



Processing,[https://doi.org/10.1007/978-3-642-38294-9\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-642-38294-9_37)

- Zingman, I., Saupe, D., & Lambers, K. (2014). A morphological approach for distinguishing texture and individual features in image. *Pattern Recognition Letters* vol. 47. pp. 129-138 <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2014.03.019>
- Zingman, I., Saupe, D., & Lambers, K. (2015). Detection of incomplete enclosures of rectangular shape in remotely sensed images. *EARTHVISION 2015 IEEE/ISPRS Workshop "Looking from above: When Earth observation meets vision"*, Boston, pp. 86-96 <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2015.7301387>
- Zingman, I., Saupe, D., A. B. Penatti, O., & Lambers, K. (2016). Detection of Fragmented Rectangular Enclosures in Very High Resolution Remote Sensing Images (Vol. 54). *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 54(8):pp. 4580-4593 <https://doi.org/10.1109/TGRS.2016.2545919>





## Liste des figures

Fig 1 - Localisation des différents programmes de recherche en archéologie pastorale dans les Pyrénées (© Infographie C. Calastrenc)	21
Fig. 2 - Au-dessus - Localisation des programmes de recherche en archéologie pastorale dans les montagnes du sud de l'Europe (© Infographie C. Calastrenc) ; au-dessous - Tableau récapitulatif des opérations d'archéologie pastorale	22
Fig. 3 - Relevé archéologique - Estive d'Anéou - 2006 (© M. Le-Couédic)	23
Fig. 4 - Relevé au DGPS - Estive d'Anéou - 2006 (© C. Calastrenc)	24
Fig. 5 - Comparaison entre les résultats d'une photo-interprétation et par prospection pédestre (Rendu et al, 2016, p. 63)	26
Fig. 6 - Relevé drone multispectral - 2023 (© J.-P. Calastrenc)	28
Fig. 7- Mise en place - Relevé géoradar - 2022 (© C. Calastrenc)	29
Fig. 8 - Relevé XRF - Enveitg - Pyrénées-Orientales - 2019 (© Néomie Luault)	31
Fig. 9 - Tableau synthétique de présentation des 6 zones ateliers du programme TAHMM	32
Fig. 9 - Plaa de l'Orri - Enveitg (Pyrénées-Orientales) - 2018 (© Nicolas Poirier)	33
Fig. 10 - Collet de la Mula - Enveitg (Pyrénées-Orientales) - 2023 (© Carine Calastrenc)	33
Fig. 11 - Estive d'Anéou - Laruns (Pyrénées-Atlantiques) - 2007 (© Carine Calastrenc)	34
Fig. 12 - Secteur d'Avays - Aulon - Réserve Naturelle d'Aulon) - 2020 (© Carine Calastrenc)	35
Fig. 13 - Secteur de l'Auloueilh- Aulon - Réserve Naturelle d'Aulon) - 2020 (© Marvyn Bigot)	35
Fig. 14 - Secteur de Nekexare (Lecumberry) - 2023 (© C. Calastrenc)	36
Fig. 15 - Secteur de L'Artigue (Castillon-de-Larboust) - 2023 (© J.-P. Calastrenc)	37
Fig. 16 - Secteur de Montarrouyes (Vielle-Aure) - 2023 (© Carine Calastrenc)	38
Fig. 19 - Cartographie du « marathon archéologique » organisé dans le cadre du programme TAHMM 2023	43
Fig. 16 - Ci-dessus - Hélicoptage dans la Réserve Naturelle d'Aulon (© C. Calastrenc) ; ci-dessous, transport du matériel sur le secteur de Montarrouyes (© C. Calastrenc)	44



- Fig. 17 - Acquisition drone - Enveitg - Secteur du Collet de la Mula (© Christine Rendu) 46
- Fig. 18 - Campement d'altitude - Collet de la Mula (Enveitg - Pyrénées-Orientales) (© à gauche : C. Calastrenc ; à droite : C. Rendu) 47
- Fig. 19 - Campement d'altitude - Collet de la Mula (Enveitg - Pyrénées-Orientales) (© en haut à gauche : J.-P. Calastrenc ; en haut à droite : C. Calastrenc ; en bas de droite à gauche : C. Calastrenc) 48
- Fig. 20 - Acquisition géoradar - Enveitg - Secteur du Collet de la Mula (© Jean-Pierre Calastrenc) 49
- Fig. 20 - Tableau présentant les différentes méthodes mises en œuvre dans le cadre du programme TAHMM depuis 2018 52
- Fig. 22 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite) 57
- Fig. 24 - Position des points de référence et valeurs des erreurs avant et après la phase d'optimisation. « Nuage de point » correspond aux erreurs de reprojection sur les images tandis que « Erreur totale » décrit les erreurs des positionnements des points de repères exprimées en mètre et en pixel. 59
- Fig. 26 - Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées) 61
- Fig. 25 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et le résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite) 61
- Fig. 27 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et le résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite) 62
- Fig. 28 - Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées). Les points entourés sont ceux des cibles utilisées pour la photogrammétrie 63
- Fig. 30 - Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées). Les points entourés sont ceux des cibles utilisées pour la photogrammétrie 64
- Fig. 29 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et le résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite) 64
- Fig. 32 - Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées). 65
- Fig. 31 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les stations de références de l'IGN proches (à gauche) et le résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite) 65
- Fig. 33 - Résultats des traitements des lignes de base entre le GPS « Base » et les



stations de références de l'IGN proches (à gauche) et le résultat de l'ajustement des erreurs en X, Y et Z (à droite)	67
Fig. 34 - Résultats des traitements des lignes de base entre les 17 points du GPS « Mobile » et le GPS « Base » dont les coordonnées ont été ajustées).	67
Fig. 35 - Comparaison des structures inventoriées par la prospection pédestre et le Lidar HD de l'IGN sur la montagne d'Enveitg (Pyrénées-Orientales)	68
Fig. 36 - Comparaison des structures inventoriées par la prospection pédestre et le Lidar HD de l'IGN sur l'estive d'Anéou (Pyrénées-Atlantiques)	69
Fig. 37 - Paysage - Montagne d'Enveitg (Pyrénées-Orientales) (© Carine Calstrenc)	70
Fig. 38 - Paysage - Estive d'Anéou (Pyrénées-Atlantiques) (© Carine Calstrenc)	71
Fig. 39 - Comparaison entre la prospection pédestre et l'analyse des données lidar HD de l'IGN - Montagne d'Enveitg (Pyrénées-Orientales)	72
Fig. 40 - Comparaison entre la prospection pédestre et l'analyse des données lidar HD de l'IGN - Estive d'Anéou (Pyrénées-Atlantiques)	73
Fig. 41 - Brebis - Replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon - Hautes-Pyrénées) © Carine Calastrenc	74
Fig. 42 - Différence entre l'image visible (à droite) et l'image thermique (à gauche). Le cadre rouge représente le cadrage de l'image thermique sur l'image visible.	75
Fig. 43 - Localisation des structures archéologiques inventoriées sur le replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon)	77
Fig. 44 - Localisation des relevés 2023 effectués sur le replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon)	78
Fig. 46 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 1 (Réserve Naturelle d'Aulon)	79
Fig. 45 - Localisation des structures et de la Zone 1 géoradar (Réserve Naturelle d'Aulon)	79
Fig. 47 - Présentation des 9 coupes géoradar - Zone 1	81
Fig.48 - Localisation des Zone 2, 3 et 4 couvertes par un relevé au géoradar	81
Fig. 49 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 2 (Réserve Naturelle d'Aulon)	82
Fig. 50 - Acquisition au géoradar - Zone 3 (Réserve Naturelle d'Aulon)	82
Fig.. 51 - Présentation des 7 coupes géoradar faite dans la Zone 2	83
Fig. 53 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 4 (Réserve Naturelle d'Aulon)	84
Fig. 52 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 3 (Réserve Naturelle	



d'Aulon)	84
Fig. 54 - Présentation des 8 coupes géoradar - Zone 3 (Réserve Naturelle d'Aulon)	85
Fig. 55 - Présentation des 7 coupes géoradar - Zone 4 (Réserve Naturelle d'Aulon)	86
Fig. 56 - Présentation des coupes géoradar - Zone 2, 3 et 4 (Réserve Naturelle d'Aulon)	87
Fig. 57 - Localisation des zones 1 et 2 d'acquisition thermographique par drone (Réserve Naturelle d'Aulon)	88
Fig. 58 - Image thermique - Zone 1 (Réserve Naturelle d'Aulon)	89
Fig. 59 - Image thermique - Zone 2 (Réserve Naturelle d'Aulon)	90
Fig. 60 - Exemple de murs en élévation sur l'image thermique - Zone2 (Réserve Naturelle d'Aulon)	91
Fig. 61 - Exemple d'une anomalie thermique - Zone2 (Réserve Naturelle d'Aulon)	91
Fig. 62 - Tentative de carottage sédimentaire (© C. Calastrenc) (Réserve Naturelle d'Aulon)	91
Fig. 63 - Ci-dessus, location des structures identifiées lors des prospections 2023 du secteur de Montarrouyes (Vielle-Aure - hautes-Pyrénées).	94
Fig. 64 location des structures classées suivant leur identification fonctionnelle	94
Fig. 65 - Présentation des structures inventoriées d'après leurs degrés d'arasement	95
Fig. 66 - Résultat du relevé magnétométrique réalisé sur le secteur de Montarrouyes - 2023 (Le dégradé de couleur représente les mesures en nT/m -	96
Fig. 67 - Structure 45. Ci contre, orthophotographie réaalisée par photogrammétrie (Metashape) et ci-dessous, profil établi avec le logiciel QGis	97
Fig. 68 - Structure 46. Ci contre, orthophotographie fait par photogrammétrie (Metashape) et ci-dessous profil établi avec le logiciel QGis	98
Fig. 69 - Structure 47. Ci dessus, orthophotographie faite par photogrammétrie (Metashape) et ci-contre, profil établi avec le logiciel QGis	99
Fig. 70 - Structures 47 et 48. Association de l'orthophotographie et d'un ombrage permettant une observation en « pseudo » 3D de ces structures archéologiques	100
Fig. 71 - Structures 48. Profil (établi avec Qgis)	100
Fig. 72 - Structures 48. Orthophotographie réalisée par photogrammétrie (établie avec Metashape)	101
Fig. 73 - Structures 49. Ci-dessous, cumul de l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie et de l'ombrage	101



Fig. 74 - Structures 47 et 48. Ci dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape) et profil établi avec le logiciel QGis	102
Fig. 75 - Structures 49. Ci contre; orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape) et profil établi avec le logiciel QGis	102
Fig. 76 - Structures 49. Schéma des « cabanes de terre » décrite par Jean Blanc (Blanc et Rouzaud, 1994 - © infographie C. Calastrenc))	103
Fig. 77 - Photographie de R. Comparé en Haut Aragon (Fototeca de Huesca)	103
Fig. 78 - Photographie de Fransc Blasi Vallespiosa Arxiu Fotografic del Centre Excursionista de Catalunya	103
Fig. 79 - Structures 50 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie superposée à un ombrage)	104
Fig. 80 - Structures 51. Ci-contre, l'orthophotographie et ci-dessous le profil	104
Fig. 81 - Structures 52. Ci-contre, l'orthophotographie et ci-dessous le profil	105
Fig. 83 - Structures 54. A gauche, l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie. A droite, résultat du calcul de pente (Slope) réalisé avec le logiciel RVT sur le MNT réalisé par photogrammétrie.	106
Fig. 82 - Structures 53. Ci-dessus, à gauche le calcul « Local Dominance réalisé avec le logiciel RVT ; à droite, association de l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie et d'un ombrage. Ci-dessous le profil	106
Fig. 84 - Structures 54. Ci-dessus, profil réalisé d'après le MNT	107
Fig. 85 - Structures 54. 1. Ombrage réalisé à partir du MNT ; 2. Orthophotographie réalisée par photogrammétrie, 3. Profil réalisé à partir du MNT	107
Fig. 86 - Structures 56. Ci-contre, l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie ; au-dessus, le profit.	108
Fig. 87 - Structures 57. Ci-dessus, l'orthophotographie et les deux profils extraits de la photogrammétrie	109
Fig. 88 - Structures 58. Ci-dessus, l'orthophotographie issue de photogrammétrie	110
Fig. 89 - Structures 59. Profit établi à partir du MNT produit par photogrammétrie	110
Fig. 90 - Structures 59. Localisation de la structure sur l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	111
Fig. 91 - Profil altimétrique du secteur de L'Artigue (Castillon-de-Larboust - Haute-Garonne)	113
Fig. 92 - Localisation des structures et de la zone couverte au magnétomètre en 2023 sur le secteur de l'Artigue (Castillon-de-LarboustHaute-Garonne)	114
Fig. 93- Localisation des structures classées par catégorie fonctionnelle (Castillon-de-LarboustHaute-Garonne)	114



Fig. 94 - Structure n° 60 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : orthophotographie et profil	115
Fig. 96 - Structure n° 61 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : Ci-contre, orthophotographie faite par photogrammétrie ; ci-dessous profil	116
Fig. 95 - Localisation de l'accès à la structure n° 60 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne)	116
Fig. 97 - Structure n° 62 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : orthophotographie faite par photogrammétrie et profil	117
Fig. 98 - Structure n° 63 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : orthophotographie faite par photogrammétrie et profil	118
Fig. 99 - Structure n° 64 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : orthophotographie faite par photogrammétrie et profil	118
Fig. 100 - Structure n° 65 (Castillon-de-Larboust, Haute-Garonne) : orthophotographie faite par photogrammétrie et profil	119
Fig. 100 - Inventaire archéologique réalisé par Christine Rendu et l'équipe du GRHAC entre 1985 et 2003 (Enveitg, Pyrénées-Orientales) : orthophotographie faite par photogrammétrie	121
Fig. 102 - Localisation des zones d'acquisition géophysique (Enveitg, Pyrénées-Orientales)	122
Fig. 103 - Inventaire archéologique réalisé en 2023 dans le cadre du programme TAHMM (Enveitg, Pyrénées-Orientales) : orthophotographie faite par photogrammétrie	123
Fig. 104 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone « G » 1 (Enveitg)	124
Fig. 105 - Présentation des 6 coupes géoradar - Zone « G » 1 (Enveitg)	125
Fig. 106 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone « G »v2 (Enveitg)	125
Fig. 107 - Présentation des 6 coupes géoradar - Zone 2 (Enveitg)	126
Fig. 108 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 3 (Enveitg)	127
Fig. 109 - « Anomalie » entre 10 et 30 cm de profondeur - Zone 3 (Enveitg)	127
Fig. 110 - Présentation des 6 coupes géoradar - Zone 3 (Enveitg)	128
Fig. 111 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 4 (Enveitg)	129
Fig. 114 - Sens d'acquisition du relevé au géoradar - Zone 5 (Enveitg)	130
Fig. 113 - Acquisition du relevé au géoradar - Zone « G » 2 (Enveitg) (© Jean Pierre Calastrenc)	130
Fig. 112 - Présentation des 6 coupes géoradar - Zone 4 (Enveitg)	130
Fig.. 115 - Présentation des 6 coupes géoradar - Zone 5 (Enveitg)	131



Fig. 116 - Relevé au magnétomètre - zone M1 et 2	132
Fig. 117 - Relevé au magnétomètre - zone M 3	133
Fig. 118 - Acquisition magnétomètre - zone3 (Enveitg)	133
Fig. 119 - Relevé au magnétomètre - zone M 4	134
Fig. 120 - Localisation du carottage sédimentaire effectué au Collet de la Mula (Enveitg)	135
Fig. 122 - Structure n° 1 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie	136
Fig. 121 - Profils - Structure n° 1 (Collet de la Mula - Enveitg)	136
Fig. 123 - Structure n° 2 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie	137
Fig. 124 - Structure n° 3 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie	137
Fig. 126 - Structures n° 4, 5 et 6 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie	138
Fig. 127 - Structure n°7 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie	138
Fig. 128 - Structure n°8 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, un profil	139
Fig. 129 - Structure n°9 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	139
Fig. 130 - Structures n°10, 16, 27 et 30 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie fait par photogrammétrie.	140
Fig. 131 - Structures n°11 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	140
Fig. 133 - Structures n°13 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	141
Fig. 132 - Structures n°12 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie. ; Ci-dessous, le profil	141
Fig. 134 - Structures n°14 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	142
Fig. 135 - Structures n°15, 18 et 29 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	142
Fig. 136 - Structures n°17, 26 et 44 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	143
Fig. 137 - Structures n°18, 20, 21 et 22 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond :	



orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	144
Fig. 138 - Structures n°19 et 23 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	145
Fig. 139 - Ci-contre, structures n°24 et 28 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profil	145
Fig. 140 - Structure n° 25 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	146
Fig. 141 - Structure n° 31 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	146
Fig. 143 - Structures n° 35 et 36 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	147
Fig. 142 - Structures n°31, 32, 33, 34, 38 et 3 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	147
Fig. 145 - Structure n° 39 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	148
Fig. 144 - Structure n° 37 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	148
Fig. 146 - Structure n° 41 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	149
Fig. 147 - Structures n° 42 et 43 (Collet de la Mula - Enveitg) - en fond : orthophotographie réalisée par photogrammétrie.	149
Fig. 148 -	152
Ci-contre, location des structures identifiées lors des prospections 2023 du secteur de Nekexare (Lecumberry - Pyrénées-Atlantiques) ;	152
Ci-dessous, location des structures classées suivant leur identification fonctionnelle	152
Fig. 149 - Localisation des zones prospectées avec des appareillages de géophysique	153
Fig. 150 - Ci-dessus, Localisation du relevé au géoradar (Nekexare - Lecumberry) - Ci-dessous localisation des lignes d'acquisition géoradar (Nekexare, Lecumberry)	154
Fig. 151 - Présentation des 7 coupes géoradar réalisée dans le secteur de Nekexare (Lecumberry)	155
Fig. 154 - Présentation de l'acquisition au magnétomètre - Zone 3 du secteur de Nekexare avec la méthode Universal Kriging (Lecumberry)	157
Fig. 155 - Présentation de l'acquisition au magnétomètre - Zone 4 du secteur de Nekexare avec la méthode d'interpolation inversed distance weighting (Lecumberry)	157



Fig. 152 - Présentation de l'acquisition au magnétomètre - Zone 1 du secteur de Nekexare avec la méthode du krigeage Inverse distance weigthed (Lecumberry)	157
Fig. 153 - Présentation de l'acquisition au magnétomètre - Zone 2 du secteur de Nekexare avec la méthode d'interpolation IDW (Lecumberry)	157
Fig. 158 - Structure n°67 (Nekexare - Lecumberry) Profil	158
Fig. 159 - Structure n°68 (Nekexare - Lecumberry) Profil	158
Fig. 160 - Structure n°69 (Nekexare - Lecumberry) Profil	158
Fig. 156 - Structures n°66, 67, 68 et 69 (Nekexare - Lecumberry) en fond : orthophotographie fait par photogrammétrie	158
Fig. 157 - Structure n°66 (Nekexare - Lecumberry) Profil	158
Fig. 161 - Structure n°70 (Nekexare - Lecumberry) Ci-dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profil	159
Fig. 162 - Structure n°71 (Nekexare - Lecumberry) Ci-dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profils	160
Fig. 163 - Structure n°72 (Nekexare - Lecumberry) Ci-dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profils	160
Fig. 164 - Structure n°73 (Nekexare - Lecumberry) Ci-dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profils	161
Fig. 169 - Relevé (Nekexare - Lecumberry - © Carine Calastrenc)	162
Fig. 168 - Structure n°76 (Nekexare - Lecumberry) Ci-dessus, orthophotographie réalisée par photogrammétrie. Ci-dessous, profils	163
Fig. 165 - Structure n°74 et 75 (Nekexare - Lecumberry) Orthophotographie réalisée par photogrammétrie	163
Fig. 166 - Structure n°74 (Nekexare - Lecumberry) Profil	163
Fig. 167 - Structure n°75 (Nekexare - Lecumberry) Profil	163
Fig. 170 - Résumé en image de la campagne - TAHMM 2023 © Calastrenc. Jean-Pierre, Calastrenc Carine, Gauthier Maialen, Rendu Christine	170





# T.A.H.M.M.

(Téledétection **A**rchéologique en **H**aute et **M**oyenne **M**ontagne)

Occitanie- Nouvelle-Aquitaine

Aulon, Castillon-de-Larboust, Enveitg, Vielle-Aure, Lecumberry

## Code opération :

1112541 (prospection)

**BAL** Marie-Claude, **BALEUX** François, **BERDOY** Anne,  
**CALASTRENC** Carine (Dir.), **CALASTRENC** Jean-Pierre,  
**DOBIGEON** Nicolas, **FOUCHER** Pascal, **GAUTHIER** Maialen,  
**JAFFE** Olivier, **LAPIERRE** Luc, **LE BAILLY** Matthieu, **LLUBES**  
Muriel, **MELLADO** Nicolas, **NABRATE HERNANDEZ** Josu,  
**PHILIPPE** Magali, **POIRIER** Nicolas, **RENDU** Christine **SICRE-**  
**MARAIS** Claire

## Financements



## Institutions porteuses du projet de recherche



## Laboratoires des membres du consortium de recherche





# Inspecter les montagnes autrement

Développement d'une nouvelle méthode d'approche archéologique des espaces d'altitude

Code opération : 1112541 (prospection)

2023

